

На правах рукописи

РЕШЕТОВ ИГОРЬ ВИКТОРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОСОЛА МЯСА В УСЛОВИЯХ
НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ РАССОЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ВАРЕНО-КОПЧЕНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ СВИНИНЫ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Москва 2012

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М.Горбатова Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИМП им. В.М.Горбатова Россельхозакадемии)

Научный руководитель	-	Академик РАСХН, доктор технических наук, профессор Лисицын Андрей Борисович
Официальные оппоненты	-	Доктор технических наук, профессор Кудряшов Леонид Сергеевич Кандидат технических наук Горбатов Алексей Альфредович
Ведущая организация	-	НУ ВНИИ холодильной промышленности РАСХН

Защита состоится «__» _____ 2012 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета ДМ 006.021.01 при ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М.Горбатова РАСХН по адресу 109316, Москва, ул. Талалихина, 26.

Отзывы в двух экземплярах присылать по адресу: 109319. Москва, ул. Талалихина, д.26

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИМП

Автореферат размещен на сайте www.vniimp.ru и разослан «__» _____ 2012 г.

Ученый секретарь совета,
кандидат технических наук, с.н.с.

Захаров А.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Развитие мясной отрасли в современных условиях тесным образом связано с формированием принципиально нового подхода к организации производства, предполагающего реальное использование эффективных способов переработки мясного сырья и улучшения на этой основе качества и потребительских свойств вырабатываемых продуктов.

В связи с этим несомненна научная и практическая значимость исследований, направленных на совершенствование сложного многофакторного процесса посола сырья, который является во многом определяющей стадией изготовления мясных продуктов. Многогранность процесса посола состоит в необходимости изучения хода накопления посолочных веществ и их распределения по объему продукта, характера и глубины биохимических изменений, протекающих в сырье при его созревании.

Перспективным направлением в решении задачи совершенствования процесса посола является создание и внедрение новых эффективных технологий и высокопроизводительного оборудования.

Для интенсификации процесса посола и улучшения качественных показателей варено-копченых мясных продуктов в настоящее время применяются механические способы обработки сырья: шприцевание рассола иглами и безыгольная инъекция, массажирование и тумблирование. Механическую обработку часто сочетают с использованием повышенного или пониженного давления, применением вибрации, биологически активных веществ.

Вопросом интенсификации посола мясного сырья при производстве соленых мясных изделий посвящено много работ отечественных и зарубежных авторов (Большакова А.С., Борескова В.Г., Борисенко А.А., Горбуновой Н.А., Лимонова Г.Е., Лисицына А.Б., Ивашова В.И., Гноевого А.В., Кудряшова Л.С., Забашты А.Г., Мадагаева Ф.А., Addis P.B., Cassidy R.D., Wollen A., Krause R. J., Konig J., Dubielzy K.A., Motucka R.R.).

Одним из направлений, позволяющим значительно интенсифицировать существующие технологические процессы и создавать новые технологии, является использование колебательных и волновых эффектов – вибрации. Вибрационная техника и технология доказали свою эффективность в решении ряда проблем мясной отрасли: при осадке колбас, экстракции ферментов и жира из животного сырья.

Однако существующие исследования по использованию вибрационной обработки в технологических процессах производства мясных продуктов в основном касаются вопросов обработки фаршевых мясопродуктов в вибросмесителях и кусковых в вибромассажерах. В литературе содержатся лишь отдельные сведения о влиянии виброобработки мяса в рассоле на изменение его функционально-технологических свойств.

Изучение влияния посола мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола на биохимические, физико-химические и структурно-механические свойства мышечной ткани позволит разработать научно-обоснованные техно-

логии посола мяса в условиях вибрации при изготовлении крупнокусковых мясных продуктов.

В связи с этим несомненна научная и практическая значимость исследований, направленных на совершенствование процесса посола сырья, который является во многом определяющей стадией изготовления мясных продуктов.

Цель и задачи исследований. Целью настоящих исследований явилось изучение влияния параметров посола мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола на свойства соленого сырья и разработка технологии варено-копченых продуктов из свинины.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить влияние частоты, амплитуды и длительности низкочастотных колебаний рассола на степень проникновения и характер распределения хлорида натрия по объему продукта;
- исследовать изменения физико-химических, биохимических и структурно-механических свойств мяса при посоле в условиях низкочастотных колебаний рассола. Определить рациональные режимы посола свинины;
- изучить микроструктуру мышечной ткани при посоле в условиях низкочастотных колебаний рассола;
- провести комплексные исследования качества и безопасности варено-копченых продуктов из свинины»
- разработать усовершенствованную технологию варено-копченых мясных продуктов и дать экономическую оценку.

Научная новизна работы. Теоретически и экспериментально обоснованы параметры посола мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола. Установлены закономерности динамики диффузионных процессов проникновения и распределения хлорида натрия в свинине при низкочастотных колебаниях рассола. Выявлены зависимости, характеризующие влияние режимов посола мяса в условиях упругих колебаний рассола на изменение физико-химических, биохимических, структурно-механических и микроструктурных показателей свинины.

По результатам исследования конверсии нитрита натрия в процессе технологической обработки сырья и отражательной способности поверхности варено-копченых продуктов выявленная разница в содержании нитрозопигментов и координат цвета ($L^*a^*b^*$) в опытных и контрольных продуктах не оказывает существенного влияния на цветовое восприятие образцов, характеризующихся приемлемой и интенсивной и устойчивой окраской.

Определен химический состав, физико-химические, структурно-механические свойства, пищевая и биологическая ценность варено-копченых продуктов из свинины.

Практическая ценность работы. Установлены рациональные режимы посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола: частота колебаний 5 Гц, амплитуда $4 \cdot 10^{-3}$ м и продолжительность 3 ч. Показано, что для равномерного распределения рассола по объему продукта необходима выдержка сырья после посола в течение 8 ч при 2 ± 2 °С.

Разработана технология и проект технической документации на варено-копченые продукты из свинины, посоленной в условиях вибрационных колебаний рассола.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены на Международных научно-практических конференциях: 13-я Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М.Горбатова (Москва, 2010), Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства (Йошкар-Ола, 2007, 2009, 2011), конференция по итогам научно-исследовательской и производственной работы студентов за 2009 год (Саратов, 2010), научная конференция преподавателей и научных работников ВГТА (Воронеж, 2011).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, содержащей 3 главы, выводов, списка использованной литературы, включающего 168 источников и приложений. Работа изложена на 143 стр. машинописного текста, включает 21 таблицу и 40 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранного направления исследований диссертационной работы.

В первой главе «Обзор литературы» рассмотрены структура, физико-химические и биохимические свойства мышечной ткани, фильтрационно-диффузионные процессы при посоле мяса, изменение физико-химических и биохимических свойств мышечной ткани при посоле, способы интенсификации посола мяса.

На основании анализа научно-технической информации определены цель и задачи исследований.

Во второй главе «Организация эксперимента и методы исследований» дана характеристика объектов исследования, комплекс исследуемых показателей и приведены методы исследований.

Постановка эксперимента проводилась в соответствии со схемой (рис.1). Объектами исследований являлись охлажденное мясо свиней II категории упитанности с рН₂₄ 5,9-6,1, мясо, посоленное в условиях низкочастотных колебаний рассола, варено-копченые продукты.

На первом этапе исследовали влияние частоты, амплитуды и продолжительности посола мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола на функционально-технологические свойства соленого сырья. На втором этапе изучены физико-химические, биохимические и структурные изменения свинины при нагреве, посоленной в условиях низкочастотных колебаний. На третьем этапе

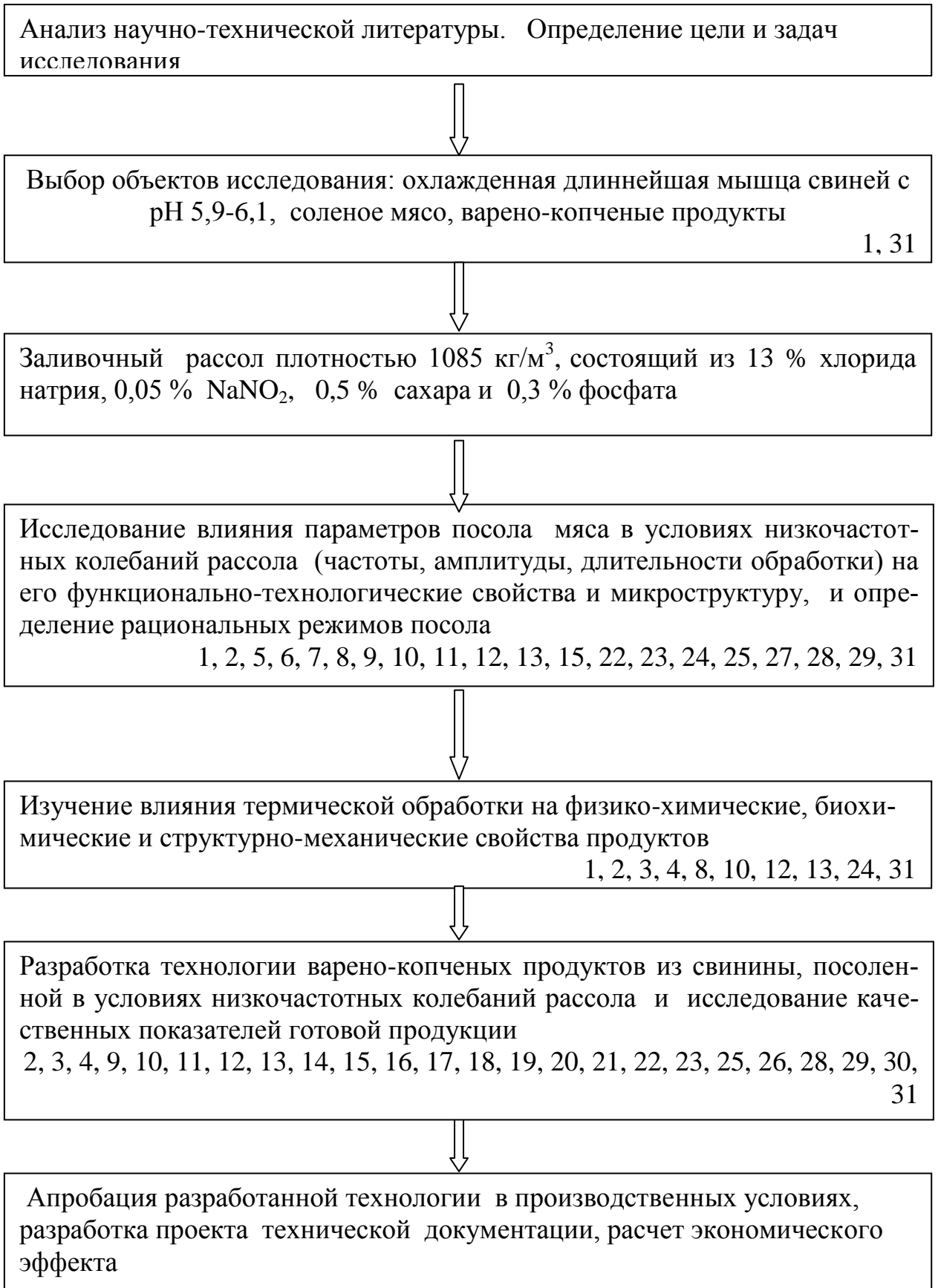


Рис. 1 Схема проведения опытов

была разработана технология и исследованы качественные показатели варено-копченых продуктов из свинины.

При изучении объектов исследования определяли следующие показатели: величину рН (1), содержание влаги (2), содержание жира (3), содержание белка (4), содержание небелкового азота (5), содержание полипептидного азота (6), протеолитическую активность тканевых ферментов (7), микроструктуру сырья и продуктов (8), аминокислотный состав (9), массовую долю поваренной соли (10), содержание нитрита натрия (11), структурно-механические показатели (12), пластичность (13), пенетрацию (14), содержание общих пигментов (15), содержание нитрозопигментов (16), устойчивость окраски (17), пероксидное число (18), тиобарбитуровое число (19), переваримость белков *in vitro* (120), биологическую ценность продуктов (21), микробиологические показатели (22), активность воды (23), растворимость белков (24), цветовые характеристики (25), водосвязывающую и водоудерживающую способность (26), органолептическую оценку (27), массу (28), температуру (29), выход продукта (30), статистическая обработка (31).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В третьей главе «Влияние режимов низкочастотных колебаний рассола на свойства свинины» приведены результаты исследований влияния параметров посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола на глубину проникновения и равномерность распределения хлорида натрия в мясе. Изучено влияние частоты, амплитуды и продолжительности посола свинины на функционально-технологические свойства соленого сырья.

Как показали результаты исследований с увеличением частоты и амплитуды колебаний количество хлорида натрия в опытных образцах возрастает. При низкочастотных воздействиях в ходе поступательного движения источника колебаний, частицы пограничного слоя жидкости в процессе своего движения передают импульс и энергию более отдаленным соседним слоям, таким образом, происходит распространение волны по всей системе.

Из рис.2 и 3 видно, что наибольшее количество поваренной соли накапливается в продукте при амплитуде колебания мембраны $4 \cdot 10^{-3}$ м и частоте 5 и 7 Гц. Более низкая частота не обеспечивает необходимое проникновение и распределение ионов натрия и хлора в толщу опытных образцов мяса, а при амплитуде колебаний $5 \cdot 10^{-3}$ м поглощенный мясом рассол теряется, вероятно, вследствие частичного разрушения структуры мышечной ткани, при этом в продукте к концу обработки накапливается меньшее количество поваренной соли.

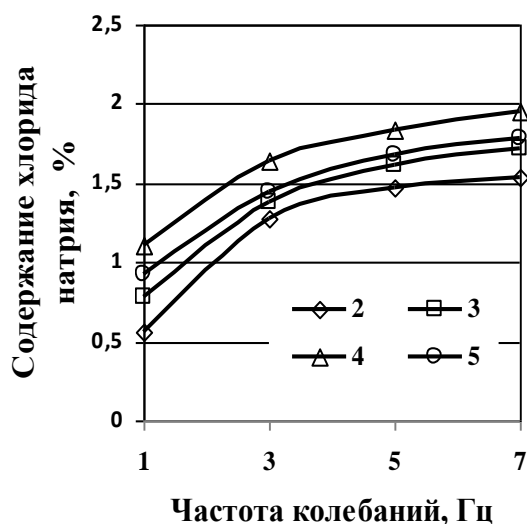


Рис.2

Рис.2 Зависимость концентрации хлорида натрия в образцах свинины от частоты и амплитуды низкочастотных колебаний рассола (2, 3, 4 и 5 амплитуда колебаний, $\cdot 10^{-3}$ м)

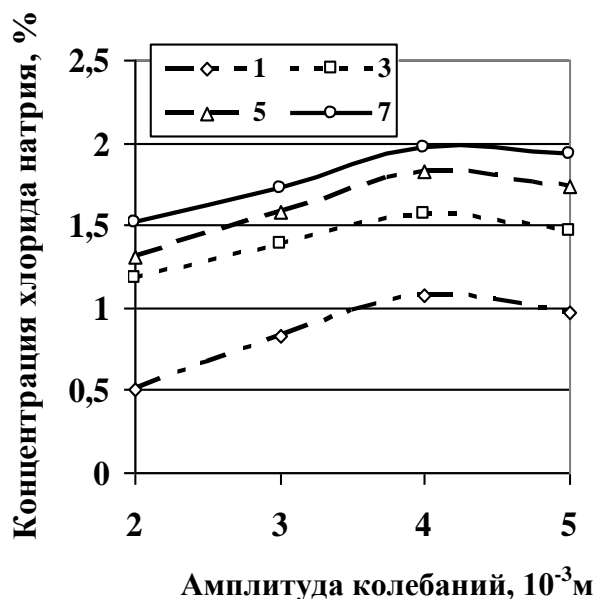
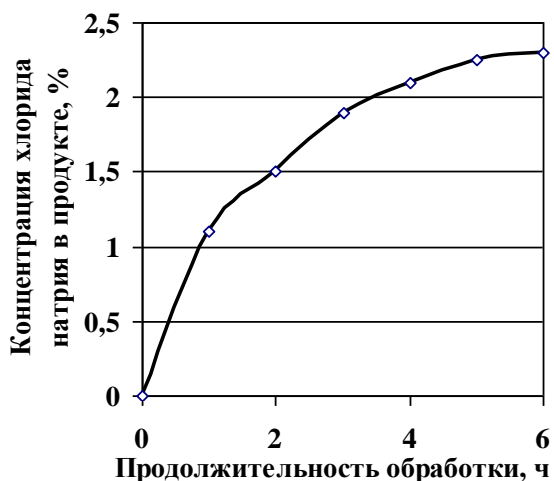


Рис.3

Рис.3 Зависимость концентрации хлорида натрия в образцах свинины от амплитуды и частоты низкочастотных колебаний рассола (1, 3, 5 и 7 частота, Гц)

Далее нами было изучено влияние продолжительности воздействия низкочастотных колебаний при частоте 5 Гц и амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м на концентрацию поваренной соли в продукте. Из рис.4 следует, что с увеличением продолжительности обработки свинины в поле упругих колебаний рассола количество поваренной соли в продукте постепенно повышается. Вместе с тем



можно заметить, что при увеличении длительности воздействия низкочастотных колебаний более 3 ч скорость накопления поваренной соли в продукте замедляется. Это обусловлено выравниванием концентрации соли в рассоле и в продукте.

На основании результатов эксперимента можно сделать вывод, что применение низкочастотных воздействий на систему рассол-мясо способствует интенсификации диффузионно-осмотического и механического накопления в

Рис.4 Зависимость концентрации хлорида натрия в свинине от продолжительности низкочастотной обработки при амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м и частоте 5 Гц

мясе посолочных веществ и, в частности, поваренной соли, от концентрации которой зависят функционально-технологические свойства соленого сырья и качество готового продукта.

Как показали исследования, количество хлорида натрия в продукте при посоле в условиях низкочастотных колебаний рассола зависит от частоты, амплитуды и продолжительности обработки.

С учетом полученных режимных параметров низкочастотной обработки был исследован характер распределения хлорида натрия по объему продукта. С этой целью полым ножом вырезали образцы мяса цилиндрической формы диаметром 62 мм, а после посола в условиях низкочастотных колебаний рассола полыми ножами разного диаметра вырезали образцы для исследований распределения NaCl по слоям. В каждом слое толщиной около 8 мм определяли количество поваренной соли.

Как видно из рис.5 распределение хлорида натрия по слоям продукта при постоянной частоте (5 Гц) и амплитуде ($4 \cdot 10^{-3}$ м) низкочастотных колебаний зависит от продолжительности обработки. Наиболее не равномерное распределение поваренной соли в исследуемых слоях отмечается при 2-х часов обработке. При этом разница концентрации хлорида натрия между наружным и внутренним слоем составила 1,34 %. Наименьшая разница концентрации NaCl в центральном и внешнем слое продукта 0,75 % зафиксирована при обработке в течение 4 часов. Вместе с тем из представленного материала видно, что при 3-х часовой обработке разница концентрации поваренной соли в центральной части и наружном слое составила 0,92 %.

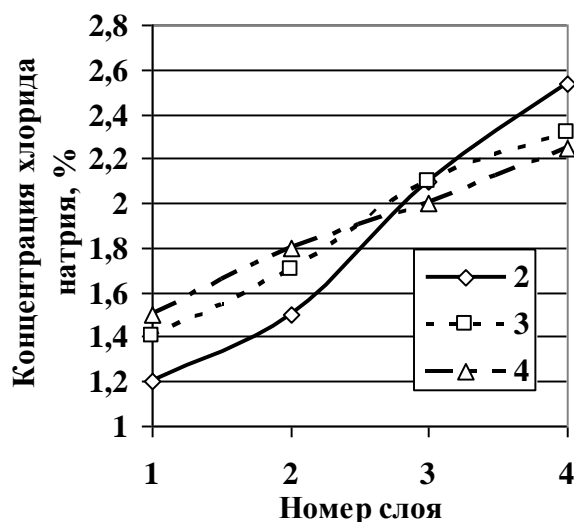


Рис.5

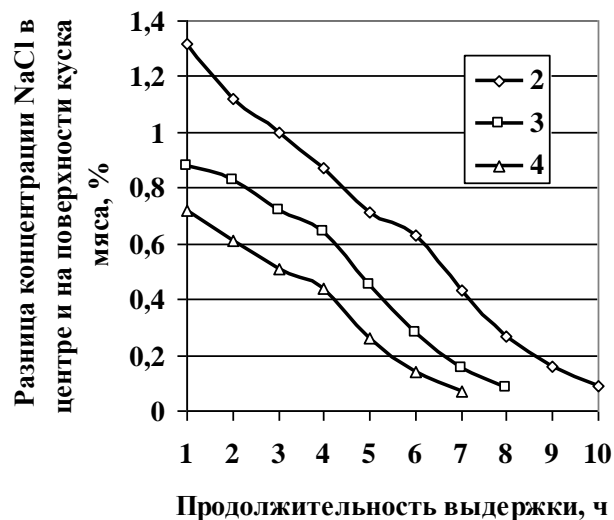


Рис.6

Рис.5 Изменение концентрации хлорида натрия по слоям свиной вырезки при посоле в условиях низкочастотных колебаний рассола в течение 2, 3 и 4 часов

Рис.6 Изменение разницы концентрации NaCl в центре и на поверхности куска свиной вырезки в процессе выдержки (в ч) при температуре 2 ± 2 °C, после посола в течение 2, 3 и 4 ч в условиях низкочастотных колебаний рассола

Исследована продолжительность выдержки соленого сырья при температуре 2 ± 2 °C на распределение NaCl по объему продукта. Согласно полу-

ченным данным (рис.6) для выравнивания концентрации хлорида натрия по объему продукта после посола в условиях низкочастотных колебаний рассола необходимо определенное время, которое, как видно из результатов исследований, зависит от продолжительности обработки. Так при обработке мясного сырья в течение 2 часов сглаживание концентрации NaCl по объему продукта достигается к 10 ч выдержки, а при посоле в условиях низкочастотных колебаний рассола в течение 3 и 4 ч время выдержки соленого сырья после обработки составляет 8 и 7 ч соответственно.

В ходе исследований изучено влияние параметров низкочастотных колебаний (частоты и амплитуды) на изменение массы образцов и физико-химических свойства соленого сырья. В процессе посола мяса с применением низкочастотных колебаний рассола масса образцов увеличивается за счет перехода влаги и растворенных веществ в продукт. Наибольшее увеличение массы опытных образцов при амплитуде колебаний $4 \cdot 10^{-3}$ и $5 \cdot 10^{-3}$ м достигается к 3 часам обработки. При амплитуде колебаний $3 \cdot 10^{-3}$ м к 4 часам. Вместе с тем, как показали результаты исследований, при амплитуде колебаний $3 \cdot 10^{-3}$ м масса увеличивается до 106,2 %. А при амплитуде колебаний $4 \cdot 10^{-3}$ и $5 \cdot 10^{-3}$ м до 111,6 и 109,8 % к 3 ч вибромассирования. По истечении этого времени наблюдается тенденция к ее уменьшению.

Результаты исследований изменения массы образцов свинины в процессе посола при амплитуде низкочастотных колебаний $4 \cdot 10^{-3}$ м и разной частоте показали, что при частоте 5 и 7 Гц масса образцов соответственно на 4,6-3,3 % больше, чем при частоте 3 Гц.

Важным технологическим показателем соленого сырья является водосвязывающая способность белков, от которой зависят структурно-механические показатели, сочность и выход готовых продуктов. На основании полученных данных установлено, что водосвязывающая способность опытных образцов мяса имеет наибольшие значения при амплитуде низкочастотных воздействий $4 \cdot 10^{-3}$ м и частоте моделируемых колебаний 5 Гц.

На стадии посола мяса начинают развиваться процессы образования нитрозопигментов, от количества которых зависит интенсивность и устойчивость цвета готовых продуктов. Нами были проведены исследования реакции нитрозирования при посоле свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола. Полученные результаты показали, что наибольшее количество нитрозопигментов образуется в процессе посола при частоте низкочастотных колебаний 5-7 Гц и амплитуде $(4-5) \cdot 10^{-3}$ м (табл.1).

Вместе с тем из данных представленных в табл.1 видно, что с увеличением частоты колебаний от 5 до 7 Гц при амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м количество образующихся нитрозопигментов повышается на 1,1 %, а при увеличении амплитуды от $4 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м при частоте обработки 5 Гц уровень нитрозопигментов повышается всего на 0,5 %. В то время как при увеличении частоты колебаний с 3 до 5 Гц при амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м количество NO-пигментов возрастает на 5,6 %, при увеличении амплитуды низкочастотных колебаний от $3 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-3}$ м при частоте обработки 5 Гц общая сумма нитрозопигментов возрастает на 7,4 %. На основании полученных данных можно сделать заключение,

что увеличение частоты до 7 Гц и амплитуды до $5 \cdot 10^{-3}$ м не приводит к существенному ускорению процесса нитрозообразования.

Таблица 1

Влияние параметров низкочастотных колебаний рассола при посоле свинины на образование нитрозопигментов (в % к общим пигментам)

Частота колебаний, Гц	Амплитуда колебаний, 10^{-3} м		
	3	4	5
3	$17,31 \pm 0,06$	$17,90 \pm 0,03$	$18,23 \pm 0,05$
5	$18,02 \pm 0,04$	$18,81 \pm 0,02$	$18,91 \pm 0,03$
7	$18,23 \pm 0,05$	$19,12 \pm 0,04$	$19,32 \pm 0,01$

Одним из важных показателей, определяющих качество мясных продуктов, является консистенция, которая характеризуется структурно-механическими свойствами. Посол мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола приводит к частичному разрушению структуры мышечной ткани. Под воздействием низкочастотных колебаний возникают знакопеременные нагрузки на всю обрабатываемую систему. Частицы приобретают ускорение, что приводит к усталостному разрушению структуры.

Из полученных данных следует (рис.7, 8), что в процессе посола мяса в условиях низкочастотных колебаний наблюдается снижение его прочностных свойств вследствие деструктивных изменений структурных элементов животных тканей. И как видно из результатов исследований с увеличением частоты и амплитуды колебаний снижается напряжение среза и повышается пластичность мышечной ткани.



Рис.7

Рис.7 Изменение напряжения среза свинины в процессе посола в условиях низкочастотных колебаний рассола при частоте 3, 5 и 7 Гц и амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м

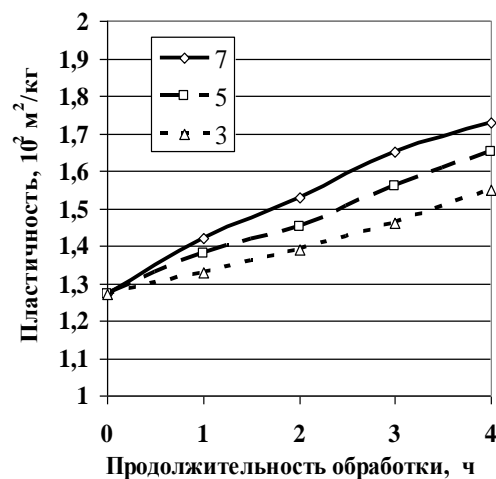


Рис.8

Рис.8 Изменение пластичности свинины в процессе посола в условиях низкочастотных колебаний рассола при частоте 3, 5 и 7 Гц и амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м

Результаты исследований растворимости саркоплазматических и миофибриллярных белков соленой свинины в процессе посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола при амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м представлены в табл.2 и 3.

Таблица 2

Изменение растворимости саркоплазматических белков соленой свинины в процессе посола (% к общему азоту)

Частота колебаний, Гц	Продолжительность обработки, ч				
	0	1	2	3	4
3	25,6 ±0,2	25,2 ±0,3	26,4 ±0,4	27,2 ±0,3	26,8 ±0,1
5	25,6 ±0,4	25,8 ±0,2	27,3 ±0,1	28,3 ±0,4	27,6 ±0,2
7	25,6±0,1	26,1 ±0,5	27,5 ±0,2	28,5 ±0,5	27,9 ±0,4

Из табл.2 и 3 видно, что в процессе посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола по мере проникновения хлорида натрия в мышечные волокна повышается растворимость белковых фракции. Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение растворимости белков этой фракции к 3 часам обработки обусловлено деструктивными изменениями мышечных волокон, снижением прочностных свойств мяса и увеличением

Таблица 3

Изменение растворимости миофибриллярных белков соленой свинины в процессе посола (% к общему азоту)

Частота колебаний, Гц	Продолжительность обработки, ч				
	0	1	2	3	4
3	15,4 ±0,4	15,2 ±0,1	16,2 ±0,3	17,1 ±0,4	16,7 ±0,2
5	15,4 ±0,2	15,7 ±0,2	17,2 ±0,2	18,2 ±0,3	17,7 ±0,1
7	15,4±0,3	16,2 ±0,2	17,5 ±0,1	18,4 ±0,2	17,8 ±0,3

проницаемости в них ионов натрия и хлора. При частоте обработки 5 и 7 Гц исследуемые показатели имеют близкие значения. Вместе с тем можно заметить, что при увеличении длительности обработки свыше 3 ч приводит к снижению растворимости миофибриллярных белков, вероятно, вследствие частичной потери азотистых веществ, переходящих в рассол.

Для выяснения интенсивности распада белковых веществ в процессе посола свинины и последующей выдержке соленого сырья на созревании в течение 8 ч были проведены исследования изменения белкового, небелкового, полипептидного азота и содержания свободных аминокислот. Из данных представленных в табл.4 видно, что посол мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола с частотой 5 Гц и амплитудой $4 \cdot 10^{-3}$ м, и последующая выдержка соленого сырья на созревании приводит к накоплению небелкового азота вследствие интенсификации гидролитических изменений белковых веществ.

Таблица 4

Изменение небелкового азота (в % к общему азоту) при посоле свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола с частотой 5 Гц амплитудой $4 \cdot 10^{-3}$ м, и последующей выдержке на созревании в течение 8 ч

Образец	Продолжительность посола в условиях низкочастотных колебаний, ч			
	1	2	3	4
После посола в условиях низкочастотных колебаний рассола	5,44 ± 0,02	5,59 ± 0,03	5,76 ± 0,01	5,81 ± 0,01
После выдержки на созревании	5,67 ± 0,04	5,84 ± 0,02	5,92 ± 0,03	5,97 ± 0,02

*Содержание небелкового азота к общему азоту в исходном сырье 5,21

Экспериментальные данные, приведенные в табл.4 свидетельствуют, что в процессе посола мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола интенсивность распада белковых веществ выше по сравнению с последующей выдержкой соленого сырья на созревании. Так через 3 ч обработки количество небелкового азота увеличивается по сравнению с исходным сырьем на 10,6 %, а через 8 ч выдержки в посоле на 2,8 % по сравнению с соленым мясом после низкочастотной обработке. Более интенсивный распад белковых веществ в процессе посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола можно объяснить двумя факторами: во-первых, это усталостные механические разрушения пептидных связей под действием знакопеременных вибрационных нагрузок и, во-вторых, гидролитические изменения белковых макромолекул под действием тканевых протеолитических ферментов.

В связи с выше изложенным нами проведены исследования активности саркоплазматических (μ -кальпаин) и лизосомальных (катепсин D) тканевых протеолитических ферментов свиной мышечной ткани при посоле в условиях низкочастотных колебаний рассола.

Как видно из результатов исследований (рис.9) активность μ -кальпаина в процессе посола увеличивается. Так к 3-м часам обработки активность фермента возрастает по сравнению с активностью в исходном сырье в 2,1.

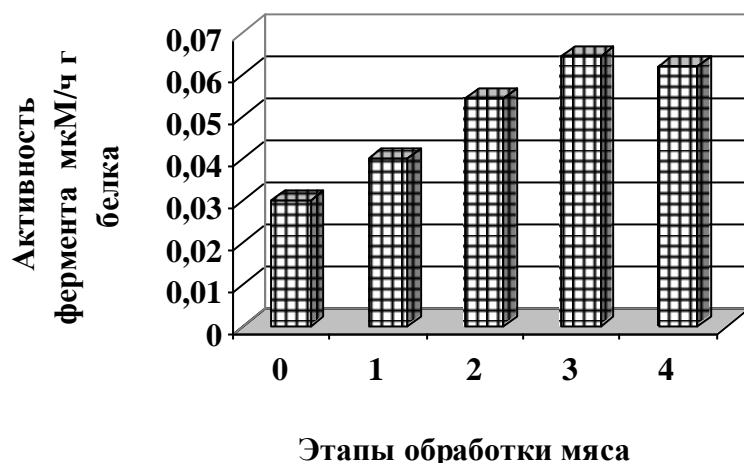


Рис.9 Изменение активности μ -кальпаина в процессе посола мяса (0- исходное сырье, посол в течение 1, 2 и 3 ч; 4 – после 8-ми часов выдержки на созревании)

Исследования активности катепсина D свиной мышечной ткани в процессе посола в условиях низкочастотных колебаний рассола могут свидетельствовать о том, что в результате низкочастотных колебаний происходит разрушение лизосомальных оболочек, следствием чего является активация катепсинов (рис.10). Максимальная активность катепсина D проявляется к 3-4 часам обработки и составляет 0,68-0,67 мкМ/мин г белка. Снижение активности катепсина D в процессе выдержки на созревании обусловлена с одной стороны ингибирующим действием хлорида натрия и с другой частичным разрушением активного центра фермента под действием знакопеременных нагрузок при воздействии низкочастотных колебаний. После выдержки соленого сырья на созревании в течение 8 ч активность μ -кальпаина уменьшается, вероятно, вследствие увеличения концентрации в мышечной ткани хлорида натрия являющегося ингибитором. Несмотря на это активность фермента остается на достаточно высоком уровне и составляет 0,062 мкМ/ч г белка.

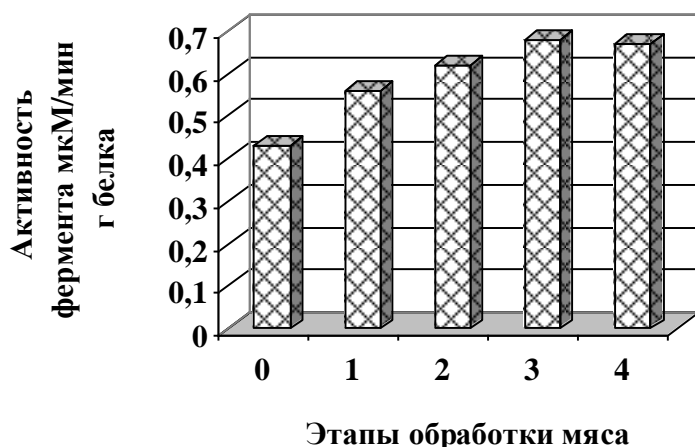


Рис.10 Изменение активности катепсина D в процессе посола мяса (0- исходное сырье, посол в течение 1, 2 и 3 ч; 4 - после 8-ми часов выдержки на созревании)

Для выяснения влияния низкочастотных колебаний рассола на структуру мышечной ткани были проведены гистологические исследования. Как видно из результатов исследований, посол мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола сопровождается частичным разрушением структуры мышечной ткани, набуханием мышечных волокон (рис.11, 12). В основном разрушение структуры мышечных волокон характеризуется образованием поперечно-щелевидных пространств и микротрещин, что приводит к разрыхлению мышечной ткани и увеличению ее проницаемости для посолочных ингредиентов.

На основании выполненных исследований установлено влияние режимных параметров посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола на характер изменения функционально-технологических свойств сырья, микроструктуры, биохимических показателей.



Рис.11 Микроструктура охлажденной свиной мышечной ткани (продольный срез x400)



Рис.12 Микроструктура свиной мышечной ткани подвергнутой посолу в условиях низкочастотных колебаний рассола в течение 3 ч (продольный срез x400)

В четвертой главе «Изучение качественных показателей варено-копченых продуктов из свинины, посоленной в условиях низкочастотных колебаний рассола» представлены результаты исследований влияния нагрева на изменение состава и свойств готовых продуктов из свинины, посоленной в условиях низкочастотных колебаний рассола. Модельные образцы свинины массой 200 ± 5 г были посолены с применением низкочастотных воздействий и затем выдержаны в течение 8 ч при температуре 2 ± 2 °С. После выдержки на созревании соленые образцы подпетливали и подвергали тепловой обработке: копчению при температуре 40-50 °С в течение 2 ч и варке при температуре 83 ± 2 °С до достижения в центре продукта 70-72 °С. Готовые изделия охлаждали до температуры 4-6 °С и проводили исследования.

Сравнительный анализ химического состава готовых продуктов показал, что в образцах варено-копченой свинины, изготовленных из сырья подвергнутого посолу в условиях низкочастотных колебаний рассола при 5 Гц с увеличением амплитуды от $3 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-3}$ м количество влаги в готовом продукте повышается. Так при амплитуде колебаний $4 \cdot 10^{-3}$ м содержание влаги в продукте на 2,6 % выше, по сравнению с образцами, подвергнутыми посолу при амплитуде низкочастотных колебаний $3 \cdot 10^{-3}$ м, а хлорида натрия на 2,7 %. При этом содержание белка снижается на 1,2 %, а жира на 4,8 %.

Как свидетельствуют полученные данные при увеличении амплитуды низкочастотных колебаний в процессе посола свинины от $4 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, содержание влаги в готовых продуктах снижается на 1,4 %, а количество и поваренной соли возрастает 3,0 %. При этом содержание белка и жира уменьшается на 2,0 и 2,4 % соответственно.

Полученные данные по определению водоудерживающей способности готовых продуктов показали, что при посоле сырья в условиях низкочастотных колебаний рассола с частотой 5 Гц этот показатель имеет наибольшее значение при амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м.

Результаты исследований влияния частоты колебаний в процессе посола мяса при амплитуде $4 \cdot 10^{-3}$ м свидетельствуют, что с увеличением частоты от 3 до 5 Гц содержание влаги и водоудерживающая способность готовых продуктов увеличивается, а количество белковых веществ уменьшается. Содержание влаги повысилось на 2,9 % и водоудерживающая способность возросла на 4,7 %. При увеличении частоты колебаний с 3 до 5 Гц количество белка в готовых продуктах снижается на 0,8 %, при увеличении частоты с 5 до 7 Гц на 1,6 %.

Как показали результаты опытов при увеличении частоты колебаний в процессе посола с 5 до 7 Гц водоудерживающая способность готовых продуктов снижается на 1,2 % вследствие частичной потери белковых веществ и деструктивных изменений мышечной ткани. При этом продукты, выработанные из сырья, посоленного в условиях низкочастотных колебаний рассола при частоте 5 Гц имели наибольший выход 97,8 % по сравнению с готовыми изделиями, полученными из свинины, посол которой осуществлялся при частоте колебаний 3 и 7 Гц.

Результаты исследований структурно-механических свойств варено-копченых продуктов, изготовленных из свинины, посоленной в условиях низкочастотных колебаний рассола при различной частоте и амплитуде, свидетельствуют, что при постоянной частоте колебаний (5 Гц) с увеличением амплитуды до $4 \cdot 10^{-3}$ м наблюдается снижение прочностных свойств варено-копченых продуктов из свинины. Эти данные согласуются с результатами исследований химического состава и физико-химических свойств опытных продуктов. Известно, что с увеличением содержания влаги в готовом продукте снижаются его прочностные свойства, в том числе и за счет лучшей развариваемости соединительной ткани. Так при увеличении амплитуды вибрационных колебаний от $3 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-3}$ м напряжение среза снижается на 3,6 %, а при увеличении амплитуды колебаний от $4 \cdot 10^{-3}$ м до $5 \cdot 10^{-3}$ м напряжение среза возросло на 1,5 % вследствие потери продуктом части влаги и уплотнения структуры.

Анализ колориметрических характеристик исследуемых образцов позволил выявить, что с увеличением частоты колебаний при посоле от 3 до 7 Гц уровень светлоты повышается на 5,0 %, а с увеличением амплитуды колебаний от $3 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м на 6,3 %, одновременно увеличивается показатель красноты на 8,2 % и 11,7 %. Другая составляющая цвета (координата желтизны «b*») имеет тенденцию к уменьшению на 9,2 и 5,3 % соответственно с увеличением частоты и амплитуды колебаний. В результате чего цветовой тон образцов готовых продуктов смещается в направлении красной области. Динамика колориметрических показателей образцов варено-копченой свинины, изготовленной из сырья подвергнутого посолу в условиях низкочастотных колебаний рассола, дает основание утверждать о повышении стабильности окраски готовых продуктов при увеличении частоты и амплитуды колебаний.

На основании результатов исследований биохимических, физико-химических, структурно-механических и микроструктурных изменений сви-

нины в процессе посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола разработана технология варено-копченых изделий (рис.13).

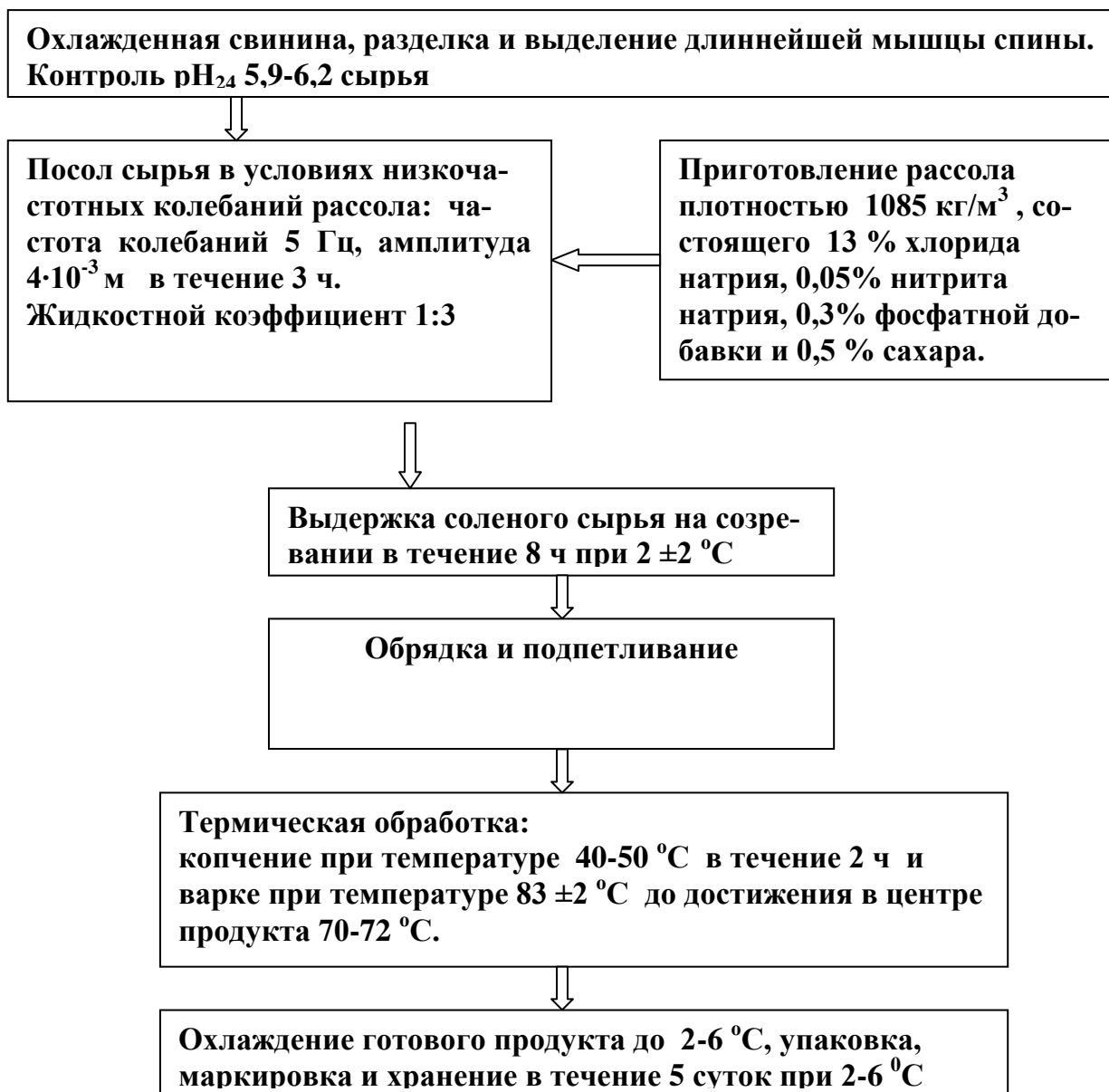


Рис.13 Технологическая схема производства варено-копченых продуктов из свинины

Сравнительная оценка химического состава опытного продукта, изготовленного из сырья, посола которого осуществляли в условиях низкочастотных колебаний рассола и контрольного образца, посоленного традиционным способом шприцеванием рассола с последующим массажем в массажере, показала, что по химическому составу продукты отличаются незначительно. В опытных образцах содержание белка на 1,6 % больше, чем в контрольных, практически при одинаковом уровне содержания влаги в продукте (табл.5). Несколько меньшее содержание белка в контрольных продуктах можно объяснить большими потерями азотистых веществ в процессе посола, вследствие

более глубоких деструктивных изменений белковых макромолекул при механическом воздействии на продукт и образовании на поверхности кусков мяса слоя белкового экссудата.

При тепловой денатурации вследствие нарушения структуры белковых макромолекул теряются первоначальные гидрофильные свойства мышечной ткани. Согласно данным представленным в табл.6 водоудерживающая способность продуктов, изготовленных из свинины, посоленной в условиях низкочастотных колебаний рассола на 2,6 % выше, чем контрольных. Вероятно, это может быть связано с меньшими потерями белковых веществ в процессе

Таблица 5

Химический состав и выход варено-копченых продуктов из свинины

Показатель	Варено-копченый продукт	
	Контроль	Опыт
Содержание влаги, %	65,71 ±0,34	66,64 ±0,28
Содержание белка, %	24,63 ±0,12	25,17 ±0,15
Содержание жира, %	4,22 ±0,10	3,83 ±0,08
Содержание NaCl, %	2,25 ±0,12	2,18 ±0,20
Содержание золы, %	2,31 ±0,11	2,14 ±0,09
Выход, %	94,91 ±2,16	98,12 ±4,11

посола сырья в условиях низкочастотных колебаний рассола и меньшими структурными разрушениями мышечной ткани. Активность воды опытных и контрольных продуктов практически была на одном уровне.

Таблица 6

Изменение водоудерживающей способности и активности воды в варено-копченой свинине

Показатель	Продукт	
	Контроль	Опыт
Водоудерживающая способность, %	53,82 ±0,52	55,21 ±0,61
Активность воды	0,938 ±0,003	0,930 ±0,005

По цветовым показателям контрольные и опытные продукты существенно не отличались (табл.7). Однако опытные образцы имели более светлую окраску, оцениваемую по показателю светлоты (L). Чем выше значение величина L, тем светлее окраска готового продукта. При этом желтая координата b^* была немного выше, в опытных образцах. Как видно из данных представленных «индекс красноты» a^*/b^* у опытных продуктов был немного ниже, чем в контрольных образцах, однако на общее восприятие цвета готового продукта это не сказалось, о чем свидетельствуют данные органолептической оценки (табл.10).

Для подтверждения влияния способов посола мяса на ход реакции цветообразования определяли содержание нитрозопигментов, устойчивость окраски и остаточное содержание нитрита натрия в готовых продуктах (табл.8).

Таблица 7

Цветовые характеристики контрольных и опытных варено-копченых продуктов из свинины

Показатель	Варено-копченый продукт	
	Контроль	Опыт
Светлота L	52,72 ±0,31	53,81 ±0,31
Краснота a*	15,38 ±0,24	15,27 ±0,24
Желтизна b*	12,12 ±0,21	13,21 ±0,21
Цветовой тон H	0,251 ±0,003	0,234 ±0,003
Насыщенность S	26,23 ±0,19	25,14 ±0,19
«Индекс красноты» a*/b*	1,26 ±0,03	1,16 ±0,03

Анализ результатов исследования конверсии нитрита натрия в процессе технологической обработки сырья показал, что выявленная разница в содержании нитрозопигментов в опытных и контрольных продуктах не оказывает существенного влияния на цветовое восприятие образцов, характеризующихся приемлемой и интенсивной окраской. Устойчивость окраски опытных и контрольных образцов варено-копченых продуктов была достаточно хорошая, о чем свидетельствуют результаты исследований.

Таблица 8

Содержание нитрозопигментов, остаточного нитрита натрия и устойчивости окраски в готовых продуктах

Показатель	Варено-копченый продукт	
	Контроль	Опыт
Содержание нитрозопигментов, % к общим пигментам	73,14 ±0,31	72,81 ±0,271
Устойчивость окраски, %	82,22 ±0,42	81,88 ±0,33
Содержание остаточного нитрита натрия, мг/кг	26,63 ±0,25	26,91 ±0,41

Посол сырья с применением механического массирования или низкочастотных колебаний рассола практически не влияют на содержание остаточного нитрита натрия в готовых продуктах, что свидетельствует об идентичности реакции нитрозирования.

Как известно, нежность готовых продуктов является одним из важных потребительских свойств, определяющим их качество. Результаты исследования структурно-механических характеристик опытных и контрольных варено-копченых продуктов из свинины показали, что применение механического

массирования при посоле сырья способствует более глубоким деструктивным изменениям мышечной ткани по сравнению с посолом в условиях низкочастотных колебаний рассола, о чем свидетельствуют величины напряжения среза и пенетрации (табл.9). Как видно из табл.9 напряжение среза опытных продуктов на 9,9 % выше, чем контрольных, а величина пенетрации на 13,6 % меньше. Для оценки пищевой ценности опытных и контрольных продуктов исследовали переваримость их пищеварительными ферментами в опытах *in vitro*.

Результаты исследований показали, что переваримость варено-копченых продуктов не зависит от способа посола мясного сырья. Так к 6 часам гидролиза в опытных образцах продуктов накапливается 15,34 мг тирозин содержащих веществ, а контрольных 15,01 мг.

Таблица 9

Структурно-механические характеристики варено-копченых продуктов из свинины

Показатель	Варено-копченый продукт	
	Контроль	Опыт
Напряжение среза, кПа	142,73 ±3,54	156,81 ±5,12
Пенетрация, мм	5,72 ±0,14	4,94 ±0,22

Данные органолептической оценки (табл.10) исследованных образцов продуктов согласуются с результатами, полученными с помощью инструментальных методов. На основании органолептической оценки и данных, полученных с помощью лабораторной техники, установлено, что варено-копченые продукты, изготовленные из свинины, посоленной в условиях механического массирования и низкочастотных колебаний рассола, обладают высокими качественными показателями.

Таблица 10

Органолептическая оценка варено-копченых продуктов из свинины, баллы

Продукт	Внешний вид	Цвет на разрезе	Вкус	Аромат	Консистенция	Общая оценка
Контрольный	4,66 ±0,16	4,52 ±0,11	4,54 ±0,07	4,65 ±0,09	4,42 ±0,06	4,56 ±0,17
Опытный	4,70 ±0,14	4,50 ±0,06	4,56 ±0,13	4,58 ±0,06	4,43 ±0,15	4,55 ±0,04

Как свидетельствуют результаты исследований опытные образцы варено-копченой свинины, несмотря на более светлую окраску (табл.7) и более высокую величину напряжения среза (табл.9), измеренные с помощью инструментальной техники, по органолептическим показателям они не отличались от контрольных.

Для подтверждения безопасности варено-копченых продуктов из свинины, выработанных из сырья, посоленного в условиях низкочастотных колеба-

ний рассола и хранившихся в течение 8 суток при температуре 2-6 °С, были проведены микробиологические исследования (табл.11).

Таблица 11

Микробиологические показатели варено-копченых продуктов из свинины

Продукт	КМАФАнМ КОЕ/г, не более	Масса продукта (г) в которой не допускается			
		БГКП (колли- формы)	Сульфитре- дуцирующие кlostридии	S.aureus	Патогенные, в том числе сальмонеллы
Сразу после охлаждения	$1 \cdot 10^1$	н/о	н/о	-	н/о
Хранившийся в течение 8 суток	$1,1 \cdot 10^2$	н/о	н/о	-	н/о

Результаты исследований показали, что в опытных образцах, хранившихся в течение 8 суток, не выявлено бактерий группы кишечных палочек, сульфитредуцирующих кlostридий, патогенной микрофлоры, стафилококков. По общему количеству микроорганизмов продукты не превышали допустимых значений. Опытные продукты соответствовали требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 и были безопасными для человека.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии составил 10,62 тыс. рублей на 1 тонну готовой продукции в ценах по данным Росстата на 01.01.2012 года.

ВЫВОДЫ

1. Обоснованы параметры посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола при производстве варено-копченых продуктов из свинины. Экспериментально доказано интенсифицирующее влияние низкочастотных колебаний в системе рассол-мясо на характер фильтрационно-диффузионных процессов проникновения и перераспределения хлорида натрия.

2. Изучено влияние посола свинины в условиях низкочастотных колебаний рассола на свойства соленого сырья и качество готовых мясных продуктов. Установлено, что наибольшее количество поваренной соли накапливается в свинине при амплитуде низкочастотных колебаний $4 \cdot 10^{-3}$ м, частоте 5 Гц и продолжительности обработки в течение 3 ч. Обоснована продолжительность выдержки соленого сырья (8 ч) после 3-х часов посола в условиях низкочастотных колебаний рассола обеспечивающая равномерное распределения посолочных ингредиентов по объему продукта.

3. Изучены физико-химические, биохимические, структурно-механические и микроструктурные показатели свинины в зависимости от частоты, ам-

плитуды и продолжительности посола мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола, позволившие установить рациональные режимы обработки: частота колебаний 5-7 Гц, амплитуда $4 \cdot 10^{-3}$ м. Показано, что интенсивность накопления небелковых веществ при посоле значительно выше, чем при последующей выдержки соленого сыря.

4. Выявлено, что с увеличением частоты и амплитуды низкочастотных колебаний снижается напряжение среза и повышается пластичность образцов соленого мяса.

Микроструктурными исследованиями установлено, что посол мяса в условиях низкочастотных колебаний рассола сопровождается частичным разрушением структуры мышечной ткани и набуханием мышечных волокон. Разрушение структуры мышечных волокон характеризуется в основном образованием поперечно-щелевидных пространств и микротрещин.

Наиболее заметные изменения исследуемых показателей наблюдаются при увеличении частоты от 5 до 7 Гц.

5. Анализ результатов исследований химического состава, физико-химических и структурно-механических показателей варено-копченых продуктов, изготовленных из сыря, посоленного в условиях низкочастотных колебаний рассола при установленных режимах показал, что для равномерного распределения рассола по объему продукта необходима выдержка сыря после посола в поле упругих колебаний в течение 8 ч при 2 ± 2 °С.

6. По результатам исследования конверсии нитрита натрия в процессе технологической обработки сыря выявленная разница показателей координат цвета L, a* и b*, содержания нитрозопигментов и устойчивости окраски опытных (73,14 %) и контрольных (74,01 %) готовых продуктов не повлияла на цветовое восприятие образцов, характеризующихся приемлемой интенсивной и устойчивой окраской.

7. Разработана технология варено-копченых продуктов из свинины, посоленной в условиях низкочастотных колебаний рассола. Изучены показатели хранимоспособности продуктов: активность воды, окислительные изменения жира, микробиологические показатели. Результаты микробиологических исследований показали, что в опытных образцах, хранившихся в течение 8 суток при 2-6 °С, не выявлено бактерий группы кишечных палочек, сульфитредуцирующих клостридий, патогенной микрофлоры, стафилококков. По общему количеству микроорганизмов продукты не превышали допустимых СанПиН 2.3.2.1078-01 значений.

Расчетный экономический эффект от внедрения разработанной технологии составил 10,62 тыс. рублей на одну тонну готовой продукции в ценах на 01.01.2012 года по данным Росстата.

По теме диссертации опубликованы следующие работы

1. Жаринов А.И., Романов В.А., Решетов И.В. Оценка величины буферной емкости пищевых фосфатов// Мясная индустрия, 2003, №7, С.39-41.

2. Ильиных В.В., Забашта А.Г., Решетов И.В. Современные способы интенсификации процесса посола мяса. Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения. Материалы Международной научно-практической конференции. Вып. IX. Книга II. Йошкар-Ола, 2007. С.209-211.

3. Решетов И.В. Влияние вибромассирования соленой говядины на конверсию миоглобина// Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции: Мосоловские чтения, вып. XI.- Йошкар-Ола, 2009. – С.358-359.

4. Решетов И.В. Посол мяса в условиях вибрации рассола. Материалы конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы студентов за 2009 год. Саратов. 2010. С.77-79.

5. Решетов И.В., Лисицын А.Б. Влияние вибрационной обработки на скорость накопления хлорида натрия в свинине. Инновационные аспекты переработки мясного сырья и создание конкурентоспособных продуктов питания: 13-я Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М.Горбатова. М.: ВНИИМП. 2010. – С.135-137.

6. Лисицын А.Б., Решетов И.В. Исследование диффузионных процессов и технологических свойств свинины при вибрационном посоле// Все о мясе, 2011.- № 1.- С.24-27.

7. Решетов И.В. Влияние гидроимпульсного посола на изменения биохимических свойств мяса// Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения. Международная научно-практическая конференция. Йошкар-Ола 2011.- С.299-300.

9. Лисицын А.Б., Решетов И.В. Влияние гидроимпульсного посола на качественные показатели варено-копченых изделий из свинины// Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения. Международная научно-практическая конференция. Йошкар-Ола 2011.- С.298.

10. Лисицын А.Б., Решетов И.В. Применение низкочастотных колебаний при производстве продуктов из свинины// Мясная индустрия, 2011, октябрь С.49-52.

11. Решетов И.В. Влияние вибрационных воздействий при посоле мяса на активность тканевых ферментов// Материалы XLIX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников за 2010. Ч.1, ВГТА. Воронеж. 2011.- С.176.

12. Решетов И.В. Колориметрические характеристики продуктов из свинины// Материалы XLIX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников за 2010. Ч.1, ВГТА. Воронеж. 2011.- С.177.

13. Решетов И.В. Влияние посола сырья в условиях вибрации на микроструктуру варено-копченой свинины// Молодые ученые - пищевой и перерабатывающей промышленности АПК. Материалы научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Саратов 2011. – С.74-76.