На правах рукописи

ХОЛОДОВ ФЕДОР ВАСИЛЬЕВИЧ

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК КРИОПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2011

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В. М. Горбатова Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии)

Научный руководитель: доктор технических наук
Семенова Анастасия Артуровна

Официальные оппоненты: доктор ветеринарных наук
Кузнецова Татьяна Георгиевна

кандидат технических наук
Корешков Виктор Николаевич

Ведущая организация: ГНУ ВНИИПП Россельхъозакадемии

Защита диссертации состоится 14 мая 2011 года. в 13:00 ч на заседании диссертационного совета ДМ 006.021.01 при ГНУ ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии по адресу: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИМП.
Автореферат разослан и размещен на сайте www.vniimp.ru.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук Захаров А.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современные технологии замораживания и холодильного хранения замороженного мяса располагают широким арсеналом технических средств и большими возможностями реализации различных технологических режимов. Однако, несмотря на огромные технико-технологические возможности холодильной обработки, в процессе замораживания необратимо происходит ряд нежелательных изменений, вызванных кристаллообразованием. Возникновение в межклеточном пространстве кристаллов льда в результате замораживания приводит к разрыву мышечных волокон, что впоследствии негативно влияет на технологические свойства размороженного мяса и, в первую очередь, выражается в значительных потерях мясного сока и в снижении потребительских характеристик готовых продуктов - внешнего вида, цвета, консистенции, сочности и прочих характеристик.

Наиболее принципиальное значение эти негативные изменения имеют в первую очередь для обеспечения качества замороженного мяса, реализуемого в нарезанном виде, то есть для кусковых мясных полуфабрикатов. В связи с этим, важнейшей технологической задачей является минимизация нежелательных изменений, происходящих в мясе в процессе замораживания, холодильного хранения и размораживания.

Исследования по нивелированию негативных последствий замораживания впервые были начаты в странах Западной Европы, США и Японии. В основу этих исследований было положено применение криопротекторов – пищевых добавок, способных препятствовать образованию кристаллов льда. Изучению свойств криопротекторов в различных биотехнологических объектах и пищевых системах посвящены труды отечественнх и зарубежных ученых - Л.А. Сарафановой, Д.Л. Хаффман, Ж. Лафон, Ж. Лебель, Малдрю, А. Суттон, Б.Е.Харрисон, П. Капела и др. На различных группах продуктов питания было показано, что применение криопротекторов за счет создания аморфной структуры по всему объему продукта, предохраняющей его целостность при кристаллообразовании, приводит к уменьшению потерь в результате вымораживания влаги и при размораживании, улучшению потребительских характеристик, снижению интенсивности протекания многих биохимических процессов - деструктивных, в том числе денатурационных, изменений белков, обесцвечивания пигментов, окисления жиров и пр.

Сегодня в России производится свыше полутора миллионов тонн мясных полуфабрикатов в год, из них более 65% в замороженном виде. В связи с этим, актуальной проблемой является выявление и изучение влияния пищевых добавок криопротекторного действия на качество мяса в процессе холодильного хранения и замораживания.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей диссертационной работы являлось изучение функционально-технологических свойств пищевых добавок и ингредиентов криопротекторного действия и разработка композиции на их основе для сохранения качества мясных полуфабрикатов в процессе холодильной обработки и хранения.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать криопротекторные свойства пищевых добавок и ингредиентов, изучить их влияние на физико-химические и органолептические характеристики мяса и обосновать выбор компонентов для создания композиции криопротекторного действия;

- разработать рецептуры композиций криопротекторного действия, предназначенные для введения в мясные полуфабрикаты в составе рассола и изучить их влияние на изменение качества мясных полуфабрикатов в процессе замораживания, холодильного хранения и размораживания;

- исследовать возможность применения композиций криопротекторного действия для снижения температуры хранения и увеличения сроков годности мясных полуфабрикатов;

- на основании комплекса исследований научно обосновать рецептуры композиции криопротекторного действия;

- провести расчет показателей экономической эффективности и разработать техническую документацию на производство и применение комплексных пищевых добавок криопротекторного действия.

Научная новизна. Изучено влияние криопротекторов на физические, органолептические и функционально-технологические характеристики мяса. Установлена функциональная зависимость температуры замерзания и активности воды мышечной ткани от концентрации криопротекторов. Научно обоснованы эффективные дозы введения глицерина, сорбита и трегалозы в качестве криопротекторов мясного сырья и целесообразность их совместного использования с цитратом натрия. Получены новые данные об изменении микроструктурных характеристик мышечной ткани и фракционного состава мышечных белков при двух температурных режимах холодильного хранения без введения и в присутствии криопротекторов.

Аналитически и экспериментально обоснована возможность снижения температуры хранения охлажденных мясных полуфабрикатов до минус 5°С при использовании криопротекторов.

Практическая ценность работы. В качестве криопротекторов для мясных полуфабрикатов отобран ряд веществ, повышение концентрации которых в мясной системе, приводит к динамичному снижению температуры замерзания и активности воды. На их основе разработаны рецептуры

комплексных пищевых добавок «Криопротект-1» и «Криопротект-2», проект технической документации по их производству и применению. Предложена и апробирована технологическая схема производства крупнокусковых мясных полуфабрикатов с использованием криопротекторных композиций, нивелирующих негативное действие замораживания и холодильного хранения, а также обеспечивающая увеличение сроков годности охлажденной продукции до 21 суток. Показана экономическая целесообразность применения криопротекторных композиций.

Апробация работы. Основные результаты работы представлены на конференции-конкурсе научно-инновационных работ молодых ученых и специалистов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии, Москва, 2008; 3-ей конференции молодых ученых и специалистов институтов Отделения "Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции" Россельхозакадемии, Москва, 2009; Всероссийской научно-практической конференции «Современные биотехнологии переработки сельскохозяйственного сырья и вторичных ресурсов», Углич, 2009; 55 International Congress of Meat Science and Technology. - Copenhagen, Denmark, 2009; 8-й международной научной конференции студентов и молодых ученых «Живые системы и биологическая безопасность населения», Москва, МГУПБ, 2010; 46 Kulmbacher Woche Max Rubner-Institut - Kulmbach, Deutschland, 2011.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части с обсуждением результатов исследований, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на ___ страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц, 50 рисунков и 2 приложения. Библиография включает 100 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы и сформулирована общая направленность исследований.

Обзор литературы. В первой главе приведен аналитический обзор научно-технической литературы, раскрывающий современные представления о процессах, происходящих в мясе при замораживании и холодильном хранении, рассмотрены способы хранения мяса, виды криопротекторных добавок и ингредиентов. Обоснована целесообразность изучения криопротекторного действия различных веществ в мясных системах и создания композиционных составов с их использованием. На основании приведенных сведений, их ана-

лиза и обобщения, определено направление исследований, необходимое для достижения цели настоящей работы.

Методическая часть. Во второй главе представлена организация экспериментальных исследований, в том числе приведены характеристики объектов исследований, описаны условия постановки экспериментов и методы определения изучаемых показателей.

В соответствии с целью работы и сформулированными задачами, исследования проводились в несколько этапов, представленных на схеме (рис.1).

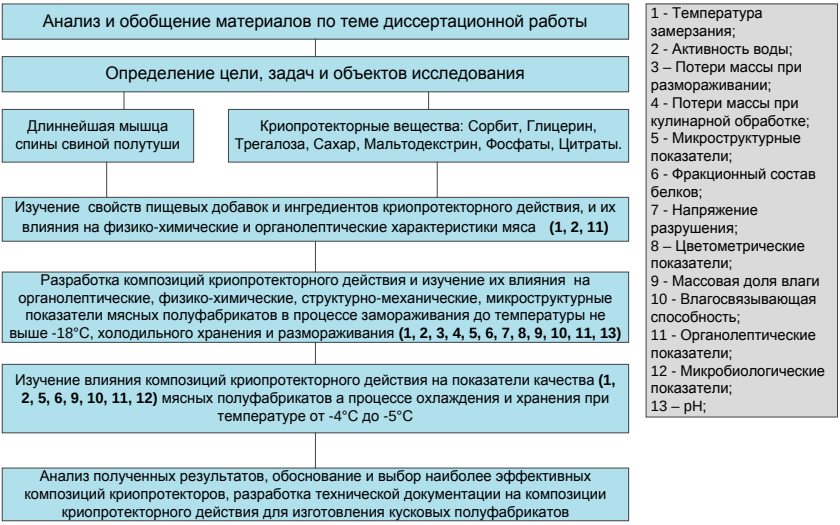


Рисунок 1 - Схема проведения исследований

В качестве объектов исследования были выбраны пищевые добавки и ингредиенты, традиционно применяемые в мясной промышленности: соль поваренная пищевая по ГОСТ Р 51574, сахар-песок по ГОСТ 21, фосфат пищевой (Е450, Е451), цитрат натрия (Е331) двухводный, мальтодекстрин, плазма крови. Объектами исследований также являлись трегалоза, сорбит пищевой (Е420), глицерин (Е422), растворы криопротекторов для шприцевания мясного сырья, мясное сырье (*Longissimus dorsi* свиных полутуш) и изготовленные из него крупнокусковые полуфабрикаты.

При проведении исследований определяли: температуру замерзания (1) и активность воды (2) - с помощью криометра AWK-20; потери массы при размораживании (3) и потери массы при кулинарной обработке (4) - весовым методом, микроструктурные показатели (5) - по ГОСТ 51604-2000, фракционный состав белков (6) - методом электрофо-

реза в среде полиакриламидного геля, напряжение разрушения (7) - на универсальной испытательной машине «Инстрон», цветовые характеристики (L, a, b) в системе CIELab (8) - на спектроколориметре «Спектротон», массовую долю влаги (9) - по ГОСТ 9793-74, высушиванием при температуре 103±2°С до постоянной массы; влагосвязывающую способность /ВСС/ (10) - методом прессования по Грау и Хамм в модификации Воловинской, органолептические показатели (11) - по ГОСТ 9959-91, микробиологические показатели (14) - по ГОСТ 10444.15-94, величину pH (13) - потенциометрическим методом с помощью портативного измерителя «Замер-1».

Все измерения проводили не менее чем в 3-х кратной повторности с последующей обработкой экспериментальных результатов статистическими методами. По всем опытным данным коэффициент вариации (V=100* S/M) не превышал 7% (где M - среднее значение измеряемой величины; S - среднеквадратичное отклонение).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе работы, на основании литературных данных и предварительных экспериментальных исследований были выбраны вещества, обладающие выраженным криопротекторным действием, и изучены закономерности их влияния на физико-химические и органолептические характеристики мяса.

Предварительный отбор криопротекторов проводили по изменению температуры замерзания и активности воды в мясе при их внесении в различных концентрациях. С физической точки зрения температура замерзания характеризовала способность системы сопротивляться образованию льда под действием снижения температуры ниже 0 °С. А активность воды показывала долю воды, связанной в продукте растворенными в ней веществами.

Из представленных данных (рис.2 и 3) видно, что введение различных криопротекторных веществ, приводило к изменению температуры замерзания и активности воды в опытных образцах мяса.

Наиболее выраженными криопротекторными свойствами обладал сорбит и глицерин. При внесении этих криопротекторных веществ в количестве 6% температура замерзания понижалась до минус 5,08°С и м инус 5°С, соответственно.

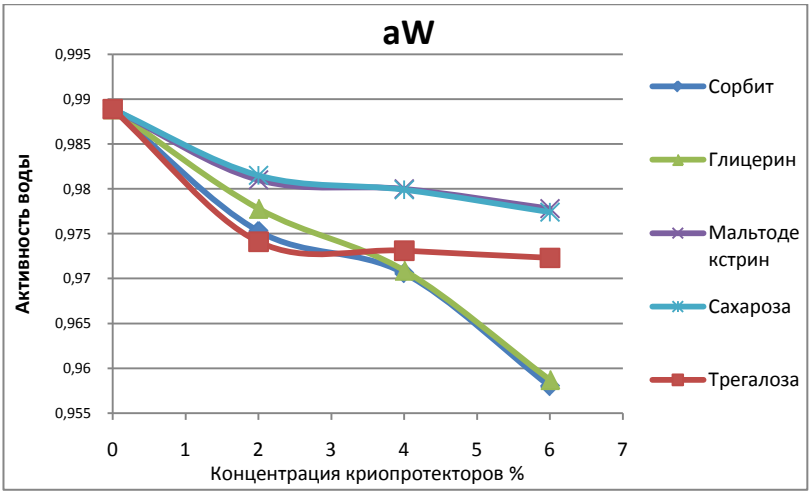


Рисунок 2 - Влияние концентрации пищевых добавок и ингредиентов на активность воды полуфабрикатов в присутствии 1% поваренной соли

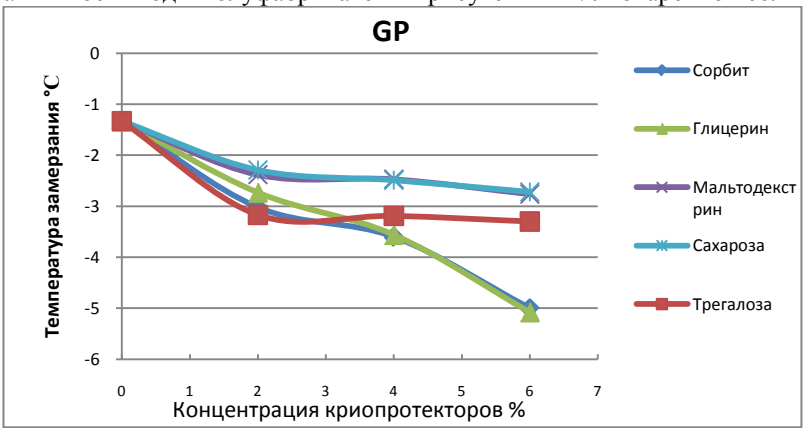


Рисунок 3 - Влияние концентрации пищевых добавок и ингредиентов на температуру замерзания полуфабрикатов в присутствии 1% поваренной соли

Введение 2% трегалозы в опытные образцы мяса приводило к снижению активности воды на 0,016, а температуры замерзания до минус 3,3˚С, причем дальнейшее повышение концентрации до 6% не вызывало значительного снижения температуры замерзания и активности воды.

Наиболее слабые криопротекторные свойства были зафиксированы для сахарозы и мальтодекстрина. При внесении 6% этих веществ температура замерзания составляла минус 2,76˚С и минус 2,72˚С, соответственно.

Установлено, что увеличение концентрации мальтодекстрина и сахарозы в мясе с 2 % до 6 % практически не влияло на значения температуры замерзания и активности воды.

Исследования температуры замерзания и активности воды в образцах мяса, содержащих цитрат и фосфат, показали (рис. 4 и 5), что эти пищевые добавки обладали выраженными криопротекторными свойствами в количествах, технологически принятых для использования в мясной промышленности. Так, внесение фосфата в количестве 0,3 % снижало температуру замерзания до минус 2,6°С.

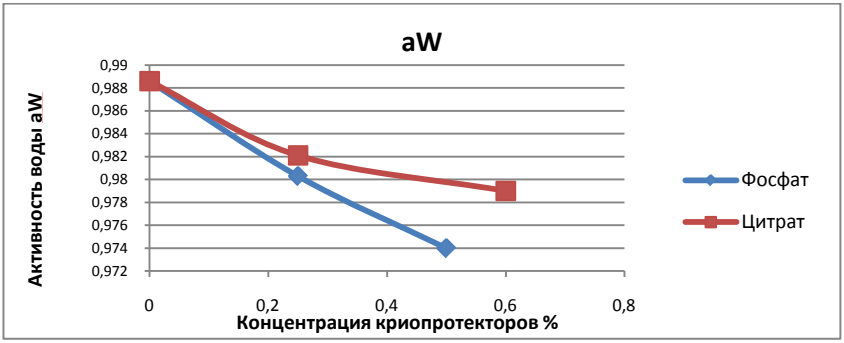


Рисунок 4 - Влияние концентрации фосфата и цитрата на активность воды мышечной ткани в присутствии 1% поваренной соли

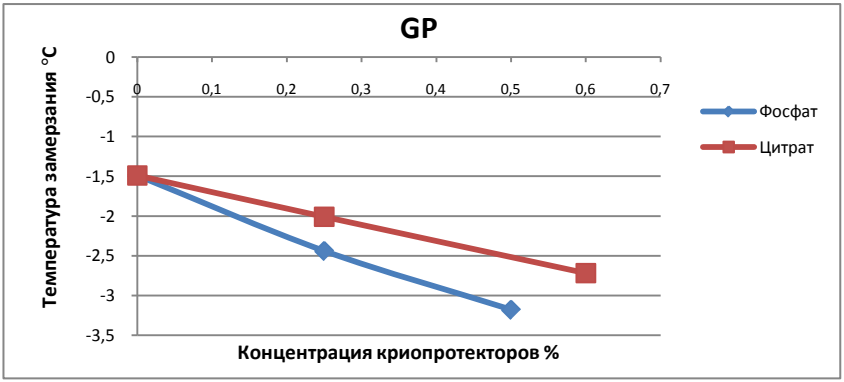


Рисунок 5 - Влияние концентрации фосфата и цитрата на температуру замерзания мышечной ткани в присутствии 1% поваренной соли

Под действием увеличения концентрации цитрата снижение температуры и активности воды проходило менее динамично, чем при введении фосфата. Так, увеличение содержание цитрата до 0,6 % понижало температуру замерзания до минус 2,7°С.

Для интервала концентраций криопротекторных веществ от 0 до 4 % была получена математическая зависимость температуры замерзания и активности воды мышечной ткани от концентрации криопротекторов, а также рассчитаны коэффициенты a, b и c для исследованных веществ (табл. 2).

$$\boldsymbol{y} = \frac{\mathbf{1}}{(\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b})*\boldsymbol{x}^{\boldsymbol{c}}} \quad (1)$$

где: x – концентрация криопротекторного вещества;

a, b, c – коэффициенты для разных криопротекторных веществ.

Таблица 2 - Величина расчетных коэффициентов **a**, **b**, и **c** для определения температуры замерзания и активности воды мышечной ткани в зависимости от концентрации криопротекторов

Коэффициенты	Значения коэффициентов для						
	глицерина	сорбита	трегалозы	сахарозы	мальтодекстрина	фосфата	цитрата
	Для расчета активности воды						
a	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
b	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
c	1,02	0,88	0,11	0,37	0,32	0,82	0,57
	Для расчета температуры замерзания						
a	-0,74	-0,74	-0,75	-0,75	-0,75	-0,67	-0,67
b	0,28	0,32	0,42	0,27	0,29	0,53	0,49
c	0,37	0,29	0,04	0,18	0,15	0,81	0,45

На основании полученных данных о снижении температуры замерзания и активности воды в мышечной ткани с повышением концентрации вещества были отобраны пищевые добавки и ингредиенты, обладающие наиболее выраженным криопротекторным действием - глицерин, сорбит, трегалоза, фосфат и цитрат натрия.

Изучение влияния криопротекторов, обладавших сладким вкусом, на органолептические свойства полуфабрикатов из свинины показало, что внесение криопротекторов в количествах, необходимых для их эффективной работы, после доведения их до кулинарной готовности в целом, не влияло на внешний вид и запах образцов. Введение глицерина, сорбита и

трегалозы в количестве более 2% к массе мяса приводило к ухудшению органолептических свойств за счет придания чрезмерного сладкого вкуса (табл. 2), отмеченного дегустаторами как нетипичного для мясных изделий.

Таблица 2 - Органолептическая оценка контрольного и опытных образцов полуфабрикатов из свинины после кулинарной обработки

Образцы	Оценка, балл**					
	Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах	Консистенция	Общая оценка
№1 (контрольный)	4,4	5,0	4,9	4,9	4,3	4,5
№2 (2% сорбита)	4,9	5,0	4,7	4,9	4,5	4,7
№3 (3% сорбита)	4,8	5,0	3,0*	4,9	4,8	3,5
№4 (4% сорбита)	4,8	5,0	2,4*	4,9	4,9	3,1
№5 (2% глицерина)	4,8	5,0	4,6	4,9	4,5	4,7
№6 (3% глицерина)	4,8	5,0	3,2*	4,9	4,7	3,5
№ 7 (4% глицерина)	4,8	5,0	2,5*	4,9	4,8	3,2
№8 (2% трегалозы)	5,0	5,0	4,8	4,9	4,5	4,8
№9 (3% трегалозы)	4,9	5,0	3,8*	4,9	4,9	3,8
№10 (4% трегалозы)	4,9	5,0	2,6*	4,9	4,9	3,3

* - оценки ниже 3х баллов были выставлены дегустаторами за неприемлемо сладкий вкус образцов

** - максимальное среднеквадратичное отклонение составило 0,12 для оценок ниже 5,0

Наиболее высокую дегустационную оценку получили образцы, содержавшие 2% сорбита, 2% глицерина и 2% трегалозы. При этом дегустаторами не были отмечены недостатки вкуса, ожидавшиеся в этих образцах вследствие значительной концентрации подсластителей. Так же было отмечено, что все опытные образцы обладали лучшей (более монолитной и сочной) консистенцией.

Таким образом, проведенные физико-химические исследования позволили установить, что наиболее выраженными криопротекторными свойствами обладали: фосфат, цитрат, глицерин, сорбит и трегалоза. По результатам органолептической оценки была определена доза внесения широко не применявшихся в мясной промышленности глицерина, сорбита и трегалозы – не более 2% - как достаточная для достижения требуемого криопротекторного действия, но не ухудшающая органолептические показатели готового продукта.

На основании результатов исследования отдельных пищевых добавок и ингредиентов были разработаны оптимальные уровни внесения поваренной соли и криопротекторов на 100 кг мясного сырья. Для апроба-

ции были выбраны рецептуры композиций, величина pH 10%-х растворов которых не превышала 9,0 (табл. 3).

Таблица 3 - Дозы внесения пищевых добавок и ингредиентов при разработке и апробации рецептур экспериментальных криопротекторных композиций

Наименование показателя/компонента	Образцы композиций				
	№1	№2	№3	№4	№5
pH 10%-го раствора композиции*	7,69	8,88	7,75	8,93	7,78
	Количество, кг на 100 кг мяса				
Поваренная соль	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Сорбит пищевой	2,0	1,5	1,5	-	-
Глицерин	-	-	-	1,5	1,5
Трегалоза	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Фосфат пищевой	-	0,3	-	0,3	-
Цитрат натрия	-	-	0,6	-	0,6
* максимальное среднеквадратичное отклонение составило 0,02					

С целью изучения совместного влияния поваренной соли и композиций криопротекторов на физико-химические и органолептические показатели мяса в процессе хранения при температуре не выше минус 18°С были изготовлены опытные образцы полуфабрикатов. Для этого готовили рассолы в количестве 10% к массе мясного сырья. В требуемом количестве воды растворяли фосфат или цитрат и поваренную соль. После добавляли криопротекторов перемешивали до полного растворения всех компонентов. Полученный рассол охлаждали до температуры 4°С и инъецировали в предварительно подготовленное мясо. Затем образцы массировали в течение одного часа при температуре не выше 4°С и выдерживали в посоле при температуре от 2°С до 4°С. Через 24 часа образцы замораживали и хранили при температуре не выше минус 18°С в течение 30 суток.

Использование формулы (1) позволило спрогнозировать влияние криопротекторов в составе композиций на снижение значений температуры замерзания и активности воды образцов полуфабрикатов.

Сравнение ожидаемых значений температуры замерзания образцов полуфабрикатов, рассчитанных по формуле (1) исходя из гипотезы возможного суммирования криопротекторного эффекта, с фактическими значениями этого показателя в опытных образцах, показало, что такой суммарный эффект наблюдался для композиций №4 и №5 (рис. 5, 6).

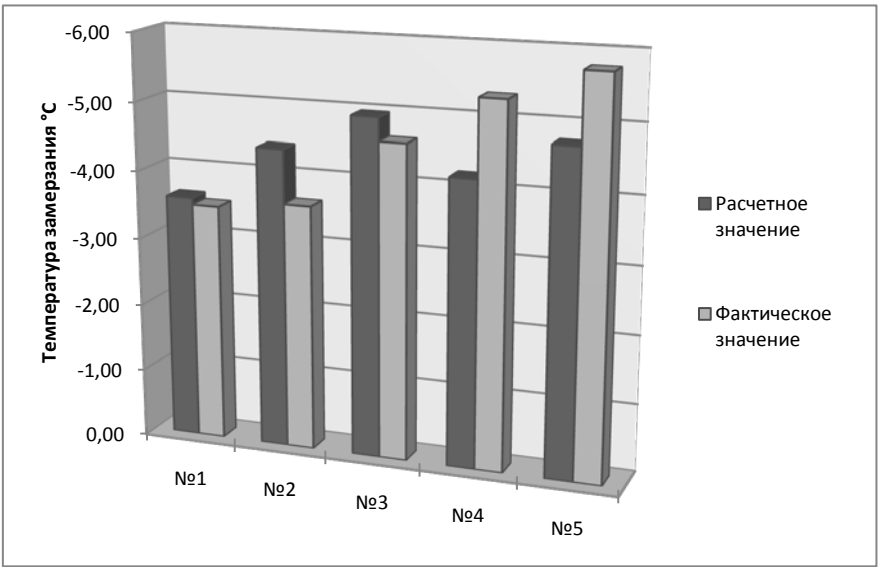


Рисунок 6 - Расчетные и фактические данные по снижению температуры замерзания опытных образцов полуфабрикатов

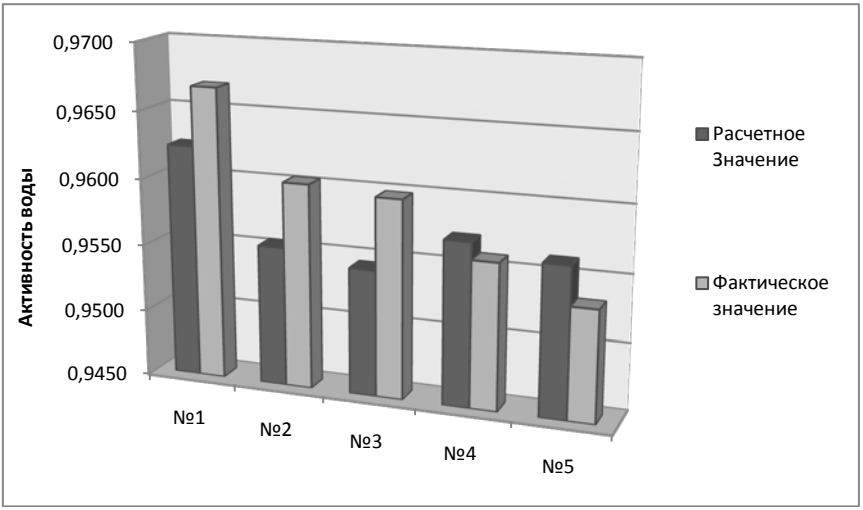


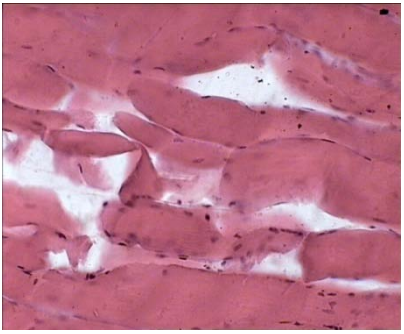
Рисунок 7 - Расчетные и фактические данные по изменению активности воды опытных образцов полуфабрикатов

Наиболее эффективной оказалась композиция №5, содержащая цитрат натрия, трегалозу и глицерин, ее введение снизило точку замерзания до минус 5,77°С.

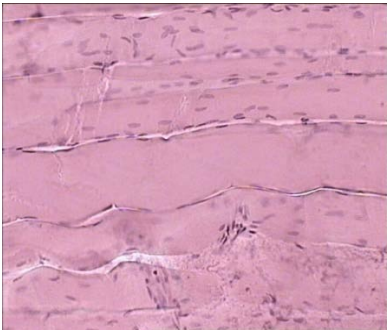
При этом результаты определения влияния криопротекторных композиций на величину ВСС полуфабрикатов показали, что все опытные образцы обладали ВСС, равной 100 %, в то время как ВСС контрольного образца, не содержащего криопротекторов, составляла лишь 90,3 %.

Микроструктурные исследования в процессе хранения замороженных полуфабрикатов показали, что опытные образцы отличались от контрольного степенью набухания мышечных волокон, а также глубиной и характером деструктивных изменений и порозностью мышечной ткани.

Изменения структуры мышечной ткани были представлены полостями и щелями, образовавшимися на месте локализации кристаллов льда. В опытных образцах кристаллы льда образовывали мелкие полости, незначительно разрыхляющие мышечную ткань. Наиболее плотная компоновка структурных элементов мышечной ткани наблюдалась в образце №5, содержащем трегалозу, цитрат и глицерин. Порозность мышечной ткани в этом образце была на 12,5% меньше по сравнению с контрольным. Диаметр полостей составлял в среднем 22,5 мкм, тогда как в контрольном - 100 мкм. Средний диаметр мышечных волокон в образце №5 на 17% превосходил диаметр волокон в контрольном (рис. 7).



Контрольный образец



Образец №5

Рисунок 8 - Продольный разрез контрольного и опытного образцов полуфабрикатов после хранения при температуре не выше минус 18°С в течение 30 суток (ув. х 360)

Степень деструкции мышечных волокон в опытных образцах была значительно меньше, чем в контрольном образце. При этом степень набухания мышечных волокон в опытных образцах была выше.

Введение криопротекторных композиций способствовало снижению потерь массы при размораживании, наименьшие потери были у образцов №3 (с сорбитом) и №5 (с глицерином) – 2,0 % и 1,7 %, соответственно. Наибольшие потери были у контрольного образца и составили 7 % (рис. 8).

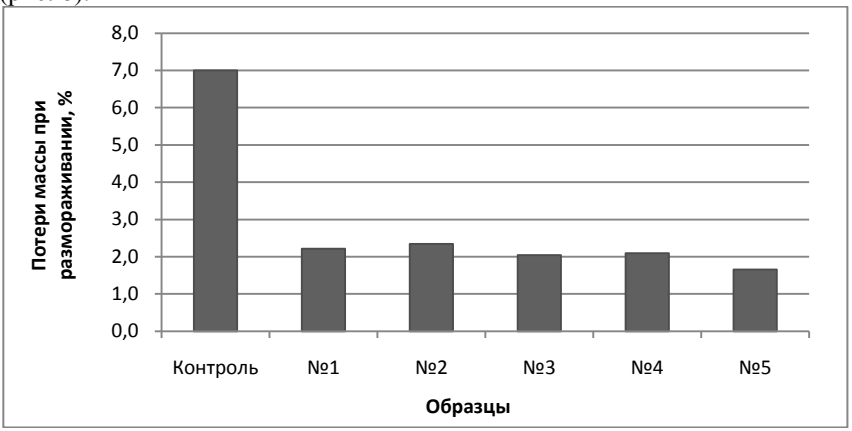
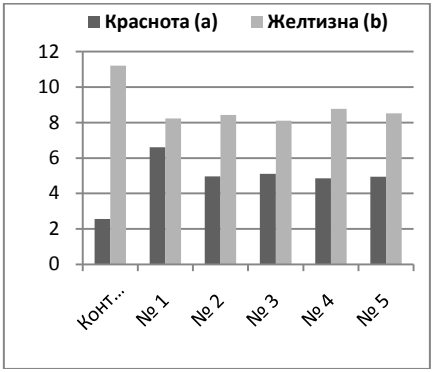


Рисунок 9 - Потери массы при размораживании образцов полуфабрикатов после хранения при температуре не выше минус 18°С в течение 30 суток

Структурно-механические испытания полуфабрикатов показали, что в процессе холодильного хранения происходило снижение значения напряжения разрушения у всех экспериментальных образцов. Наименьшее значение напряжения разрушения было у контрольного образца и составило 375 кПа, максимальное напряжение разрушения было отмечено в образцах №2 и №4 и составило 570 и 531 кПа. Образцы №1, №3 и №4 по своим структурно-механическим показателям практически не отличались, напряжение разрушения в этих образцах было близким по значению к охлажденному мясу.

Инструментальное определение цветовых характеристик полуфабрикатов позволило установить, что после хранения образцов при температуре не выше минус 18°С в течение 30 суток и последующем размораживании в контрольном образце значение красноты (a) было ниже, чем в опытных образцах, значения светлоты (L) и желтизны (b) напротив выше. Наибольшее значение красноты было отмечено в опытном образце № 1. Образцы №3 и №5 были светлее, чем опытные образцы №1, №2 и №4, наименьшее значение светлоты было отмечено в опытном образце №4. В целом цветовые характеристики опытных образцов практически не изменились после холодильного хранения, благодаря предотвращению окисления пигментов, тогда как в контрольном образце этот процесс

сопровождался увеличением значений показателей **b** и **L** и снижением показателя **a**.



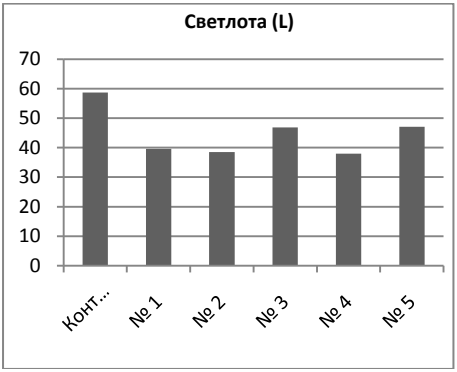


Рисунок 10 – Показатели цвета размороженных образцов полуфабрикатов после хранения при температуре не выше минус 18°С в течение 30 суток

Исследования фракционного состава белков после хранения замороженных полуфабрикатов в течение 30 суток позволили установить различия в протекании процессов их деструктивных изменений под действием низких отрицательных температур (табл. 4).

Таблица 4 - Фракционный состав белков размороженных полуфабрикатов после хранения при температуре не выше минус 18 °С в течение 30 суток

Молекулярная масса белковой фракции, кДа	Количество белковых фракций в образцах					
	контрольном	№1	№2	№3	№4	№5
300-200	3	3	3	4	3	4
120-100	1	2	2	2	2	2
100-67	3	3	3	3	3	3
67-30	2	2	2	2	2	2
30-12	4	4	4	4	4	4
Менее 12	-	1	1	1	1	1

В опытных образцах, инъецированных композициями криопротекторов №3 и №5, было выделено 4 фракции белков с молекулярной массой от 200 до 300 кДа. Кроме этого во всех опытных образцах имелись по 2 фракции белков с молекулярной массой от 100 до 120 кДа. Тогда как в контрольном образце было выделено только 3 и 1 фракции с аналогичными молекулярными массами, что свидетельствовало о лучшей сохранно-

сти белков мышечной ткани в опытных образцах, в особенности №3 и №5, после холодильного хранения.

Изучение влияния криопротекторных композиций на органолептические свойства полуфабрикатов из свинины показало, что внесение композиций №2, №3, №4, №5 в целом, не влияло на внешний вид, запах и вкус образцов полуфабрикатов. Введение композиции №1 снизило органолептическую оценку за счет придания полуфабрикату после кулинарной обработки сладкого вкуса (табл. 5).

Таблица 5 - Органолептическая оценка готовых полуфабрикатов после хранения при температуре не выше минус 18 °С в течение 30 суток

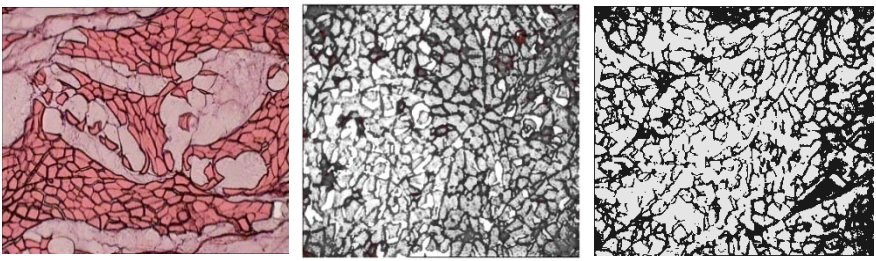
Образцы	Оценка, балл*					
	Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах	Консистенция	Общая оценка
Контрольный	4,4	5,0	4,9	5,0	4,0	4,5
№1	4,7	5,0	3,7	5,0	4,5	3,8
№2	4,8	5,0	4,9	5,0	4,8	4,9
№3	4,9	5,0	4,9	5,0	4,9	4,9
№4	4,8	5,0	4,9	5,0	4,8	4,9
№5	5,0	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9
*- максимальное среднеквадратичное отклонение составило 0,10 для оценок ниже 5,0						

По консистенции опытные образцы превосходили контрольный образец. При кулинарной обработке опытные образцы теряли на 15-20% меньше влаги, чем контрольный.

Основываясь на результатах проведенных исследований, были отобраны смеси №3 и №5, обладающие наиболее ярко выраженными криопротекторными свойствами. Внесение этих композиций позволяло достичь наилучшей сохранности опытных образцов при замораживании, и холодильном хранении. Эти композиции были использованы для проведения эксперимента по хранению полуфабрикатов при температуре от минус 4 до минус 5 °С, не превышающих значения температуры замерзания мяса, содержащего криопротекторы.

Образцы полуфабрикатов готовили аналогичным образом и хранили в одинаковых условиях в температурном интервале от минус 4°С до минус 5°С (рис. 10). При этом контрольный образец замерзал, приобретая твердую консистенцию, характерную для замороженного мяса (ямка при надавливании не образовывалась). Опытные образцы оставались упругими: при надавливании образовывалась ямка, которая потом исчезала.

Микроструктурные исследования показали, что внесение криопротекторных композиций предотвращало рост кристаллов льда в опытных образцах, способствовало снижению порозности мышечной ткани и препятствовало деформации мышечных волокон. Так, в контрольном образце происходило образование кристаллов льда и полостей размером 175 мкм, а средний диаметр мышечных волокон составлял 45,0 мкм. В опытных образцах средний размер полостей составлял 40 мкм, а средний диаметр мышечных волоком 54,6 мкм (рис.11).



Контрольный образец Образец №3 Образец №5

Рисунок 11 - Микроструктура образцов полуфабрикатов, хранившихся при температуре от минус 4 до минус 5°С (ув. х 260)

В процессе хранения при температуре от минус 4 до минус 5°С во всех образцах наблюдалось увеличение количества низкомолекулярных фракций белка, что свидетельствовало о течении автолитических процессов, характерных для охлажденного мяса (табл. 6).

На третьей неделе хранения образцы практически не отличались между собой по фракционному составу белков, только у контрольного образца была выделена фракция с молекулярной массой 100 кДа.

Как видно из результатов исследований, в опытных образцах изменение фракционного состава белков происходило более быстро, чем в контрольном образце. Это объяснялось тем, что при таких температурах хранения за счет введения композиций криопротекторов опытные образцы, в отличие от контрольного, не замерзали, а оставались в состоянии близком к охлажденному мясу, что не препятствовало протеканию автолитических процессов.

Микробиологические исследования в процессе хранения образцов при температуре от минус 4 до минус 5°С показали незначительный рост общего количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов во всех образцах. На 21-е и 27-е сутки хранения все образцы соответствовали требованиям СанПиН 2.3.2.1078, что показало возможность значительного увеличения сроков годности мясных полу-

фабрикатов за счет снижения температуры хранения без достижения замороженного состояния.

Таблица 6 - Фракционный состав белков полуфабрикатов, хранившихся при температуре от минус 4 до минус 5°С

Сроки хранения	Образцы	Количество белковых фракций				
		>100 кДа	100-70 кДа	56 кДа	40-25 кДа	<25 кДа
7	Контрольный	1 (значительная) - 100 кДа	4	1	2	1
	№3	1	5	1	2	1
	№5	2	4	1	2	1
14	Контрольный	-	1	1	2	1
	№3	-	1(минор) - 100 кД 1 - 70кДа	1	2	2
	№5	-	2(минор) - 100кДа 1 - 70кДа	1	2	4
21	Контрольный	-	1 и 1(минор) 1 - 70кДа	1	2	4
	№3	-	3(минор) - 100 кДа 1 - 70кДа	1	2	4
	№5	-	3(минор) - 100кДа 1 - 70кДа	1	2	4

ВЫВОДЫ

1. Исследованы криопротекторные свойства глицерина, сорбита, трегалозы, сахарозы, цитрата натрия, смеси пирофосфата и трифосфата натрия. На основании изучения их влияния на физико-химические и органолептические характеристики мяса (на примере *Longissimus dorsi* свиных полутуш) обоснован выбор компонентов для создания композиции криопротекторного действия. Выявлена зависимость изменений температуры замерзания и активности воды от концентрации криопротекторов и установлены эффективные дозы их применения.

2. Разработаны и апробированы 5 рецептур композиций криопротекторного действия, предназначенные для введения в мясные полуфабрикаты в составе рассола, и изучено их влияние на изменение качества мясных полуфабрикатов в процессе замораживания, холодильного хранения и размораживания. Установлено, что введение композиций криопротекторов снижает деструктивные изменения мышечной ткани при холодильной обработке и хранении, сокращает потери при размораживании в 4 раза, потери при кулинарной обработке на 15-20%, способствует сохранению фракционного состава мышечных белков, стабилизации цветовых и структурно-механических характеристик.

3. Установлена возможность снижения температуры хранения до минус 5°С и увеличения срока годности до 21 суток охлажденных мясных полуфабрикатов с применением наиболее эффективных композиций криопротекторного действия.

4. На основании проведенных исследований научно обоснованы составы комплексных пищевых добавок «Криопротект-1» и «Криопротект-2», включающие сорбит, трегалозу и цитрат натрия.

5. Проведен расчет показателей экономической эффективности комплексных пищевых добавок «Криопротект-1» и «Криопротект-2» и разработан проект технической документации на их производство и применение. Внедрение разработанной технологии позволит получить дополнительную прибыль в размере 31 тыс рублей на 1 тонну готовой продукции (на 08.11.2010 г.)

Опубликованные работы по теме диссертации

1. Семенова А. А.,. Трифонов М. В, Холодов Ф. В. / Новый взгляд на производство замороженных полуфабрикатов // Все о мясе. - 2008. - №1, С.17-19.

2. Семенова А. А., Холодов, Ф. В. / Исследование возможности использования пищевых добавок криопротекторного действия // Конференция-конкурс научно-инновационных работ молодых ученых и специалистов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии. - М., 2008. - с.124-126

3. Семенова А.А., Веретов Л.А., Холодов Ф.В. / Оценка влияния пищевых криопротекторов на функционально-технологичские свойства мясного сырья // Все о мясе. – 2009. - №1. – с.5-8.

4. Семенова А.А., Веретов Л.А., Холодов Ф.В. / Влияние криопротекторов на мясное сырье // Мясные технологии. – 2009. - №8. – с.46-49.

5. Лисицын А. Б., Семенова А. А., Веретов Л. А., Холодов Ф. В. / Evaluation of influence of edible cryoprotectors on functional-technological properties of meat raw materials // 55 International Congress of Meat Science and Technology. - Copenhagen, Denmark, 2009. - PE4.22.

6. Семенова А. А., Холодов Ф. В. Аспекты замораживания мяса и мясопродуктов // Современные биотехнологии переработки сельскохозяйственного сырья и вторичных ресурсов. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. - Углич, 2009. - с.203-204.

7. Семенова А. А., Веретов Л. А., Холодов Ф. В./ Оценка влияния пищевых криопротекторов на функционально-технологические свойства мясного сырья // Все о мясе. - 2009. - №1, С.5-8.

8. Семенова А. А., Веретов Л. А., Холодов Ф. В. / Влияние пищевых криопротекторов на мясное сырье // Мясные технологии. - 2009. - №8, с.46-49.

9. Холодов Ф. В. / Исследование особенностей пищевых добавок криопротекторного действия // Обеспечение качества и безопасности продукции агропромышленного комплекса в современных социально-экономических условиях. Сборник докладов 3-й конференции молодых ученых и специалистов институтов Отделения "Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции" Россельхозакадемии. - М.: ВНИИМП, 2009. - с.245-247.

10. Семенова А. А., Туниева Е. К., Холодов Ф. В./ Использование различных композиций криопротекторов для решения технологических задач // Принципы пищевой комбинаторики - основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов. Труды научно-практической конференции. - Углич, 2010. - с.241-244.

11. Семенова А. А., Туниева Е. К., Холодов Ф. В./ Исследование криопротекторных свойств трегалозы в мясе / // Научное и техническое обеспечение холодильной промышленности. Сборник научных трудов к 80-летию ВНИХИ. - М., 2010. - с.141-143.

12. Семенова А. А., Туниева Е. К., Холодов Ф. В./ Использование криопротекторов для нивелирования негативных последствий холодильной обработки мяса // Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы международной научно-практической конференции. - Волгоград, 2010. - Часть 2, с.125-127.

13. Семенова А. А., Туниева Е. К., Холодов Ф. В./ К обоснованию компонентов для комплексных пищевых добавок криопротекторного действия // Инновационные аспекты переработки мясного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания. - Материалы 13-й Международной научной конференции памяти В.М. Горбатова. - 2010. - с.73-75.

14. Семенова А. А., Туниева Е. К., Холодов Ф. В./ Криопротекторы или новые свойства "старых" пищевых добавок / //Мясная индустрия.- 2010.- №9, С.14-16

15. Семенова А. А., Холодов Ф. В / New possibilities to change temperature profile during frozen storage // 46. Kulmbacher Woche Kurzfassungen der Fachvortage – Kulmbach, Deuchland, 2011 – с. 13.