

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ
И БИОТЕХНОЛОГИИ

Лемеш Е.А.

Физико-химические и биохимические свойства мяса и мясных продуктов

Учебное пособие



БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ, 2016

УДК 637.52 (07)
ББК 36.92
Л 44

Лемеш Е.А. **Физико-химические и биохимические свойства мяса и мясных продуктов:** Учебное пособие. Брянск. Издательство Брянского ГАУ, 2016. – 132 с.

В учебном пособии рассматриваются особенности строения состава и свойств различных тканей мяса, основные процессы, происходящие в мясе и мясопродуктах под влиянием различных природных и технологических факторов, их влияние на свойства мясного сырья и изделий из мяса.

Предназначено для студентов по направлению 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения»

Рецензент: доктор биологических наук, профессор кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветсанэкспертизы Крапивина Е.В.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института ветеринарной медицины и биотехнологии Брянского государственного аграрного университета, протокол № 2 от 18 октября 2016 года.

© Брянский ГАУ, 2016
© Лемеш Е.А., 2016

Введение

Дисциплина «Физико-химические и биохимические свойства мяса и мясных продуктов» относится к циклу специальных дисциплин и является основополагающей при подготовке студентов по направлению подготовки 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения».

Основная цель дисциплины - формирование у студентов прочных знаний и умений управления физико-химическими и биохимическими процессами производства мяса и мясных продуктов.

В задачи дисциплины входит приобретение теоретических знаний химического состава, структуры и свойств компонентов мясного сырья, механизмов их превращения в процессе хранения и переработки, влияние различных факторов на скорость и глубину процессов, изучение основ рационального управления технологическими процессами, гарантированного получения продуктов высокого качества и заданных свойств.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении дисциплин, таких, как неорганическая химия, аналитическая химия, биология, анатомия и гистология сельскохозяйственных животных и др.

Учебная дисциплина «Физико-химические и биохимические свойства мяса и мясных продуктов» в структуре общеобразовательных программ входит в блок Б1.В. ДВ.01

Выпускник по направлению подготовки «Продукты питания животного происхождения» должен обладать следующими компетенциями: ОПК-2; ПК-6; ПК-9, ПК-11.

После изучения дисциплины студент должен **знать:**

- тканевый и химический состав мяса, механизмы биосинтеза и прижизненных функций;
- биохимическую характеристику мяса, роль ферментов в посмертных превращениях тканей;
- факторы, определяющие качество и свойства мяса;
- автолитические изменения, происходящие в мясе и их влияние на свойства мясного сырья и продуктов.

В практических условиях студенты должны **уметь**:

–проводить анализ физико-химических и биохимических процессов;

–владеть методами управления технологическими процессами для получения мясных продуктов с заданными свойствами и требуемого качества.

иметь представление:

–о биосинтезе и прижизненных функциях тканей;

–о концепции барьерной технологии пищевых продуктов, ее физико-химической и биохимической сущности.

Владеть:

–терминами и определениями дисциплины;

–методами анализа и оценки физико-химических и биохимических процессов;

–теоретическими знаниями об автолитических изменениях в мясе и их влиянии на свойства мясного сырья и продуктов;

–теоретическими знаниями механизмов микробиологических процессов и их влияние на свойства мясного сырья и продуктов;

–методологией управления технологическими процессами в получении мясных продуктов с заданными свойствами и качеством.

Раздел I. Ткани и органы сельскохозяйственных животных и птицы

Ткани - группа клеток, одинаковых по морфологическому строению, выполняющих специальную функцию и объединенных межклеточным веществом.

Ткани мяса можно классифицировать по их промышленному значению: мышечная, жировая, соединительная, хрящевая, костная и кровь.

Соотношение перечисленных тканей в составе мяса зависит от вида, породы, пола, характера откорма и упитанности животного, а так же от анатомического происхождения части туши. Соотношение тканей определяет химический состав, пищевую ценность и свойства мяса. Наиболее ценными в пищевом отношении являются мышечная и жировая ткани.

Сельскохозяйственные животные и птица являются источником сырья для производства мясопродуктов, кормов и медицинских препаратов.

Глава 1. Мышечная ткань

1. Морфологический состав и строение мышечной ткани
2. Химический состав мышечной ткани
3. Строение и свойства белков мышечной ткани
4. Небелковые компоненты мышечной ткани

1. Морфологический состав и строение мышечной ткани

Основным структурным элементом мышечной ткани является *мышечное волокно*, представляющее собой длинную многоядерную клетку. Диаметр волокна может быть от 10 до 100 мкм, длина зависит от длины мышцы.

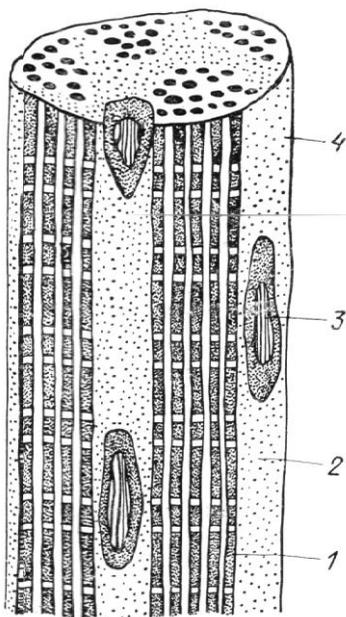


Рис. 1. Схема строения мышечного волокна:

- 1 - миофибриллы;
- 2 - саркоплазма;
- 3 - ядра;
- 4 - сарколемма

Поверхность мышечного волокна покрыта эластичной двухслойной оболочкой - *сарколеммой* (рис. 1). Внутри волокна по его длине расположены длинные нитеподобные образования - *миофибриллы* занимающие 60-65 % объема клетки. Они являются сократительными элементами мышечного волокна.

Внутри клетки расположены также *ядра*, *митохондрии*, *рибосомы*, *лизосомы* и другие органеллы. Все эти структурные элементы окружены *саркоплазмой* - по-лужидкой частью клетки, занимающей 35-40 % ее внутреннего объема.

Мышечные волокна разделены тончайшими прослойками соединительной ткани - *эндомизием*, который связан с сарколеммой. Группа мышечных волокон образует первичный мышечный пучок, окруженный соединительнотканной оболочкой - внутренним *перимизием*. Первичные пучки объединяются в пучки вторичные, третичные, которые в совокупности образуют мышцу (мускул).

Мышца также окружена оболочкой - *эпимизием* или *фасцией*. Мышцы можно отделять друг от друга по фасциям.

Содержание в мясе этих соединительнотканых образований имеет важное значение для его консистенции. В перимизии и эпимизии мышц упитанных животных находятся жировые клетки, образующие «мраморность» на разрезе мяса.

2. Химический состав мышечной ткани

Химический состав мышечной ткани очень сложен и изменяется под влиянием различных факторов. Средний химический состав хорошо отпрепарированной мышечной ткани составляет: воды - 70-75 % от массы ткани; белков - 18-22 %; липидов - 0,5-3,5 %; азотистых экстрактивных веществ - 1,0-1,7 %; безазотистых экстрактивных веществ - 0,7-1,4 %; минеральных веществ - 1,0-1,5 %.

Около 80 % сухого остатка мышечной ткани составляют белки, свойства которых в значительной степени определяют свойства этой ткани.

3. Строение и свойства белков мышечной ткани

Белки мышечной ткани разнообразны по аминокислотному составу, строению и свойствам. По форме белковых молекул и отношению к растворителям их делят на три группы: саркоплазматические, миофибрилярные и белки стромы.

Саркоплазматические белки: миоген, глобулин X, миоальбумин, миоглобин, кальмодулин. На их долю приходится около 40 % мышечных белков. Они имеют глобулярное строение, извлекаются из мяса путем экстракции водой.

Миоген. Его характеристика:

- группа белков, выполняющих ферментативные функции;
- составляет около 20% от суммы мышечных белков;
- по физико-химическим свойствам - альбумин;
- хорошо растворяется в воде;
- изоэлектрическая точка $pH=6,0-6,6$;
- температура денатурации $55-66\text{ }^{\circ}C$;
- полноценный белок.

Глобулин X. Его характеристика:

- смесь белков с ферментативными функциями;
- составляет около 20 % от суммы мышечных белков;
- по физико-химическим свойствам - псевдоглобулин;
- из мяса экстрагируется водой;
- изоэлектрическая точка $pH=5,2$;
- температура денатурации $50\text{ }^{\circ}C$;
- полноценный белок.

Миоальбумин. Его характеристика.

- составляет 1-2 % от суммы белков мышечной ткани;
- по физико-химическим свойствам - альбумин;
- хорошо растворяется в воде;
- изоэлектрическая точка $pH=3,0-3,5$;
- температура денатурации $45-47\text{ }^{\circ}C$;
- полноценный белок.

Миоглобин. Его характеристика:

- составляет 0,5-1 % от суммы белков мышечной ткани;
- пигмент мышечной ткани;
- сложный белок хромопротеид;
- растворим в воде;
- изоэлектрическая точка $pH=7,0$;
- температура денатурации $60-70^{\circ}C$;
- полноценный белок.

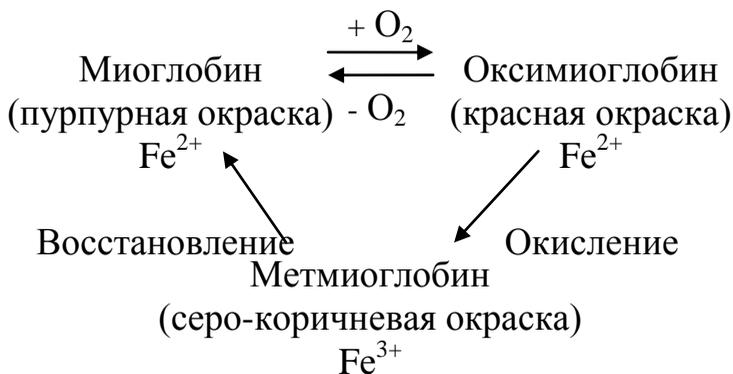
Миоглобин играет важную роль в формировании окраски мяса и мясопродуктов. Миоглобин построен из белковой части - *глобина* (94 %) и простетической - *гема* (6 %). Основой гема является *протопорфирин*, построенный из 4-х пирольных колец, объединенных в молекулы кольцевой формы. Центральное ме-

сто в молекуле гема занимает атом железа, имеющий 6 координационных связей: одну - с молекулой глوبيна, четыре - с атомами азота пирольных колец, шестая связь участвует в образовании комплексов миоглобина с различными соединениями (O_2 , H_2O , NO , CO и др.).

Цвет миоглобина определяется окраской гема, который зависит от валентности железа. У нативного миоглобина железо в геме двухвалентное, белок окрашен в красный цвет. Окисление железа до трехвалентного сопровождается изменением окраски гема с образованием серо-коричневых оттенков разной интенсивности.

Миоглобин способен обратимо связывать кислород без окисления гема (прижизненная функция миоглобина). Эта форма белка носит название - *оксимиоглобин*. Длительное воздействие кислорода и других окислителей приводит к окислению миоглобина с образованием формы пигмента - *метмиоглобина*, имеющего серо-коричневую окраску.

Метмиоглобин может быть вновь восстановлен в миоглобин. Процесс восстановления представлен на рисунке.



Количественное соотношение этих трех форм белка: нативного миоглобина (Mb), оксимиоглобина (MbO_2) и метмиоглобина ($MetMb$) определяет цвет мяса. Установлено, что при содержании $MetMb$ больше 50 % от общего количества Mb в мясе цвет его становится серо-коричневым.

Содержание миоглобина в мышечной ткани зависит от вида мяса, анатомического происхождения мышц, что объясняется различиями в интенсивности их прижизненной физической нагрузки.

Таким образом, цвет мяса и его интенсивность зависят от концентрации миоглобина в мышечной ткани и от количественно-го соотношения различных форм этого белка. Так как окраска мяса может изменяться под влиянием различных факторов, для ее стабилизации используют специальные технологические приемы.

Кальмодулин - белок, обратимо связывающий ионы кальция; влияет на процесс мышечного сокращения, изменение консистенции мяса при его хранении.

Саркоплазматические белки мышечной ткани. Характеристика:

- составляют около 40 % от суммы мышечных белков;
- полноценные;
- хорошо растворимы в воде, обладают высокой водосвязывающей способностью;
- количество и состояние миоглобина определяет окраску мяса;
- денатурируют в интервале температур от 45 до 70 °С.

Миофибриллярные белки (сократительные, контрактильные): миозин, актин, актомиозин, тропомиозин, тропонин, десмин и др. По строению - это нитевидные, волокнистые белки, которые значительно хуже извлекаются из ткани, чем саркоплазматические. Растворяются в солевых растворах высокой ионной силы (например, 0,6М KCl).

Миозин. Его характеристика:

- составляет около 40 % от суммы мышечных белков и количественно преобладает в мышечной ткани;
- обладает ферментативными свойствами (АТФазная активность);
- выделяется из мышечной ткани солевыми растворами, при диализе экстракта осаждается;
- изоэлектрическая точка $pH=5,4$;
- температура денатурации 45-50 °С;
- полноценный белок;

- высокая способность к гидратации за счет наличия в молекуле большого количества полярных групп;
- высокая гелеобразующая и эмульгирующая способности;
- способен взаимодействовать с актином, образуя актомиозин.

Молекула миозина построена из двух белковых цепочек, образующих «двойную спираль», так называемый «хвост» молекулы. Продолжением молекулы являются несколько коротких полипептидных цепочек, создающих глобулярную «голову» молекулы (рис. 2).

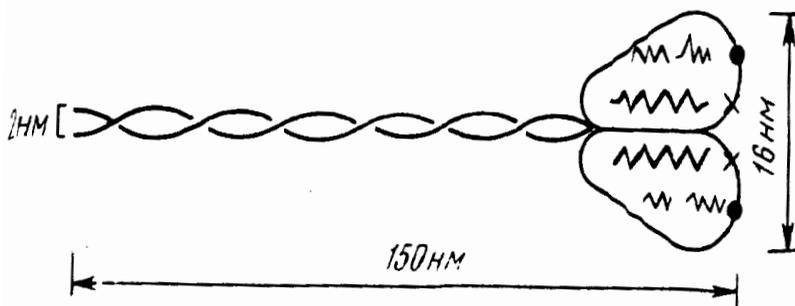
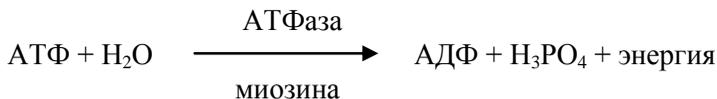


Рис. 2. Строение молекулы миозина

Соединяясь «хвост к хвосту», молекулы миозина образуют толстые нити (А-диски) миофибрилл.

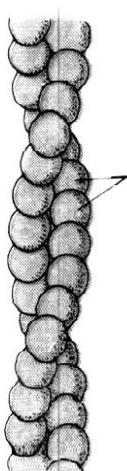
Важнейшим свойством миозина является его способность катализировать расщепление АТФ:



Выделяемая энергия (33,5 кДж/моль) расходуется для мышечного сокращения. АТФазная активность миозина характерна для «головы» молекулы.

Актин. Его характеристика:

- составляет около 15 % от суммы мышечных белков;
- трудно извлекается из мяса;
- изоэлектрическая точка $pH=4,7$;
- температура денатурации около $50-55\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- полноценный белок;
- способен взаимодействовать с миозином, образуя актомиозин.



Молекулы
G-актина

Рис. 3. Схема
строения F-актина

Актин обладает свойством существовать в двух формах: глобулярной (G-актин) с молекулярной массой 46000 и фибриллярной (F-актин) с молекулярной массой 1500000. Обе формы могут переходить друг в друга, причем F-актин является полимеризованным, нитевидным производным G-актина с двухспиральной структурой. Каждая спираль состоит из 200-300 глобул G-актина (рис. 3). Этот переход осуществляется под влиянием критических концентраций ионов кальция и магния.

Установлено, что из F-актина построены тонкие нити миофибрилл (I-диски).

Актомиозин - это сложный комплекс, состоящий из белков актина (1/3) и миозина (2/3). При образовании актомиозина молекулы миозина прикрепляются своими «головами» к глобулам двойной спирали актина, а «хвост» располагается в виде спирали вдоль оси актомиозина.

В зависимости от физиологического состояния мышц

миозин может находиться или в комплексе с актином, или в диссоциированном состоянии.

В присутствии АТФ и в зависимости от ее концентрации актомиозин частично или полностью диссоциирует на актин и миозин. Это явление тесно связано с сокращением и посмертным окоченением мышц.

Актомиозин растворим в растворах солей высокой концентрации. Температура денатурации белка 42-48 °С.

Тропомиозин, тропонин, десмин - белки, участвующие в построении миофибрилл. Кроме тропомиозина (нет триптофана) - все полноценные. Составляют около 2,5-3,0 % от массы мышечных белков.

Миофибриллярные белки мышечной ткани. Характеристика:

- количественно преобладают среди мышечных белков (50-55 %);
- все (кроме тропомиозина) полноценные;
- участвуют в построении сократительных элементов мышечного волокна (миофибрилл), в акте сокращения-расслабления мышц;
- в зависимости от состояния определяют консистенцию мяса;
- солерастворимы;
- обладают высокими функциональными свойствами (водосвязывающей, гелеобразующей, эмульгирующей способностями)

Белки ядер. Ядра мышечных волокон построены в основном из сложных белков-дезоксирибонуклеопротеинов (ДНП), небелковая часть которых представлена ДНК. Белковыми компонентами нуклеопротеинов являются гистоны, имеющие щелочной характер из-за преобладания в составе их молекул диаминокислот (аргинина и лизина). В молекулах гистонов не обнаружен триптофан.

Помимо нуклеопротеинов, в ядрах содержится «кислый белок» (около 30-50% сухого вещества ядер). Белок растворим в щелочах и переходит в изоэлектрическое состояние при рН 5,0. Кислый белок по физико-химическим свойствам близок к глобулинам. В отличие от гистонов в молекуле «кислого белка» содержится триптофан до 2,5%. После удаления нуклеопротеинов и кислого белка в ядрах остается желеобразная масса –

«остаточный белок», около 4-10%, по свойствам и аминокислотному составу похожий на коллаген.

Таким образом ядра включают три белковые фракции: нуклеопротеиды, кислый и остаточный белок.

Белки стромы. Эти белки входят в состав сарколеммы, соединительнотканых оболочек, участвующих в построении мышц (эндомизий, перимизий, эпимизий). Основными белками стромы являются *коллаген и эластин*. В межклеточном веществе мышечной ткани содержатся муцины и мукоиды - сложные белки гликопротеиды. К белкам стромы относят также нейрокератины и липопротеиды.

Содержание соединительнотканых белков в составе мышечной ткани зависит от вида, возраста, породы, пола, категории упитанности животного, анатомического происхождения части туши.

От их количества зависит качество мяса: пищевая, биологическая ценность, органолептические свойства (в частности жесткость).

Белки стромы. Характеристика:

- составляют около 5 % от массы мышечных белков;
- влияют на показатели пищевой ценности мышечной ткани.

4. Небелковые компоненты мышечной ткани

Липиды. Содержание липидов в мышечной ткани зависит от вида, возраста, пола, упитанности животного. Часть липидов, в основном фосфолипиды, является пластическим материалом и входит в структурные элементы мышечного волокна (клеточные мембраны и др.). Другая часть липидов, в основном, триглицериды, играет роль резервного энергетического материала и содержится в саркоплазме, в межклеточной соединительной ткани, между пучками мышц (в перимизии) и между отдельными мускулами (в эпимизии).

Экстрактивные вещества. К экстрактивным веществам, подразделяемым на азотистые и безазотистые, относятся вещества, извлекаемые (экстрагируемые) из мышечной ткани водой.

К азотистым экстрактивным веществам относятся азотистые основания: креатин, карнозин, ансерин, аденин, гипоксан-

тин и др.; свободные аминокислоты; мочевины; аммонийные соли; АТФ, АДФ, АМФ, креатинфосфат и др. Несмотря на небольшое относительное содержание азотистых экстрактивных веществ (1-1,7 %), их роль в формировании качества мяса значительна, так как они являются предшественниками вкуса и аромата мяса и, видоизменяясь при нагреве, образуют ароматические и вкусовые вещества.

К *безазотистым* экстрактивным веществам относятся *гликоген* и продукты его фосфоролиза (молочная, пировиноградная кислоты и другие соединения) и амилолиза (декстрины, мальтоза, глюкоза). Количество гликогена в мышечной ткани невелико (около 1 %) и зависит от двигательной прижизненной активности мышц. Соответственно количеству гликогена изменяется и содержание в мышцах продуктов его превращения в ходе автолиза, в частности органических кислот, от количества которых зависит величина рН мяса, влияющая на состояние и свойства основных мышечных белков.

Витамины мышечной ткани, в основном, представлены водорастворимыми витаминами: В₁, В₂, В₃, В₆, РР, В₁₂ и др. По количественному содержанию мышечная ткань является важным источником витаминов группы В.

Минеральные вещества. Их содержание в мышечной ткани достигает 1,5 %. Среди них в наибольших количествах присутствуют калий, натрий, магний, кальций, железо, цинк, фосфор, сера, хлор. В мышечной ткани имеются также микроэлементы: медь, марганец, кобальт, молибден и др.

Мышечная ткань является наиболее ценной тканью мяса, она в значительной степени определяет его качество, пищевую, биологическую ценность, органолептические и технологические свойства.

Пищевая ценность мышечной ткани определяется, прежде всего, содержанием белков, липидов, витаминов группы В, микро- и макроэлементов.

Биологическая ценность мышечной ткани определяется полноценностью и высокой усвояемостью мышечных белков.

Мышечная ткань играет важнейшую роль в формировании органолептических показателей качества мяса и изделий из него.

Характеристика мышечной ткани:

- от содержания и состояния мышечного белка миоглобина зависит цвет мяса;
- от качественного и количественного состава экстрактивных веществ мышечной ткани в значительной степени зависят вкус и запах мяса;
- количественное содержание внутримышечной соединительной ткани и состояние белков актомиозинового комплекса существенно влияют на *консистенцию* мяса;
- мышечная ткань является основным функциональным компонентом мясного сырья, так как мышечные белки определяют важнейшие *функционально-технологические свойства* мясных систем: водосвязывающую, гелеобразующую, эмульгирующую способности.

Вопросы для самопроверки:

1. Морфологический и химический состав.
2. Охарактеризуйте клеточные структуры мышечного волокна.
3. Белки мышечной ткани, их локализация, свойства.
4. Какова роль миоглобина в цветообразовании сырья и мясных продуктов?
5. Небелковые компоненты, их биохимическое и технологическое значение.
6. Перечислите азотистые экстрактивные вещества мышечной ткани. Какова их роль в формировании органолептических свойств?
7. Биологические функции мышечной ткани. Пищевая и биологическая ценность мышечной ткани.

Глава 2. Соединительная ткань

1. Разновидности соединительной ткани
2. Особенности строения и состава собственно соединительной ткани
3. Строение и свойства белков соединительной ткани
4. Пищевая и промышленная ценность соединительной ткани

1. Разновидности соединительной ткани

Соединительная ткань очень распространена в животных организмах и все ее разновидности составляют около 50 % массы туши животного.

Соединительная ткань выполняет различные прижизненные биологические функции: участвует в построении разнообразных тканей и органов животного и его скелета, объединяет отдельные части организма, участвует в передаче механических усилий, играет защитную роль и роль запасного депо жировых веществ.

Функциональное назначение определяет существенные различия в строении и свойствах соединительной ткани, с учетом которых ее подразделяют на *собственно соединительную, хрящевую и костную*.

Несмотря на некоторые морфологические различия, все виды соединительной ткани представляют собой систему, состоящую из *аморфного основного* (межклеточного) *вещества, волокон и клеток* (рис. 4).

Особенности свойств разновидностей соединительной ткани формируются в зависимости от состояния основного вещества. У собственно соединительной ткани оно полужидкое, слизеподобное. У хрящевой ткани основное вещество более плотное, эластичное. У костной ткани - оно весьма плотное и прочное за счет накопления минеральных веществ.

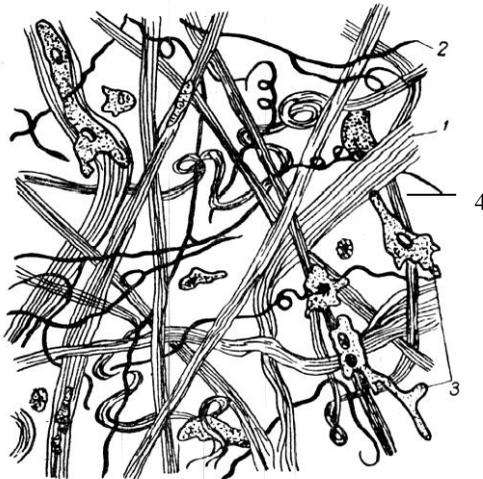


Рис. 4. Соединительная ткань:

- 1 - коллагеновые волокна; 2 - эластиновые волокна;
3 - клетка; 4 - основное вещество

Располагаемые в межклеточном веществе волокна могут быть трех видов и различаются по строению и свойствам: (преимущественно *коллагеновые* лентовидной формы), *Эластиновые* (нитевидной формы) и *ретикулиновые*.

2. Особенности строения и состава собственно соединительной ткани

В зависимости от количественного соотношения морфологических элементов различают разновидности собственно соединительной ткани: *плотную*, *эластическую*, *рыхлую* и *слизистую*.

Плотная соединительная ткань содержит преимущественно коллагеновые волокна. Она образует сухожилия, связки, оболочки мускулов и внутренних органов, входит в состав кожи.

В *эластической* ткани преобладают эластиновые волокна. Эта ткань входит в выйную связку, желтую фасцию живота, стенки крупных кровеносных сосудов.

Рыхлая соединительная ткань содержит много клеточных элементов. Она главным образом, связывает другие ткани и мышцы между собой, а также кожу с поверхностной фасцией. К разновидности рыхлой соединительной ткани относят *жировую* (см. тему 5) и ретикулярную. В ретикулярной ткани ретикулиновые волокна образуют густую сеточку, пронизывающую основное вещество. Ретикулярная ткань образует строму кроветворных органов: костного мозга, лимфатических узлов, селезенки.

Из слизистой ткани построены слизистые оболочки внутренних органов.

В слизистой соединительной ткани довольно много сложных белков: муцинов и мукоидов.

Химический состав различных видов собственно соединительной ткани не одинаков (табл. 1).

В соединительной ткани воды значительно меньше, чем в мышечной. В сухом остатке преобладают белки коллаген и эластин, относящиеся к группе склеропротеинов. Их содержание варьирует от вида соединительной ткани.

В соединительной ткани в меньшем количестве содержатся другие белки: ретикулин, муцины, мукоиды, альбумины, глобулины, нуклеопротеиды и т.п.

Таблица 1

Химический состав соединительной ткани	Содержание составных частей, %	
	Плотная ткань (сухожилия)	Эластическая ткань (выйная связка)
Вода	62,9	57,6
Липиды	1,0	1,1
Белки:		
-коллаген	31,6	7,5
-эластин	1,6	31,7
-прочие	1,5	1,1
Экстрактивные вещества	0,9	0,8
Неорганические вещества	0,5	0,5

Учитывая особенности химического состава можно отметить, что свойства, пищевая и промышленная ценность собственно соединительной ткани будут определяться свойствами и количественным соотношением белков коллагена и эластина.

3. Строение и свойства белков соединительной ткани

Коллаген (греч. colla - клей, gennaо - порождаю) - самый распространенный белок. На его долю приходится около 30 % всей массы белков животного организма. При этом содержание его в разных частях туши существенно отличается: в скелетных мышцах - 1-2 %, в сухожилиях - 25-35 %, в кости - 10-20 %, в хрящах - 10-15 %, в коже - 15-25 %, в стенках сосудов - 5-12 %, в почках - 0,4-1 %, в мозге - 0,2-0,4 % от массы сырья.

Коллаген является фибриллярным белком, для которого характерна удлинённая форма молекулы.

Для коллагена характерны 4 уровня структурной организации молекулы.

Первичная структура молекулы коллагена - полипептидная цепочка - построена примерно из 1000 аминокислотных остатков. От других белков коллаген отличается повышенным содержанием азота, отсутствием в нем триптофана, цистина; малым содержанием тирозина и метионина; большим количеством заменимых аминокислот *пролина* и *оксипролина*, характерных для белков соединительной ткани. По содержанию оксипролина можно судить о количестве белков соединительной ткани в составе мяса.

По аминокислотному составу коллаген является *неполноценным* белком.

Вторичная структура коллагена в отличие от других фибриллярных белков не имеет вид α -спирали, а представляет собой ломаную спираль, что объясняется особенностями первичной структуры молекулы.

Третичная структура молекулы коллагена представляет собой трехцепочечную спираль, называемую *тропоколлагеном*. Эта субъединица построена из трех полипептидных цепей, плотно скрученных в виде трехжильного каната и соединенных, кроме того, поперечными водородными и ковалентными связями.

Четвертичная структура. В результате агрегации молекул тропоколлагена в продольном и поперечном направлениях происходит формирование надмолекулярной структуры коллагена - *протофибрилл*, представляющих собой тончайшие волокна, обладающие поперечной исчерченностью.

Протофибриллы объединяются в фибриллы, более крупные единицы, из которых формируются коллагеновые волокна.

В построении коллагена участвуют глюкоза и различные мукополисахариды (сложные углеводы), выполняющие роль веществ, стабилизирующих структуру белка.

Строение коллагена определяет его природные свойства. Фибриллы коллагена лишь *слегка растяжимы и очень прочны*. Они могут выдерживать нагрузку, вес которой в 10^4 раз превышает их собственный. По прочности они превосходят стальную проволоку равного поперечного сечения. Функция коллагена в тканях мяса является чисто структурной и осуществляется, в основном благодаря исключительной механической прочности волокон, поэтому соединительная ткань, органически входящая в состав мяса, увеличивает его жесткость.

Нативный коллаген нерастворим в воде, но *набухает* в ней и водных раствора кислот и щелочей с увеличением массы в 1,5-2 раза. Способность коллагена к набуханию широко используется в промышленной практике переработки коллагенсодержащего сырья.

Коллаген медленно переваривается пепсином и почти не переваривается трипсином, но разрушается коллагеназой и некоторыми растительными ферментами. Неполноценность коллагена и низкая перевариваемость белка определяют более низкую биологическую ценность плотной соединительной ткани по сравнению с мышечной.

Коллаген поддается *дублению* альдегидами, компонентами копильного дыма и другими веществами. После дубления он становится более прочным, водостойким, труднодоступным для микробных ферментов.

Очень важны последствия нагрева коллагена в присутствии воды.

При умеренном тепловом нагреве (до 58-62 °С) происходит *сваривание* коллагена. При сваривании ослабевает и разрывается часть водородных связей, удерживающих полипептидные цепи в структуре коллагена, разрыхляется структура тропоколлагена. Сваривание коллагена подобно денатурации растворимых белков. При сваривании коллагеновые волокна укорачива-

ются, утолщаются. Растет гидратация белка, доступность действию протеаз.

При дальнейшем осторожном нагреве происходит *гидротермический распад* коллагена за счет разрушения большинства поперечных связей в структуре коллагена без заметного нарушения пептидных связей. При этом коллаген переходит в водорастворимый продукт - *глютин* (желатин). Скорость перехода коллагена в глютин зависит от вида сырья, условий его предварительной обработки и нагрева. Процесс превращения коллагена в глютин называют *пептизацией*. Набухший коллаген разваривается значительно быстрее, более полно и при менее высокой температуре, что используется при получении желатина высокого качества.

Одновременно с пептизацией коллагена начинается гидролиз образующегося глютина. Продукты распада обычно называют *глутозами* или *желатозами*. При температурах, близких к температуре сваривания коллагена, скорость образования глютина превышает скорость его гидролиза, поэтому разрушение структуры коллагена происходит с преимущественным образованием глютина. С повышением температуры возрастает скорость гидролиза глютина относительно скорости его образования. В продуктах распада возрастает количество желатоз. Чем выше температура и дольше нагрев, тем больше образуется низкомолекулярных продуктов гидротермического распада коллагена.

Важнейшим свойством глютина является способность образовывать *гели* (студни). Растворы желатина образуют гель при низкой концентрации (1 %). При кипячении в воде или в кислой среде желатин быстро гидролизуетеся и теряет способность к гелеобразованию.

При тепловой обработке мяса изменения коллагена, вызываемые нагревом, играют положительную роль, так как повышается усвояемость коллагена, уменьшается прочность соединительной ткани, и значит улучшается консистенция мяса, и оно доводится до «кулинарной готовности».

Коллагенсодержащее сырьё, например свиную шкуру, можно использовать в колбасном производстве. Из свиной шкуры в зависимости от вариантов её предварительной обработки могут быть получены эмульсии с заданными свойствами (высо-

кая ВСС, эластично-пластические свойства) или белковые стабилизаторы. Модифицированное коллагенсодержащее сырье можно вводить в рецептуры вареных колбас I и II сорта взамен основного сырья или комплексно использовать с соевым изолятом. Это даёт возможность расширить технологические возможности использования дополнительных источников белкового сырья и снизить себестоимость продукции.

Эластин менее распространен в животных организмах, чем коллаген. Является фибриллярным белком, по ряду свойств напоминает коллаген, но по некоторым свойствам от него отличается.

По аминокислотному составу эластин сходен с коллагеном, - в нем содержатся оксипролин, пролин, гликокол. Имеются специфические аминокислоты, отсутствующие в других белках, - десмозин и изодесмозин, - построенные из остатков лизина и образующие поперечные ковалентные связи между полипептидными цепочками эластина.

Эластин является неполноценным белком вследствие отсутствия триптофана и метионина.

Благодаря особенностям строения полипептидной спирали эластин хорошо растяжим. Длина эластиновых волокон в отличие от коллагеновых может увеличиваться вдвое и после снятия нагрузки возвращается к первоначальной.

Эластин очень устойчив к действию химических реагентов, пищеварительных ферментов. Гидролизуетс я фицином, папаином, эластазой - ферментным препаратом из поджелудочной железы.

Эластин нерастворим в воде и в отличие от коллагена не набухает в ней. При варке не образует глютин и не поддается действию пепсина и трипсина, т.е. практически не усваивается организмом.

Ретикулин входит в состав ретикулиновых волокон соединительной ткани - самых малочисленных в организме животного. Ретикулин является неполноценным белком и практически не усваивается организмом.

Муцины и мукоиды - сложные белки (глюкопротеиды) - имеются в соединительной ткани в небольшом количестве. В качестве простетической группы у этих белков встречаются сложные углеводы - мукополисахариды. Муцины и мукоиды входят в состав основного (межклеточного) вещества соедини-

тельной ткани и образуют комплексы для удерживания фибриллярных и клеточных элементов в определенном структурном взаиморасположении.

Муцины и мукоиды извлекаются из тканей щелочными растворами, т. к. имеют кислый характер.

Они дают характерные цветные реакции на белки, но не свертываются при нагревании.

В соединительной ткани встречаются альбумины и глобулины, главным образом, в клетках.

4. Пищевая и промышленная ценность соединительной ткани

Пищевая ценность соединительнотканного сырья определяется химическим составом, высоким значением массовой доли белков. С позиции полноценности белки этих тканей не сбалансированы по аминокислотному составу, не содержат триптофан, цистин. Снижает биологическую ценность малая активность пищеварительных ферментов к расщеплению коллагена, эластина, ретикулина.

Таким образом, с точки зрения классической концепции сбалансированного питания повышение массовой доли соединительной ткани в мясе и мясных изделиях снижает биологическую ценность белковой системы и играет роль отрицательного критерия качества мяса и мясных изделий.

С появлением концепции адекватного питания роль белков соединительной ткани в формировании качества мяса пересмотрена. Научно доказано сходство физиологической роли непереваренных элементов соединительной ткани и балластных веществ, необходимых организму для нормального функционирования. В ходе научных исследований установлено, что повышение удельного веса коллагена до 25-30 % от массы белков не приводит к ухудшению полноценности белковой системы мясного сырья, а при уровне 15-20 % улучшает ее качественные характеристики.

Благодаря способности коллагена к гидротермическому распаду, коллагенсодержащее сырье традиционно применяют для изготовления ливерных, застудневающих мясных продуктов (зельцев, студней), для производства желатина, клея, кормовой муки.

Область применения коллагенсодержащего сырья для изготовления мясных продуктов постоянно расширяется благодаря использованию различных способов его предварительной технологической обработки и целенаправленной комбинации белкового сырья в рецептурах изделий. В итоге реализуется возможность получения мясных продуктов разных ассортиментных групп с высокой пищевой и биологической ценностью.

Соединительнотканное сырье с высоким содержанием эластина используют для производства кормовой продукции.

Вопросы для самопроверки:

1. В чём заключаются морфологические особенности соединительных тканей.
2. Назовите разновидности соединительной ткани и дайте их характеристику.
3. Строение и состав плотной и эластической соединительной ткани.
4. Белки соединительной ткани, особенности состава, строения и свойств.
5. Каковы принципы технологического использования коллагенсодержащего сырья?
6. Промышленно значимые источники ткани, их пищевая ценность и направления использования.

Глава 3. Костная и хрящевая ткани мяса

1. Строение костной ткани и кости
2. Химический состав и свойства костной ткани и кости
3. Пищевая и промышленная ценность кости
4. Особенности строения, состава и свойств хрящевой ткани

1. Строение костной ткани и кости

По морфологическому составу *костная ткань* является одной из разновидностей соединительной ткани, причем наиболее сложной из них. Костная ткань отличается сильно развитым межклеточным (основным) веществом, в состав которого входит органическая часть, пропитанная минеральными солями, что определяет высокую плотность и твердость костной ткани. В основном веществе расположены костные клетки - остециты, коллагеновые волокна, проходят кровеносные сосуды.

Костная ткань наряду с *надкостницей* и *костным мозгом* входит в состав костей скелета сельскохозяйственных животных, птицы, и выполняет основную опорную функцию в организме.

В кости различают наружный слой, состоящий из *плотного* вещества, и внутренний, менее плотный, состоящий из *губчатого* вещества. Количественное соотношение этих слоев различно для разных видов кости.

Плотное и губчатое вещества построены из окостеневших пластинок, образованных пучками коллагеновых волокон. В плотном веществе пластины расположены упорядоченно, плотно спрессованы; в губчатом - менее упорядоченно и образуют мельчайшие поры (типа губки), в которых находится костный мозг. Плотное вещество костной ткани содержит больше коллагеновых волокон, чем губчатое.

По строению, форме, составу кости скелета делят на три группы: *трубчатые* кости (кости конечностей), *паспортная* кость (плоские кости: лопатки, ребра и др.), *рядовая* кость (кости сложного профиля: позвонки, кулаки трубчатой кости и др.).

Средняя часть трубчатой кости - *трубка* или *диафиз*, состоящая в основном из плотного вещества, заполнена *желтым* костным мозгом. Диафиз обладает высокой прочностью и упру-

гостью. *Кулаки* или *эпифизы* образованы, в основном, губчатой тканью, заполненной *красным* костным мозгом, и лишь на поверхности состоят из плотной ткани.

Паспортная кость состоит, главным образом, из плотной ткани. Внутри имеется небольшой слой губчатой ткани, заполненный красным костным мозгом.

Рядовая кость построена сходно с эпифизами.

2. Химический состав и свойства костной ткани и кости

В костной ткани содержится 20-25 % воды, 75-80 % сухого остатка, в том числе 30 % белков и 45 % неорганических соединений. Основной белок костной ткани - коллаген - составляет около 93 % всех белков ткани и входит в структуру *оссеина*.

При обработке костной ткани кислотами происходит так называемая *мацерация* (размягчение) за счет растворения минеральных веществ, оставшееся мягкая, эластичная органическая часть называется оссеином.

Минеральные вещества костной ткани составляют около $\frac{1}{2}$ массы или $\frac{1}{4}$ объема ткани.

После прокаливания в кости остаются только минеральные вещества. Кость сохраняет свою форму, но лишенная органических веществ, становится хрупкой, растирается в порошок. Минеральные вещества костной ткани представлены, главным образом, кальциевыми солями угольной (около 85 %) и фосфорной (около 10 %) кислот.

Основой костного мозга является сетчатая (ретикулярная) ткань, в петлях которой расположены клеточные элементы - кровяные, жировые клетки.

При небольшом количестве жировых клеток костный мозг окрашен в красный цвет, а при их большом содержании он приобретает желтый оттенок. Оба вида мозга различаются по химическому составу (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав костного мозга

Состав, %	Красный костный мозг	Желтый костный мозг
Вода	67,4	14,7
Липиды	17,9	98,5
Белки	11,6	1,5
Минеральные вещества	3,0	0,17

Более 90 % массовой доли липидов костного мозга приходится на жиры. В составе жиров преобладает олеиновая, стеариновая и пальмитиновая кислоты.

Химический состав кости зависит от многих факторов: вида скота, его упитанности, пола, возраста, анатомического происхождения кости. Данные о химическом составе говяжьей кости приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав говяжьей кости

Вид кости	Массовая доля, %			
	влаги	жира	белка	зола
Трубчатая	15-23	13-24	17-23	40-50
Кулаки	17-32	18-33	14-21	28-36
Позвонки	30-41	13-20	14-23	20-30
Ребра	28-31	10-11	19-22	36-40

Из табл. 3 видно, что химический состав кости существенно зависит от ее строения. В трубчатой и рядовой кости больше жира, чем в паспортной. Это связано с наличием в трубке желтого костного мозга и более развитым губчатым слоем, пропитанным красным мозгом, у рядовой кости.

Более высоким содержанием белка и минеральных веществ отличаются кости, в костной ткани которых преобладает плотное вещество, более богатое коллагеном, чем губчатое. Это трубчатая и паспортная кости.

3. Пищевая и промышленная ценность кости

Химический состав и свойства кости определяют ее пищевое и промышленное значения.

Пищевая ценность кости определяется наличием в ней жира и белка. При этом основной белок кости - коллаген является неполноценным белком. Пищевая ценность кости значительно ниже, поэтому увеличение количества в составе мяса ее относительного содержания ухудшает качество мяса.

Большая часть жира может быть выделена из кости путем варки ее в воде или другим способом. Коллаген кости также может быть извлечен горячей водой в виде продуктов его гидро-термического распада - желатинов и желатоз.

Для пищевых целей кость используется:

- как составная часть мяса мясных полуфабрикатов;
- для производства пищевого топленого костного жира (трубчатая, рядовая);
- производства пищевого желатина (паспортная, трубчатая);
- получения пищевых бульонов.

Перспективным направлением использования кости на пищевые цели следует признать получение мясной пасты, которая может применяться для изготовления мясопродуктов. Пищевая ценность такой пасты определяется наличием большого количества минеральных веществ, прежде всего кальция, в биологически доступной форме, что важно при производстве лечебно-профилактических мясных продуктов. Для получения подобных паст необходимо обеспечить тонкое измельчение кости.

Диафиз трубчатой кости является прекрасным сырьем для поделочных изделий. Из кости производят также технический желатин, клей, кормовую муку.

Выход кости, получаемой при переработке мясных туш, зависит от вида, породы, пола, возраста, упитанности животного.

4. Особенности строения, состава и свойств хрящевой ткани

Хрящевая ткань является одним из компонентов скелета. Она состоит из сильно развитого межклеточного (основного) плотного вещества, в котором встречаются клетки, волокна, ка-

пельки жира и глыбки гликогена.

В зависимости от выполняемых прижизненных функций хрящи имеют различное строение. Различают хрящи *гиалиновый* (стекловидный), *волокнистый* (соединительнотканый) и *эластический*.

Гиалиновый хрящ (трахея, суставные поверхности костей) - полупрозрачное вещество молочно-белого цвета.

В составе эластического хряща (ушная раковина) много эластиновых волокон, а в волокнистом хряще (встречается в месте перехода сухожилий в гиалиновый хрящ) содержатся пучки коллагеновых волокон.

В хрящевой ткани воды больше, а минеральных веществ меньше, чем в костной ткани, что видно из приведенных ниже данных.

Вода	40-70 %
Минеральные вещества	2-10 %
Белки	17-20 %
Жиры	3-5 %
Гликоген и мукополисахариды	1 %

Пищевая ценность хрящевой ткани определяется, прежде всего, содержанием белка (коллаген, эластин, и др.). Находясь в составе мяса, хрящевая ткань снижает его пищевую ценность.

Хрящевая ткань используется в пищевых целях как часть мяса, для выработки клея, желатина, кормовой муки.

Высокое содержание в хрящевой ткани мукополисахаридов и мукопротеидов не позволяет получать из нее желатин и клей высокого качества.

Вопросы для самопроверки:

1. Строение, состав и свойства костной и хрящевой тканей, их функциональное значение.
2. Какие особенности имеет химический состав костной ткани?
3. Белки тканей. Пищевая ценность.
4. Строение, состав и классификация кости.
5. Направления промышленного использования.

Глава 4. Покровная ткань и ее производные

1. Строение, состав и свойства
2. Направления использования

1. Строение, состав и свойства

Покровная ткань - кожа (шкура) - наружная оболочка тела животного, покрытая у млекопитающих волосом, у птиц - перьями. Кожный покров выполняет при жизни животного защитную функцию, функции органа выделения и органа осязания.

В коже имеются потовые, сальные железы и волосяные луковицы.

К производным покровной ткани относят роговые образования: волос, шерсть, щетину, перо, пух, рога, копыта, когти и т.п.

Собственно кожа (шкура) состоит из трех слоев: наружного - *эпидермиса* (1-2 % от толщины шкуры); среднего - *дермы* (более 80 % толщины шкуры); нижнего - *подкожной клетчатки* (около 15 % толщины шкуры).

Эпидермис построен из эпителиальных клеток, ороговевших на поверхности. Дерма - основной слой шкуры. Она состоит из двух слоев: верхнего сосочкового и нижнего сетчатого. Сосочковый слой построен из рыхлой соединительной ткани, в которой расположены кровеносные сосуды, нервный аппарат.

Сетчатый слой дермы представляет собой плотную соединительную ткань, построенную из переплетающихся пучков коллагеновых волокон, среди которых расположены отдельные эластиновые волокна. Остальное пространство заполнено бесструктурным основным веществом.

Подкожная клетчатка представляет собой рыхлую соединительную ткань. Она соединяет основу кожи с фасциями и мышцами.

Каждый слой шкуры имеет особый химический состав.

Белковый состав основной части шкуры - дермы - составляет: коллаген - 33,2 % от массы шкуры; эластин - 0,34 %; альбумины и глобулины - 0,70 %; мукоиды - 0,16 %.

Основные компоненты дермы - белки соединительной ткани.

Специфическим белком шкуры и ее производных является *кератин*, химический состав и свойства которого зависят от происхождения. Кератин входит в состав эпидермиса шкуры, из кератинов построены ее производные: рога, копыта, волос, шерсть, щетина, пух, перо и т.д.

Кератины - очень прочные и устойчивые белки. Они нерастворимы в воде, растворах солей, кислот, органических растворителях, не гидролизуются под действием пищеварительных ферментов. Такая устойчивость объясняется своеобразным сочетанием аминокислот и строением белка.

В отличие от других белков кератины богаты остатками серосодержащей аминокислоты цистина, способной образовывать поперечные дисульфидные связи (-S-S-) между соседними полипептидными цепями. Эти связи ковалентные, и поэтому обладают большой прочностью.

Кератинсодержащее сырье содержит 7-9 % влаги, 0,5-3 % жира, 85-90 % белка. По аминокислотному составу кератин является полноценным белком.

Разрыв дисульфидных и других связей в кератине с образованием смеси полипептидов, дипептидов и свободных аминокислот достигается в ходе гидролиза при высокой температуре (больше 130 °С), кислотного и щелочного гидролиза.

2. Направления использования

Особенности состава и свойств покровной ткани и ее производных определяют направления их использования.

Шкуры животных применяют для получения кожевенного и шубно-мехового сырья.

Наличие большого количества коллагена в дерме шкур позволяет использовать их краевые участки для изготовления желатина, искусственных белковых оболочек.

Свиная шкурка, оставляемая на свиных полутушах при обработке свиней методом шпарки, нашла применение при производстве широкого ассортимента мясных продуктов как белковое сырье.

Рога, копыта, перо применяются для производства предметов широкого потребления (пуговиц, художественных изде-

лий и т.п.).

На основе гидролиза кератинсодержащего сырья возможно получение смесей аминокислот, поверхностно-активных веществ для изготовления противопожарных жидкостей (пенообразователь), кормовой муки и др.

Вопросы для самопроверки:

1. Особенности строения, состава и свойств покровной ткани и ее производных. Прижизненные функции.
2. Охарактеризуйте химический состав слоёв кожи.
3. Что является специфическим белком кожи и её производных?
4. Направления промышленного использования.

Глава 5. Жировая ткань мяса

1. Морфологический состав и строение жировой ткани
2. Химический состав жировой ткани
3. Свойства жиров
4. Пищевая и промышленная ценность жировой ткани

1. Морфологический состав и строение жировой ткани

Жировая ткань является разновидностью рыхлой соединительной ткани, в которой жировые клетки образуют большие скопления. Жировая клетка имеет все свойственные клетке органеллы, но основной ее объем занимает жировая капля. Жировые клетки при этом увеличиваются и могут занимать все пространство между соединительнотканными волокнами, которые входят в состав межклеточного пространства (рис. 5).

Жировая ткань накапливается, главным образом, в брюшной полости животных (сальник, околопочечный жир и др.), под кожей (подкожная клетчатка), между мышцами и в других местах.

Количество накапливающейся в туше жировой ткани зависит от вида, возраста, породы, пола, упитанности животного, анатомического происхождения части туши.

Прижизненные функции жировой ткани: защитная, структурная, питательная. Жировая ткань наряду с другими тканями входит в состав мяса и в значительной степени определяет его качество.

2. Химический состав жировой ткани

Химический состав жировой ткани зависит от вида, возраста, породы, пола, упитанности животного, кормового рациона, анатомического расположения ткани. Данные о химическом составе говяжьей и свиной жировой ткани представлены в табл. 4.

Средний химический состав свиной жировой ткани из разных участков туши приведен в табл. 5.

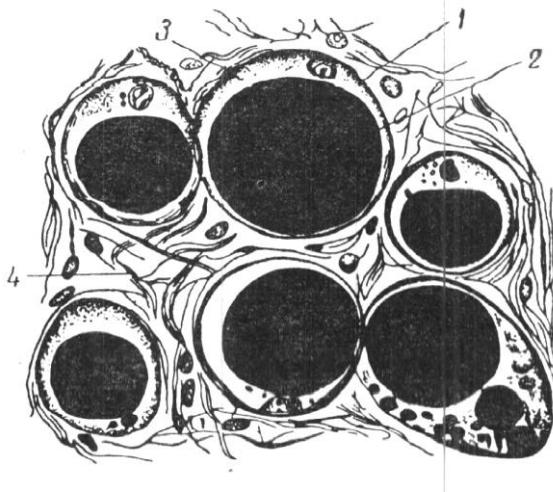


Рис. 5. Жировая ткань:
 1 - жировая клетка; 2 - жировая капля; 3 - протоплазма;
 4 - волокна соединительной ткани

Таблица 4

Химический состав ткани (околопочечной)	Содержание составных частей в ткани, %	
	Крупного рогатого скота	Свиней
Влага	2,0-21,0	2,6-9,8
Белок	0,76-4,2	0,39-7,2
Жир	74,0-97,0	81,0-97,0
Зола	0,08-1,0	-

Таблица 5

Состав ткани	Содержание, % от массы ткани		
	В околопочечной ткани	В сальнике	В шпиге
Массовая доля:			
влаги	2,61	6,84	7,15
белка	0,34	1,56	1,70
жира	97,0	91,6	91,15

Наиболее важными компонентами жировой ткани являются жиры, составляющие иногда до 98 % массы ткани. В небольшом количестве в ней содержатся другие липиды, белки, ферменты, витамины, минеральные вещества.

Животные жиры представляют собой смесь одноокислотных и разноокислотных триглицеридов. В состав триглицеридов тканевых жиров входят преимущественно жирные кислоты, содержащие 16-18 углеродных атомов. При этом в животных жирах количественно преобладают пальмитиновая, стеариновая и олеиновая жирные кислоты. Содержание полиненасыщенных жирных кислот в животных жирах относительно низкое.

Помимо триглицеридов среди липидов жировой ткани имеются фосфатиды, стерины, стериды (табл. 6).

Таблица 6

Жир	Содержание, %	
	Фосфатиды	Стерины и стериды
Свиной	0,03	0,07-0,13
Бараний	0,01	0,03
Говяжий	0,03	0,08

В жирах содержатся каротины, близкие по свойствам к липидам. Они поступают в организм животных с растительными кормами. Каротины являются пигментами и окрашивают жиры в желтый цвет. Количество каротинов в жирах зависит от вида животных, их кормового рациона.

В небольших количествах в животных жирах содержатся витамины А, Е и Д. Каротин, витамин А, Е являются природными антиокислителями.

Белковые вещества жировой ткани, содержащиеся в большом количестве, являются в основном белками соединительной ткани: коллаген, эластин, муцины, в меньшем количестве альбумины и глобулины. Из ферментов для жировой ткани наиболее характерны *липазы*, катализирующие гидролиз жиров.

3. Свойства жиров

Животные жиры различаются по физико-химическим свойствам, что обусловлено, прежде всего, свойствами триглицеридов; составом и соотношением входящих в них жирных кислот.

Физические свойства. Плотность жиров при 15 °С колеблется в интервале 0,915-0,961 г/см³. Различие в плотности воды и жиров используют в промышленной практике для очистки жира от воды (бульона) в процессе получения топленых жиров.

Способность к эмульгированию. В воде животные жиры практически нерастворимы, но могут образовывать дисперсные системы типа эмульсий. Главная роль в создании устойчивых эмульсий принадлежит *эмульгаторам*. Способность к эмульгированию зависит от строения молекул триглицеридов и температуры их плавления. В присутствии эмульгаторов возможно образование устойчивых концентрированных эмульсий типа жир в воде или вода в жире в зависимости от их количественного соотношения.

Процессы образования и разрушения водно-жировых дисперсионных систем имеют большое практическое значение.

Очень важен процесс эмульгирования жира при куттеровании фарша в ходе производства эмульгированных мясоспродуктов (вареные колбасы и др.).

Способность жиров к эмульгированию играет решающую роль в усвоении их организмом. В этом смысле качество и пищевая ценность жира тем выше, чем лучше и легче он эмульгируется.

В процессе получения пищевых топленых жиров имеют место потери жира с водой за счет его эмульгирования при вытопке из жирсырья. Для разрушения эмульсий используют отсолку жира поваренной солью.

Растворимость жиров в органических растворителях используют для извлечения жира из сырья в ходе его технологической обработки (например, при получении желатина из кости), в лабораторной практике.

Животные жиры различного происхождения отличаются по *температуре плавления*. Температура плавления жира будет

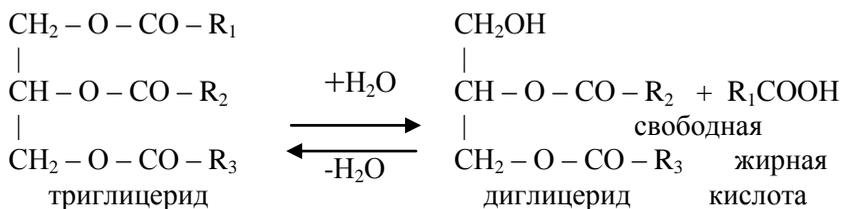
тем ниже, чем больше в его составе непредельных и чем меньше насыщенных жирных кислот, особенно стеариновой, поэтому температура плавления бараньего жира, содержащего до 62 % насыщенных кислот, выше, чем температура плавления свиного жира, в составе которого насыщенных кислот только 47 %. В свою очередь температура плавления жира влияет на усвояемость жиров. Так усвояемость свиного жира составляет 96-98 %, говяжьего - 80-84 %, бараньего - 80-90 %.

О степени непредельности жиров судят по *йодному числу* жира.

Химические свойства жиров определяются, главным образом, наличием эфирной связи между радикалом глицерина и радикалами жирных кислот, наличием или отсутствием двойных связей в структуре их радикалов.

Наличие эфирной связи делает возможными реакции *гидролиза* (омыления) при взаимодействии с водой, в результате чего расщепляется эфирная связь. Эта реакция протекает ступенчато с образованием сначала диглицеридов, затем моноглицеридов и глицерина. Последний образуется на глубоких стадиях гидролиза.

1 степень



Реакция гидролиза жира обратима и, если нет ускоряющих факторов, скорость ее невелика, и по достижении равновесия реакция приостанавливается. Сдвиг равновесия в сторону гидролиза жира происходит в присутствии достаточно больших количеств воды (более 40 % к массе жира).

Скорость гидролиза жира возрастает с повышением *тем-*

пературы. Однако это ускорение приобретает значение лишь при температурах выше 100 °С и большой продолжительности нагрева, например, если жир нагревать при 250 °С в течение 2,5 часов, то он практически целиком гидролизуеться.

Скорость гидролитических изменений жира возрастает в присутствии сильных *кислот* и *щелочей*.

Большое практическое значение имеет *ферментативное* ускорение гидролиза липазами, содержащимися в жировой ткани. Влияние липаз особенно велико при приближении к температурному оптимуму их действия (35-40 °С). Снижение температуры ниже 10 °С значительно ослабляет ферментативную активность липаз, но даже при отрицательных температурах она проявляется, хотя и в очень малой степени.

Ферментативный (автолитический) гидролиз жиров возможен в период сбора и накопления жирсырья перед вытопкой, при хранении охлажденного и замороженного мяса (так как жировая ткань - часть мяса), при длительной выдержке мяса в посоле. Довольно глубоко гидролизуеться жир при изготовлении и хранении сырокопченых и сыровяленых мясopодуKтоB под влиянием тканевых и микробиальных ферментов.

Помимо автолитического расщепления жиров в процессе накопления жирсырья при нарушении условий сбора возможен микробиологический гидролиз жира, так как липазу выделяют некоторые микроорганизмы.

В топленых жирах ввиду инактивации ферментов и гибели микроорганизмов при вытопке жира и малого количества воды гидролиз мало вероятен.

Гидролитическая порча топленого жира возможна при большом содержании влаги, обсеменении микрофлорой, неполной денатурации белков при вытопке жира и наличии катализаторов. О глубине гидролитических изменений жиров судят по величине *кислотного числа*.

В свежей жировой ткани, только что извлеченной из туши, кислотное число не превышает 0,05-0,2 мг КОН.

Небольшие значения кислотных чисел, установленные стандартом для пищевых топленых жиров (1,1-3,5 мг КОН), отвечают первой ступени гидролиза, поэтому глубина гидролиза не отражается на пищевой ценности жира (органолептических

свойствах, биологической ценности).

Кислотное число как показатель качества пищевого жира является *косвенным признаком* соблюдения режима сбора и подготовки сырья к вытопке. При этом возможно развитие микробиальных процессов, скорость которых так же, как и скорость ферментативного гидролиза жира зависит от температуры. Ограничение кислотного числа стандартом снижает вероятность его порчи в указанный период и требует создания специальных условий, тормозящих нежелательные процессы, что позволит избежать снижения сортности топленого жира.

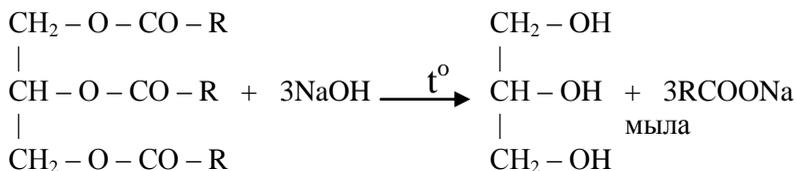
Количество свободных жирных кислот влияет также на *скорость окислительной порчи* жира. Чем выше кислотное число, тем быстрее портится жир при хранении.

От содержания в жире свободных жирных кислот зависит *температура дымообразования* (чадения) жира, используемого для кулинарных целей. Например, температура дымообразования свиного жира меняется следующим образом:

Содержание свободных жирных кислот, %	0,02	0,04	0,4	0,8
Температура дымообразования, °С	226	213	177	160

Предотвращение или снижение уровня нежелательного гидролитического расщепления жиров возможно за счет инактивации ферментов путем нагрева, хранения жирового сырья и жиросодержащих продуктов при низких положительных и при отрицательных температурах вследствие торможения ферментативных и микробиальных процессов.

Вместе с тем необходимо отметить также целенаправленное использование гидролиза жира, например, при производстве мыла. В ходе щелочного гидролиза жиров (омыления) образуются соли жирных кислот (мыла).



Известно также, что накопление летучих жирных кислот в ходе гидролитических изменений жира и образующихся из них соединений (например, карбонильных) оказывает влияние на формирование вкуса и аромата мясных продуктов.

В отличие от гидролиза *окислительные* изменения жиров существенно влияют на качество жиров и могут привести к их порче. Знание механизма окисления жиров дает возможность управлять этим процессом.

Под окислением следует понимать отрыв атома водорода от молекулы окисляемого вещества. Окисление жиров связано с их взаимодействием с кислородом воздуха.

В основе современных представлений о механизме реакций окисления органических веществ лежит *перекисная теория* А.Н. Баха и *теория разветвленных цепных реакций* Н.Н. Семенова.

Первая теория дает ответ на вопрос: какие соединения являются *первичными* продуктами окисления органических веществ; вторая - объясняет, в какой последовательности происходит их окисление.

В соответствии с перекисной теорией первичными продуктами окисления большинства органических соединений являются *перекиси*. Установлено, что при окислении липидов образующиеся перекиси являются *гидроперекисями* (R-O-O-H).

При образовании гидроперекисей кислород атакует СН-связь в α-положении к двойной С=С-связи, которая обладает повышенной реакционной способностью в процессах окисления. Отрыв α-метиленового атома водорода от соединения с двойными связями между двумя атомами углерода приводит к образованию свободного активного *радикала*, на что требуется затрата энергии.

В жирах свободные радикалы образуются путем отщепления атома водорода от углеводородной цепи свободных жирных кислот или связанных с глицерином в молекуле жира.



Свободная жирная кислота

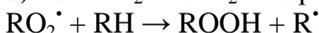
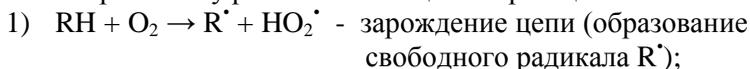


Радикал жирной кислоты

Для упрощения записей обозначим молекулу жирной кислоты RH , а ее свободный радикал, образующийся при окислении, - R^\cdot .

Окисление жиров протекает с образованием свободных радикалов и относится к медленно развивающимся цепным разветвленным реакциям.

Рассмотрим схему разветвленной цепной реакции окисления:

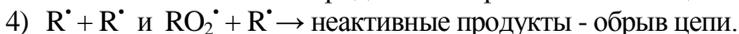


В присутствии кислорода образуется перекисный радикал RO_2^\cdot , который реагирует с новой молекулой окисляемого вещества (жира) с образованием гидропероксида $ROOH$ и нового свободного радикала R^\cdot , продолжающего цепную реакцию окисления.



Гидроперекиси неустойчивы и способны распадаться с образованием свободных радикалов RO^\cdot , OH^\cdot . Эта реакция идет медленно и ускоряется при наличии катализаторов окисления (металлов переменной валентности, света, при нагревании и т.д.).

Оба радикала очень активны и окисляют новые молекулы.



Обрыв цепи свободнорадикального процесса может происходить при взаимодействии свободных радикалов с образованием устойчивых продуктов.

Окисление жиров кислородом воздуха является *автокаталитическим* процессом. Считают, что преобладающими инициаторами окисления являются гидроперекиси: они дают начало разветвлениям цепей окисления, с их участием происходят процессы образования вторичных продуктов окисления. Скорость образования самих гидроперекисей и последующее образование вторичных продуктов окисления зависят от парциального давления кислорода.

О степени окислительных изменений жира судят по величине *перекис-ного числа*.

Сразу после убоя животного в жировой ткани перекиси не

обнаруживаются. Так как процесс окисления начинается сразу после извлечения сырья, в свежевытопленном жире перекиси можно обнаружить.

На первых этапах окисления жира перекисное число практически не меняется. Этот период называют *индукционным*. Во время индукционного периода нет других продуктов окисления, кроме перекисей.

Индукционный период заканчивается при перекисных числах 0,04-0,06. По его истечению накопление перекисей резко возрастает, появляются вторичные продукты окисления. Для стабилизации качества жира целесообразно удлинить индукционный период.

В процессе окисления гидроперекиси могут превращаться в устойчивые промежуточные и конечные продукты окисления: спирты, карбонильные соединения, эфиры, кислоты, оксикислоты, эпоксисоединения и др.

В зависимости от температуры хранения различают два вида окисления: *прогоркание*, протекающее при положительных температурах с накоплением альдегидов и кетонов и появлением неприятного прогорклого запаха и вкуса, и *осаливание* (при отрицательных температурах хранения) с образованием оксикислот.

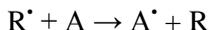
При окислении жиров происходит существенное изменение их качества. Появляется прогорклый или другой посторонний *запах и вкус*, которые придают жиру вторичные продукты окисления. Изменяется *цвет* жира за счет окисления пигментов. Снижается содержание полиненасыщенных жирных кислот, витаминов. Накапливаются токсичные и канцерогенные вещества.

Скорость окислительных изменений жиров зависит от температуры, парциального давления кислорода, содержания первичных продуктов окисления (пероксидов), наличия катализаторов окисления (металлов переменной валентности, гемоглобина крови, действия света, ионизирующего излучения, а также от химического состава сырья (содержания ненасыщенных жирных кислот, природных антиокислителей).

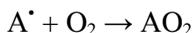
В связи с этим выбор технологических параметров обработки жиросодержащего сырья должен быть ориентирован на торможение окислительных процессов на всех этапах производ-

ства и хранения.

Наиболее эффективное торможение окислительных изменений жиров достигается применением антиокислителей. Механизм действия антиокислителей основан на их взаимодействии со свободными радикалами, в результате чего цепь обрывается.



При взаимодействии с кислородом активная молекула антиокислителя переходит в неактивный окисленный продукт.



К антиокислителям предъявляют следующие требования:

- наличие эффективного антиокислительного действия;
- отсутствие специфического вкуса и запаха;
- безвредность;
- устойчивость к действию высоких температур;
- экономичность использования.

Этим требованиям в наибольшей степени отвечают бутилксианизол и бутилгидроксианизол. Эти химические антиокислители вводят в топленый жир в количестве 0,01-0,02 % от его массы. Синергистами антиокислителей являются полифосфаты, аскорбиновая, щавелевая кислоты и др. Свиной жир с антиокислителями может храниться при минус 8 °С до 2-х лет.

4. Пищевая и промышленная ценность жировой ткани

После мышечной ткани жировая ткань - это наиболее ценная ткань в составе мяса. Увеличение доли жировой ткани в мясе до определенного уровня повышает его пищевую ценность.

Пищевая ценность жировой ткани определяется наличием жиров, так как жиры являются потенциальными источниками больших запасов энергии.

Биологическая ценность жиров обусловлена содержанием в них полиненасыщенных жирных кислот (с двумя и более двойными связями): линолевой, линоленовой и арахидоновой. Кроме того, жиры являются источником жирорастворимых ви-

таминов А, Е, Д.

Жировая ткань в качестве одного из основных компонентов входит в состав мяса и используется для изготовления мясных продуктов различных ассортиментных групп. Жир-сырец, получаемый при убое и переработке животных, применяют также для изготовления мясопродуктов, но, главным образом для производства пищевых топленых жиров. непригодное для пищевых целей жирсырье направляется для изготовления кормовой муки, кормового и технического жиров.

Вопросы для самопроверки:

1. Строение, состав и свойства жировой ткани.
2. Каковы особенности химического состава жировой ткани?
3. Какими физическими свойствами обладают жиры?
4. Что представляет собой процесс эмульгирования жиров?
5. Какие показатели характеризуют гидролитическую и окислительную порчу жиров?
6. Принципы предохранения жиров от порчи.
7. Биологическая функция ткани.
8. Пищевая и промышленная ценность жировой ткани.

Глава 6. Кровь

1. Морфологический состав крови
2. Химический состав крови и ее фракций
3. Свойства крови
4. Пищевая и промышленная ценность крови

1. Морфологический состав крови

Кровь является внутренней средой организма, которая объединяет между собой органы и ткани и выполняет дыхательную, питательную, выделительную, регуляторную и защитную функции.

Кровь животных - это однородная густая жидкость красного цвета, состоящая из жидкой части - *плазмы* - и *форменных элементов* (клеток): эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов.

Плазма - это жидкость соломенно-желтого цвета. Форменные элементы представляют собой густую массу темно-красного цвета, который обусловлен наличием в эритроцитах белка гемоглобина. Эритроциты составляют основную массу форменных элементов (около 99 %).

Содержание форменных элементов в крови крупного рогатого скота составляет 33 %, у мелкого - 28 %, у свиней - 44 % от массы крови.

Общее количество крови у крупного и мелкого рогатого скота составляет в среднем 7,6-8,3 %, у свиней - 4,5-6,0 %, у птицы - 7,6-10 % к живому весу. При обескровливании извлекается около 50-60 % этого количества.

2. Химический состав крови и ее фракций

Химический состав крови зависит от вида, возраста, упитанности, условий содержания животных. Средние данные по химическому составу крови и ее фракций приведены в табл. 7.

Таблица 7

Состав	Содержание, %		
	В крови	В плазме	В форменных элементах
Вода	79,0-82,0	91,0-92,0	59,0-63,0
Белки	16,4-18,9	6,8-7,3	30,3-32,7
Липиды	0,36-0,39	0,26-0,32	1,9-7,8
Прочие органические вещества	0,50-0,67	0,17-0,23	-
Минеральные вещества	0,8-0,9	0,85-0,87	0,7-1,0

Основную массу белков крови составляют альбумины, глобулины, *фибриноген* и *гемоглобин*. Их примерное содержание в крови животных показано в табл. 8.

Таблица 8

Белки	Крупный рогатый скот	Мелкий рогатый скот	Свиньи
Альбумины	3,6	3,8	4,4
Глобулины	2,9	3,0	3,0
Фибриноген	0,6	0,5	0,7
Гемоглобин	10,3	9,3	14,2

Органические небелковые вещества крови разнообразны по химическому составу. Из их общего количества около 75 % приходится на долю липидов.

Неорганические вещества крови находятся в виде минеральных соединений и в органически связанной форме с белками (железо, медь).

В крови содержится большое число физиологически активных веществ: ферменты, гормоны, витамины. Весьма разнообразный и сложный химический состав крови связан с ее жизненными биологическими функциями.

Важнейшим и количественно преобладающим компонентом крови с технологической точки зрения являются белки. По содержанию белка кровь практически не отличается от мяса.

Сывороточные альбумины, сывороточные глобулины и фибриноген - основные фракции белков плазмы. Это полноцен-

ные, легкоперевариваемые белки. Фибриноген является главным компонентом системы свертывания крови. В плазме он находится в растворенном состоянии, но в определенных условиях под действием ферментов плазмы может переходить в нерастворимый нитевидный белок *фибрин*. Оставшаяся жидкость называется *сывороткой*; по сравнению с плазмой в ней содержится меньше белка на 0,3-0,4 %.

Свыше 80 % белковых веществ эритроцитов приходится на долю гемоглобина. Гемоглобин - сложный белок, придающий крови красную окраску. По строению и свойствам он близок к мышечному пигменту миоглобину, но более сложен. Молекула гемоглобина состоит из четырех субъединиц, каждая из которых включает полипептидную цепь, соединенную с *гемом*. В гемоглобине нет изолейцина, поэтому он является неполноценным белком. Гемоглобин растворим в воде, переваривается пепсином и трипсином.

В крови гемоглобин может находиться в трех формах:

- нативный гемоглобин (красный цвет);
- оксигемоглобин (ярко красный цвет);
- метгемоглобин (красно-бурый цвет).

Метгемоглобин образуется при окислении гемоглобина, в его состав входит трехвалентное железо.

3. Свойства крови

Плотность крови и ее фракций различна и составляет в среднем:

- для крови - 1050-1065;
- плазмы - 1020-1030;
- форменных элементов - 1080-1090 кг/м³.

Это свойство используют в технологической практике для разделения крови на фракции: плазму или сыворотку и форменные элементы.

При определенных условиях гемоглобин крови может переходить из эритроцитов в плазму и, растворяясь в ней, окрашивать ее в красный цвет. Это явление называется *гемолизом*. Гемолиз происходит под действием различных факторов, приво-

дящих к разрушению оболочки эритроцитов. Это может быть снижение осмотического давления окружающей среды (например, за счет разбавления крови водой), механическое воздействие, воздействие органических растворителей и др. В технологической практике гемолиза следует избегать при получении плазмы или сыворотки крови. При получении красителей пищевых, наоборот, проводят гемолиз для освобождения пигмента - гемоглобина из эритроцитов.

При температуре около 60 °С начинается денатурация гемоглобина, сопровождающаяся изменением цвета крови за счет образования бурых ге-матинов.

Изытая кровь является хорошей питательной средой для микрофлоры и легко подвергается *микробальной порче*. Поэтому кровь, предназначенную для пищевых и медицинских целей необходимо перерабатывать очень быстро или консервировать.

Через несколько минут после изъятия кровь *свертывается* (6,5-10 мин - для КРС, 3,5-5 мин - для свиней, 4-8 мин - для МРС, менее 1-й мин - для птицы). Это свойство крови является важным защитным приспособлением животного организма. В технологии переработки крови процесс свертывания нежелателен, так как затрудняет транспортирование и переработку крови.

Свертывание крови обусловлено превращением растворимого белка плазмы *фибриногена* в нерастворимый белок *фибрин*. Это сложный многоступенчатый процесс, заключительным этапом которого является образование *сгустка* из сетки нитей фибрина, заполненной форменными элементами и сывороткой. Образованию сгустка предшествует ряд превращений ферментативной и неферментативной природы, связанных с взаимодействием многих компонентов крови. Реакции, протекающие при свертывании, находятся в тесной взаимосвязи, для осуществления каждой последующей реакции необходимо, чтобы произошли все предыдущие реакции.

В процессе свертывания крови участвуют ферменты, белки, ионы кальция, называемые факторами свертывания.

Торможение или предотвращение процесса свертывания крови базируется на знании *механизма свертывания*. Рассмотрим упрощенную схему свертывания крови. Процесс свертывания крови можно условно разделить на три стадии.

1. При повреждении кровеносных сосудов происходит активация белковых факторов плазмы крови. Один из них способствует разрушению мембраны оболочки тромбоцитов и выделению важных компонентов свертывания. При травмировании тканей в плазму попадает тканевый фактор свертывания. Под влиянием белковых факторов и ионов кальция происходит образование активного фермента *тромбопластина*.

2. С участием тромбопластина, кальция и других факторов из неактивного протромбина образуется активный фермент *тромбин*.

3. Образовавшийся активный тромбин воздействует на фибриноген, превращая его в *фибрин - мономер*, который под влиянием кальция и других факторов полимеризуется в нерастворимый *фибрин - полимер* с образованием трехмерной белковой сети, захватывающей в свою структуру форменные элементы и образуя сгусток. Нити фибрина сокращаются под влиянием АТФазы тромбоцитов, что сопровождается уплотнением сгустка и отделением сыворотки. Нити фибрина бесцветны. Окраска сгустка объясняется наличием окрашенных эритроцитов крови.

Для торможения или предотвращения процесса свертывания при переработке крови ее подвергают *стабилизации*, используя вещества различной химической природы, получившие название *стабилизаторов* или *анти-коагулянтов*.

Принцип действия стабилизаторов *первого типа* связан с выведением из системы свертывания отдельных компонентов, необходимых для превращения неактивных ферментов в их активные формы (например, декальцинирование крови за счет связывания ионов кальция в нерастворимые или малорастворимые комплексы). Для этого используют фосфаты, оксалаты, цитраты и другие соединения.

Стабилизаторы *второго типа* ингибируют образование активного тромбина. К этой группе стабилизаторов относятся поваренная соль, физиологические стабилизаторы (гепарин) и др.

Эффективность действия стабилизатора зависит от его свойств и вида стабилизируемой крови.

Полностью исключить свертывание крови можно путем ее *дефибрирования* - отделение нитей образующего при свертывании фибрина.

После внесения стабилизатора кровь называют *стабилизированной*, а после удаления фибрина - *дефибринированной*.

4. Пищевая и промышленная ценность крови

Кровь сельскохозяйственных животных является ценным сырьем для производства пищевой, медицинской, кормовой и технической продукции благодаря особенностям химического состава и свойствам.

Пищевая ценность крови определяется достаточно высоким содержанием белка (16-18 %), по которому она близка к мясу. Однако более 60 % белков крови составляет неполноценный гемоглобин, поэтому биологическая ценность крови ниже, чем у мяса.

Цельная кровь и ее фракции используют для производства мясных продуктов: кровяных колбас, зельцев, консервов, паштетов, вареных колбас и др.

Целесообразность использования крови на пищевые цели определяется не только высоким содержанием белка, но и высокими функционально - технологическими свойствами крови и плазмы.

Основой лечебной продукции, вырабатываемой из крови, являются белки, содержащие металлы (например, железо) в органически связанной форме. Из форменных элементов и цельной крови вырабатывают гематоген, гемостимулин и другие препараты.

Наличие в крови хорошо растворимых белков делает ее пригодной для выработки пищевого и технического темного и светлого альбуминов, пенообразователя. Из крови и ее фракций, не используемых по тем или иным причинам на пищевые и лечебные цели, вырабатывают белковые корма.

Кровь убойных животных является ценным белковым сырьем. Содержание и свойства белков крови позволяют использовать ее для производства пищевой, медицинской, кормовой и технической продукции. Пищевая ценность крови определяется высоким содержанием белка (16-18 %), содержанием железа в органической форме. По пищевой и биологической ценности кровь уступает мясу, так как основной белок крови - гемогло-

бин, является неполноценным. Использование крови на пищевые цели ограничивается ее цветом, обусловленным гемоглобином. Разделение крови на фракции позволяет получить плазму и форменные элементы. Содержание белка в плазме - 7-8 %. Все белки плазмы полноценны. После изъятия кровь подвергается свертыванию. Для торможения и предотвращения этого явления в технологической практике производят стабилизацию или дефибринирование крови.

Вопросы для самопроверки:

1. Особенности морфологического состава крови.
2. Охарактеризуйте фракционный состав крови.
3. Биологические функции крови.
4. Строение и свойства белков крови.
5. Что относится к небелковым компонентам крови?
6. Охарактеризуйте пищевую ценность крови и ее фракций.
7. Пути промышленного использования крови.

Глава 7. Характеристика мяса как объекта технологии

1. Промышленное понятие о мясе
2. Показатели качества мяса
3. Факторы, определяющие качество мяса
4. Роль мяса в питании человека

1. Промышленное понятие о мясе

Под *мясом* в промышленном значении понимают тушу или ее часть, полученную при убое сельскохозяйственных животных и птицы и представляющую *совокупность* различных тканей в их естественном соотношении. Кроме мышечной ткани, являющейся необходимым признаком мяса, в его состав в разном количестве могут входить соединительная, жировая, хрящевая ткани, кость, кровь.

Количественное соотношение тканей в составе мяса зависит от вида, возраста, породы, пола, условий откорма и упитанности животных, от анатомического происхождения части туши. В промышленной практике природное соотношение тканей в мясе направленно изменяют за счет освобождения его от малоценных тканей: хрящей, соединительной ткани, кости.

Количественное соотношение тканей в мясе определяет его качество: химический состав, пищевую ценность и свойства мяса.

2. Показатели качества мяса

Качество мяса характеризуется пищевой и биологической ценностью, санитарно-гигиеническими показателями и функционально-технологическими свойствами.

Пищевая ценность мяса определяется химическим составом: содержанием белков, жиров, экстрактивных веществ, витаминов группы В, макро- и микроэлементов; энергетической ценностью и органолептическими свойствами.

Биологическая ценность мяса характеризует качество белковых веществ по содержанию и сбалансированности незаменимых аминокислот и перевариваемости белка, а также качество жиров по содержанию полиненасыщенных жирных кислот и по

перевариваемости жиров.

Важными показателями качества мяса легко воспринимаемыми органами чувств (*органолептическими*) являются цвет, вкус, аромат, консистенция. Эти показатели зависят от химического состава и состояния мяса. Они играют важную роль в формировании качества мясных продуктов и их усвоении организмом.

Цвет мяса - один из основных показателей качества, оцениваемый потребителем, по которому судят о товарном виде мяса, о некоторых химических превращениях в нем. Цвет мяса зависит от количественного содержания и состояния пигмента мышечной ткани - миоглобина. Окраска жировой ткани в составе мяса определяется содержанием в ней пигментов - каротиноидов.

Вкус и аромат мяса. В их формировании решающую роль играют экстрактивные вещества, содержащиеся в незначительных количествах и являющиеся, так называемыми, предшественниками вкуса и аромата. Экстрактивные вещества формируются после тепловой обработки мясного сырья. Основным источником этих соединений является мышечная ткань, а также жировая ткань, так как низкомолекулярные продукты превращения жиров обуславливают специфические видовые особенности вкуса и аромата мяса.

Консистенция мяса. К показателям консистенции мяса относят нежность, мягкость, сочность. Консистенция мяса определяется рядом факторов:

- диаметром мышечных волокон;
- содержанием соединительной ткани, в том числе и межмышечной;
- соотношением в составе соединительной ткани коллагеновых и эластиновых волокон;
- состоянием мышечных белков: степенью их гидратации, степенью сокращения миофибрилл, уровнем гидролитических изменений;
- содержанием жира внутри мышечных волокон, между мышцами и группами мышц (мраморностью мяса).

Определение *санитарно-гигиенических* показателей качества мяса позволяет оценить его безопасность для человека. В

мясе контролируется содержание микробиологических и химических загрязнителей, которые могут попадать в мясо при жизни животного из окружающей среды, с кормом и водой. Химические загрязнители мяса контролируют по содержанию токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), пестицидов, антибиотиков, радионуклидов.

Для мяса, являющегося сырьем для изготовления широкого ассортимента мясных продуктов, важное значение имеют *функционально-технологические* свойства (ФТС). Они определяют поведение белка как основного компонента в сложных мясных системах во взаимодействии с другими составляющими (жир, вода, минеральные вещества и др.) под влиянием различных технологических факторов.

Под ФТС понимают совокупность показателей: величину рН, водосвязывающую, эмульгирующую, жиросвязывающую, гелеобразующую способности; растворимость в воде, солевых растворах и другие свойства мяса.

По ФТС можно судить о степени приемлемости мяса для производства мясных продуктов определенной ассортиментной группы.

3. Факторы, определяющие качество мяса

Важно отметить, что качество получаемого при убойе и переработке животных мяса может существенно изменяться под влиянием различных факторов, которые могут быть объединены в следующие группы:

- *природные факторы*: вид, возраст, порода, пол, упитанность животных, анатомическое происхождение отруба;

- *послеубойные биохимические и физико-химические факторы*: - автолитические и микробиологические изменения, окислительные процессы;

- *технологические факторы*: условия выращивания и транспортирования, предубойного содержания животных; условия убойе и первичной обработки; параметры холодильной обработки и хранения мяса; условия посола, тепловой обработки, копчения, сушки и др.

Качество мяса, а значит, и характеризующие его показатели, связаны со свойствами и количественным соотношением тканей в мясе, которые, в свою очередь, зависят от таких природных факторов как вид, возраст, пол, порода, упитанность и анатомическое происхождение мяса. При этом влияние этих факторов на качество мяса взаимосвязано.

Видовые особенности мяса. Тканевый состав мяса животных разного вида приведен в табл. 9.

Таблица 9

Ткани	Количество, % к массе мяса		
	Говядина	Свинина	Баранина
Мышечная	57-62	39-58	49-56
Жировая	3-16	15-45	4-18
Соединительная	9-12	6-8	7-11
Хрящевая и кость	17-29	10-18	20-35
Кровь	0,8-1	0,6-0,8	0,8-1

Средние данные о химическом составе мяса животных и птицы представлены в табл. 10.

Таблица 10

Вид мяса	Содержание, % от массы мяса			
	Влага	Белок	Жир	Золы
Говядина I кат.	67,7	18,9	12,4	1,0
Баранина I кат.	67,6	16,3	15,3	0,8
Свинина II кат.	51,6	14,6	33,0	0,8
Конина I кат.	69,6	19,5	9,9	1,0
Мясо цыплят-бройлеров I кат.	69,0	17,6	12,3	0,8
Мясо гусей I кат.	45,0	15,2	39,0	0,8

Как видно из табл. 9 и 10 химический состав мяса различных животных различается, что связано с разным количественным соотношением тканей, определяемым активностью прижизненных движений животных.

Видовые различия мяса проявляются в окраске, консистенции, запахе и вкусе. Из промышленно значимых видов мяса наиболее интенсивно окрашена говядина. Содержание миоглобина в говядине составляет 0,25-0,37 % к массе мышечной тка-

ни, для свинины - 0,08-0,23 %.

Для свинины характерна более нежная консистенция. В ней меньше, чем у говядины соединительной ткани, и она менее грубая, легче разваривается.

Свинина имеет повышенное содержание жира, который содержит больше полиненасыщенных жирных кислот и лучше усваивается, чем говяжий и бараний. Благодаря этому промышленное значение свинины определяется содержанием как мышечной, так и жировой ткани. Технологическое значение говядины заключается в наличии водо- и солерастворимых белков.

Различные виды мяса отличаются содержанием и составом экстрактивных веществ, что оказывает влияние на специфичность вкуса и аромата мяса.

Особенности количественного соотношения мягких тканей говядины, свинины, баранины определяют некоторые различия в аминокислотном составе мяса.

Существенной разницы в перевариваемости белков разных видов мяса не установлено. Коэффициент усвояемости организмом человека мяса говядины в среднем составляет 82-83 %.

Мясо птицы содержит меньше соединительной ткани, чем мясо животных. Его биологическая ценность выше, оно легче переваривается, чем мясо животных. В жире птицы больше полиненасыщенных жирных кислот, чем в жире животных.

Таким образом, можно отметить, что видовой фактор оказывает существенное влияние на качество мяса.

Влияние возраста. С возрастом изменяется морфологический и химический состав мяса, его физико-химические и органолептические свойства.

В процессе роста животных и птицы в мясе повышается содержание жира и уменьшается количество влаги. Нарастает жесткость мяса вследствие утолщения мышечных волокон, увеличения доли эластиновых волокон в соединительной ткани и упрочнения коллагеновых волокон, что снижает степень гидротермического распада коллагена. По этой причине мясо молодых животных отличается более нежной консистенцией после тепловой обработки.

Мясо молодых животных отличается также более светлой окраской.

У свиней максимальные качественные характеристики

формируются в основном к 8-ми месяцам, у КРС - в возрасте от 12 до 18 месяцев.

Для обеспечения относительной идентичности в качественных показателях мяса КРС при убое подразделяют в зависимости от возраста на 2 группы: животные старше 3-х лет (мясо взрослых животных) и с возрастом от 3-х месяцев до 3-х лет (мясо молодых животных).

Влияние породы. Животные различных пород имеют различия по живой массе, выходу и качеству мяса. Мясные породы КРС имеют хорошо развитые мускульную и жировую ткани, такое мясо более сочное, нежное, вкусное. Для мяса, полученного от молочных и мясомолочных пород, характерны повышенное содержание соединительной ткани и кости, меньшее содержание внутримышечного жира, худшие органолептические показатели.

У животных мясных пород мышечная ткань развивается преимущественно в частях туши, дающих наиболее ценное мясо, - в области спины, поясницы, в тазобедренной части.

Влияние пола. Пол животных влияет на качество и количество получаемого мяса. Половые различия в мясе молодых животных почти не влияют на качество мяса, но они заметно проявляются у взрослых и старых животных. Мясо самок более жирное, нежное, светлое. Мясо кастрированных животных имеет рисунок «мраморности». Мясо некастрированных самцов отличается специфическим неприятным запахом. По этой причине мясо быков, хряков в реализацию не допускают, а используют для промышленной переработки.

В колбасном производстве особое значение придается мясу быков, содержащему больше мышечной ткани, чем мясо волов и коров, и отличающемуся темно-красным цветом.

Влияние упитанности. При прочих равных условиях упитанность животных оказывает решающее влияние на выход, тканевый и химический состав мяса. Упитанность животных определяют степенью развития мышечной и жировой тканей и их соотношением.

С повышением упитанности животных и птицы увеличивается содержание в туше мякотной части и наиболее ценных мышечной и жировой тканей. При этом в общем количестве белков мяса падает доля коллагена и эластина и повышается со-

держанию полноценных белков.

Упитанность влияет также на содержание в мясе многих других веществ. Например, содержание *гликогена* в мясе КРС средней упитанности составляет около 460 мг %, а в мясе тощих животных - лишь около 190 мг%.

В зависимости от упитанности говядину, баранину, свинину делят на категории.

Следует отметить, что упитанность животных напрямую зависит от условий их содержания и рациона кормления.

Влияние анатомического происхождения. Для розничной торговли и промышленной переработки говяжьей, свиные полу-туши, бараньи туши и тушки птицы разделяют на части. Различные части одной и той же туши различаются по количественному соотношению тканей, так как при жизни животного эти части несут разную нагрузку. Чем выше нагрузка, тем больше в мясе соединительной ткани, тем толще и прочнее мышечные и коллагеновые волокна, и следовательно, жестче мясо. Мышцы шейной, грудной, брюшной частей туши и конечности относятся к усиленно работающим мышцам, и поэтому содержат больше соединительной ткани, чем мышцы задних и верхних частей туши. Лучшие сорта мяса расположены в спинной части животного; чем ближе к голове и ниже от спины, тем хуже сорт мяса.

Прочностные свойства тех или иных мускулов связаны со строением и содержанием в них соединительной ткани, с диаметром мышечных волокон.

Например, в поясничном мускуле соединительная ткань представлена тонкими коллагеновыми волокнами, расположенными между мышечными пучками в виде параллельных нитей. Эластиновых волокон мало. В результате эта мышца отличается высокой нежностью.

Соединительная ткань наружного грудного мускула имеет ромбовидное плетение и образует сильно развитый перимизий, коллагеновые волокна значительной толщины и сложного переплетения, много эластиновых волокон. Все эти факторы в совокупности определяют повышенную жесткость данного мускула.

Чем выше диаметр мышечных волокон, тем выше жесткость мяса, так как саркоlemma более толстых волокон сильнее развита и более прочна. С увеличением диаметра волокна на 10

% сопротивление резанию возрастает на 20-30 %.

Различия частей туши животного в анатомическом плане определяют разницу в их тканевом и химическом составе, а значит и в пищевой ценности, что диктует целесообразность комбинированного использования мясных полутуш при их переработке и реализации.

4. Роль мяса в питании человека

Значение мяса в питании человека определено его пищевой ценностью, которая в первую очередь связана с содержанием биологически полноценных и легкоусвояемых белков. Кроме того, мясо - хороший источник витаминов группы В и некоторых минеральных веществ, например, железа в органически связанной форме. Свинина является также поставщиком высококачественных жиров.

Благодаря наличию экстрактивных веществ и их трансформации при тепловой обработке мясо отличается высокими вкусо-ароматическими характеристиками, что повышает его усвояемость организмом человека вследствие влияния на секрецию пищеварительных соков.

Уникальный состав и свойства мяса в совокупности обеспечивают нормальную физическую и умственную деятельность человека при употреблении в пищу мяса и мясных продуктов. Физиологически обоснованная норма потребления мяса и мясных продуктов по данным института питания АМН РФ должна составлять не менее 70 кг на одного человека в год.

Вопросы для самопроверки:

1. Промышленное понятие о мясе.
2. В чём состоит особенность тканевого и химического состава мяса?
3. Пищевая и биологическая ценность.
4. Органолептические и технологические показатели качества мяса.
5. Охарактеризуйте функционально-технологические свойства (ФТС).
6. Факторы, определяющие качество мяса.
7. Какова роль мяса в питании человека?

Раздел 2. Изменения в мясе в ходе технологических процессов

Глава 8. Автолитические изменения мяса

1. Понятие об автолизе, стадии автолиза
2. Автолитические изменения углеводов, их значение
3. Изменения в белковой системе мяса, их значение
4. Характеристика потребительских и технологических свойств мяса на разных стадиях автолиза
5. Влияние различных факторов на скорость автолитических изменений мяса
6. Понятие о мясе с нетрадиционным характером автолиза

1. Понятие об автолизе, стадии автолиза

Автолитическими процессами называют процессы распада компонентов тканей мяса под влиянием находящихся в них ферментов, которые сохраняют свою каталитическую активность долгое время. *Автолиз* (греч. *autos* - сам и *lysis* - растворение) начинается в тканях животного сразу же после убоя в связи с прекращением поступления кислорода, отсутствием окислительных изменений и кровообращения, прекращением синтеза и выработки энергии, накопления в тканях продуктов обмена.

В ходе автолиза существенно изменяются качественные характеристики мяса: механическая прочность, органолептические и технологические свойства, устойчивость к микробиологическим процессам.

Изменение свойств мяса развивается в определенной последовательности в соответствии с основными *стадиями автолиза*: парное состояние - посмертное окоченение (*rigor mortis*) - разрешение посмертного окоченения - созревание - глубокий автолиз.

Основным внешним признаком автолиза является изменение прочностных свойств мяса.

Парное мясо (3-4 час после убоя) характеризуется нежной консистенцией.

В течение первых суток после убоя развитие посмертного окоченения (при 0-4 °С) приводит к росту механической прочности мяса.

На стадии разрешения окоченения (после 2-х суток автолиза при 0-4 °С), а также при созревании происходит улучшение консистенции мяса.

Изменение прочностных свойств мяса в ходе автолиза связано с изменением состояния миофибриллярных белков мышечной ткани, входящих в систему сокращения-расслабления мышц. Но в основе автолитических превращений мяса лежат изменения углеводной системы.

2. Автолитические изменения углеводов, их значение

После убоя ресинтез гликогена в мясе не осуществляется в связи с отсутствием поступления кислорода, и начинается его анаэробный распад по пути фосфоролиза и амилолиза (рис. 6) с образованием молочной кислоты и глюкозы.

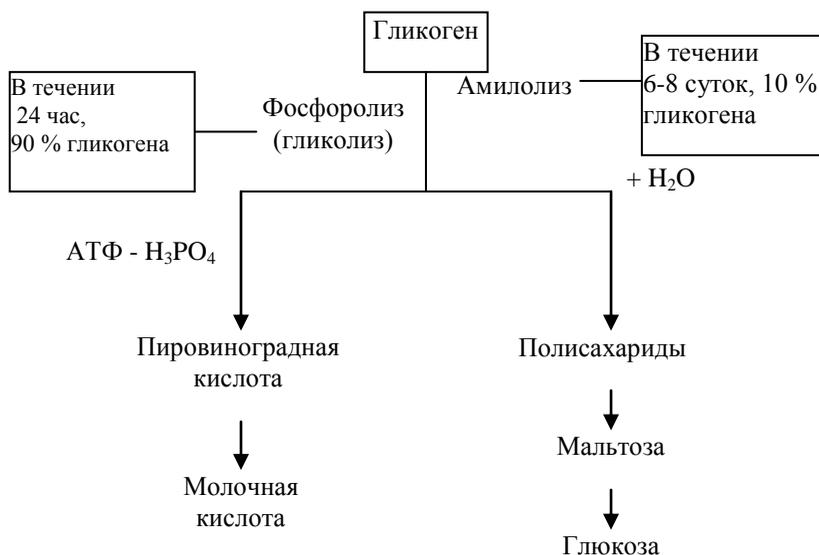


Рис. 6. Анаэробный распад гликогена

Через 24 часа гликолиз приостанавливается вследствие истощения запасов АТФ и накопления молочной кислоты, подавляющей фосфолиз.

Важнейшим следствием гликолиза является сдвиг рН мышечной ткани в кислую сторону за счет накопления органических кислот (рис. 7).

К моменту максимального развития посмертного окоченения (около 24 час автолиза при 0-4 °С) величина рН достигает минимального значения (5,5-5,6). По мере развития окоченения медленно возрастает на 0,1-0,2, не достигая величины рН парного мяса, и стабилизируется на уровне 5,6-5,8.

Сдвиг рН в кислую сторону зависит от содержания гликогена в мышечной ткани в момент убоя животного, поэтому у здоровых и отдохнувших животных конечная величина рН всегда ниже, чем у утомленных, истощенных.

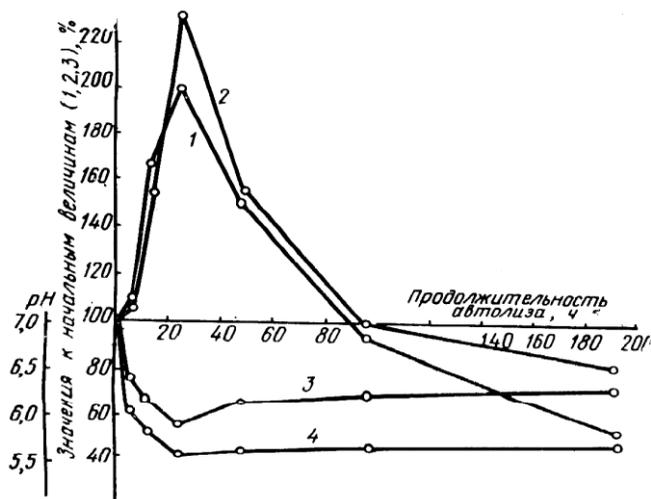


Рис. 7. Изменение свойств мышечной ткани в процессе автолиза (при 0-4 °С);

1 - усилие резания; 2 - напряжение среза; 3 - ВСС; 4 - рН среды

Величину рН мяса можно достаточно точно и просто измерить с помощью рН-метров, что позволяет отслеживать ста-

дии автолиза, выявлять мясо с нетрадиционным характером автолитических изменений.

Величина рН мяса является важнейшим показателем его качества, так как изменения в процессе автолиза влекут за собой существенные практические последствия, а именно:

- увеличивается устойчивость мяса к действию гнилостных микроорганизмов;
- снижается растворимость мышечных белков, уровень их гидратации, водосвязывающая способность за счет приближения рН мяса к изоэлектрической точке белков (4,7-5,4);
- происходит набухание коллагена соединительной ткани;
- повышается активность катепсинов (оптимальное рН 5,3), вызывающих гидролиз белков на более поздних стадиях автолиза.

Ферментативный распад гликогена является пусковым механизмом для развития последующих физико-химических и биохимических процессов.

3. Изменения в белковой системе мяса, их значение

Накопление органических кислот в мясе оказывает существенное влияние на состояние мышечных белков, что в свою очередь предопределяет технологические свойства мяса: консистенцию, ВСС, растворимость белков, их эмульгирующую способность и др.

На первой стадии автолиза важное значение имеет уровень содержания в мясе энергоемкой АТФ, вследствие дефосфорилирования (распада) которой осуществляется процесс фосфорилирования гликогена. Одновременно энергия дефосфорилирования обеспечивает сокращение миофибриллярных белков.

Сущность изменений в белковой системе мяса на начальных этапах послеубойного периода, в основном, связана с процессом образования актомиозинового комплекса и зависит от наличия в системе энергии и ионов кальция (Ca^{2+}). Непосредственно после убоя количество АТФ в мясе велико, Ca^{2+} связан в саркоплазматическом ретикулуме мышечного волокна, актин находится в глобулярной форме и не связан с миозином, что обуславливает расслабленное состояние волокон, большое ко-

личество гидрофильных центров и высокую ВСС белков. Сдвиг рН мяса в кислую сторону *запускает механизм* превращения миофибриллярных белков:

- ионы кальция выделяются из каналов саркоплазматического ретикулума, концентрация их возрастает;
- ионы кальция повышают АТФазную активность миозина;
- глобулярный актин (G-актин) переходит в фибриллярный (F-актин), способный вступать во взаимодействие с миозином в присутствии энергии распада АТФ;
- энергия распада АТФ инициирует взаимодействие миозина с фибриллярным актином с образованием актомиозинового комплекса и сокращения миофибрилл и мышечных волокон.

Результатом сокращения волокон является нарастание жесткости мяса, уменьшение эластичности и ВСС.

Таким образом, снижение ВСС в период посмертного оконченения обусловлено не только сдвигом рН среды к изоэлектрической точке мышечных белков, но и уменьшением числа гидрофильных центров сократительных белков в связи с образованием актомиозина. Динамика изменения ВСС и прочностных свойств мышечной ткани в ходе автолиза показана на рис. 7.

Послеубойные сокращения волокон начинаются сразу после убоя, но в отличие от прижизненного синхронного сокращения они растянуты во времени и происходят беспорядочно. Первые признаки оконченения становятся заметны через 2-3 час после убоя. В процессе оконченения число волокон, переходящих в сокращенное состояние, постепенно возрастает, достигая наибольшего количества к моменту максимального развития оконченения (к 18-24 час - автолиза свинины, говядины при 0-4 °С), что согласуется с наибольшим нарастанием жесткости мяса на этом этапе автолиза (см. рис. 7).

Таким образом, важнейшими последствиями оконченения мышц являются:

- значительное увеличение механической прочности (жесткости) мяса;
- снижение растворимости мышечных белков, а значит их эмульгирующей способности;
- снижение степени гидратации белков и ВСС;

- снижение перевариваемости мышечных белков пищеварительными ферментами;

- ухудшение развариваемости коллагена.

Посмертное окоченение мяса сопровождается снижением его качества за счет ухудшения органолептических, технологических свойств и биологической ценности.

Механизм дальнейших изменений миофибриллярных белков, приводящий к разрешению окоченения, еще не полностью изучен. Однако установлено, что на первых стадиях созревания происходит частичная диссоциация актомиозина, сопровождающаяся расслаблением мышц и ростом ВСС (см. рис. 7).

Кроме того, на этапе разрешения окоченения возможно начинаются процессы протеолиза белков с участием *катепсинов*, что также способствует снижению прочности мышечных волокон.

Далее в процессе созревания мяса процессы протеолиза выступают на первый план и их интенсивность определяется количеством протеолитических ферментов в мышечной ткани и их активностью, на которую положительно влияет подкисление ткани в ходе автолиза и частичное разрушение мембран лизосом.

Процесс созревания мяса - это совокупность изменений его свойств, обусловленных развитием автолиза, в результате которых мясо приобретает хорошо выраженный аромат, вкус, становится мягким и сочным, более доступным действию пищеварительных ферментов по сравнению с мясом на стадии окоченения.

Важно отметить, что превращение белков от момента убоя до стадии разрешения окоченения несет в основном *конформационный характер* (изменяется пространственная структура белка). Созревание мяса связано с процессом *гидролиза* белков.

Основными последствиями созревания мяса являются:

- снижение жесткости мяса, улучшение консистенции;
- повышение растворимости, уровня гидратации и ВСС белков;
- повышение степени перевариваемости белков за счет разрушения актомиозинового комплекса;

- улучшение разваривания коллагена;

- формирование вкуса и аромата мяса за счет ферментативных превращений белков и других веществ мяса.

Парное мясо имеет слабо выраженный вкус и аромат. В ходе созревания происходит образование и накопление продуктов ферментативного распада белков и пептидов (глутаминовая кислота, серосодержащие аминокислоты), нуклеотидов (инозин, гипоксантин и др.), углеводов (глюкоза, фруктоза, пировиноградная и молочная кислоты), липидов (низкомолекулярные жирные кислоты), а также креатина, креатинина и других азотистых экстрактивных веществ, - предшественников вкуса и аромата мяса.

Таким образом, в процессе созревания мяса происходит существенное улучшение органолептических и технологических характеристик, пищевой ценности по сравнению с мясом на стадии окоченения.

4. Характеристика потребительских и технологических свойств мяса на разных стадиях автолиза

Парное мясо характеризуется высокими технологическими свойствами: водосвязывающей, эмульгирующей способностью, максимальной развариваемостью коллагена, поэтому парное мясо целесообразно использовать при производстве эмульгированных (вареных) колбас и вареных штучных изделий из мяса. При этом обеспечивается высокий выход продукции и снижается вероятность образования дефектов при тепловой обработке.

Использование парного мяса дает существенные преимущества и с экономических позиций вследствие исключения потерь и энергозатрат на холодильную обработку.

Однако следует помнить, что работа с парным мясом требует оперативности (интервал времени от убоя животного до термообработки продуктов не должен превышать 3 час). В противном случае необходимо использование специальных приемов, направленных на торможение гликолиза и образование актомиозинового комплекса, а именно:

- быстрое замораживание обваленного измельченного или неизмельченного парного мяса;
- быстрая обвалка и измельчение парного мяса и посол с

введением 2-4 % соли;

- шприцевание рассола в отруба сразу после разделки парных туш и др.

Парное мясо отличается нежной консистенцией, высокой перевариваемостью белков. Вкус и аромат слабо выражены вследствие малого количества предшественников вкуса и аромата. По этой причине парное мясо мало пригодно для изготовления натуральных полуфабрикатов.

Мясо на стадии посмертного окоченения характеризуется минимальными потребительскими и технологическими свойствами (см. рис. 7) и по этим причинам не пригодно для переработки и употребления, и оно должно быть выдержано до разрешения посмертного окоченения (около 48 час при 0-4 °С - средней температуре охлаждения и хранения охлажденного мяса).

Разрешение окоченения сопровождается улучшением свойств автолизирующего мясного сырья. Оно становится пригодным для промышленной переработки. Однако кулинарные кондиции еще не достигли оптимальных значений и продолжают улучшаться в процессе созревания при хранении и переработке мяса.

Сроки *созревания* мяса зависят от его вида, части туши, упитанности животного, температуры хранения.

Как правило, в мясе с нормальным развитием автолиза его нежность и ВСС достигают оптимума через 5-7 суток хранения при 0-4 °С, вкус и аромат - к 10-14 суткам. В связи с этим продолжительность созревания мяса выбирают в зависимости от способа дальнейшего технологического использования сырья. При этом необходимо учитывать возможность микробиальной порчи охлажденного мяса в процессе его хранения.

5. Влияние различных факторов на скорость автолитических изменений мяса

Скорость автолитических процессов зависит от особенностей животного организма и окружающих условий.

Влияние вида, возраста, упитанности, анатомического участка, состояния животного перед убоем.

В говядине полное развитие окоченения наступает через

18-24 час при температуре 0-4 °С. В свинине посмертное окоченение происходит быстрее - через 16-18 час автолиза вследствие замедленного теплоотода за счет наличия слоя шпига; в мясе кур - через 5 час, индеек - через 8 час.

Различиями в концентрации и активности мышечных ферментов объясняется более быстрое развитие окоченения в мясе молодых животных, чем в старых.

Посмертное окоченение происходит интенсивнее в отрубках, несущих активную прижизненную мышечную нагрузку и имеющих больше мышечных ферментов (скелетные мышцы конечностей и др.).

В мышцах упитанных, отдохнувших животных максимум развития окоченения наступает позже, чем у больных, уставших, по причине более высокого содержания гликогена в мышечной ткани.

Важнейшим внешним фактором, определяющим скорость биохимических процессов, является температура окружающей среды: в мышцах животных при температуре 15-18 °С максимум окоченения наступает через 10-12 час, а при 0-4 °С - через 18-24 час.

Резко тормозится развитие окоченения при введении в парное мясо поваренной соли, ингибирующей АТФазную активность миозина и образование актомиозинового комплекса.

Быстрое замораживание парного мяса также тормозит скорость ферментативных автолитических процессов.

Эти технологические приемы дают возможность устранить или свести к минимуму последствия посмертного окоченения, т.е. стабилизировать свойства парного мяса.

Повышение скорости автолиза мяса можно достигнуть электростимуляцией парных туш, в результате чего ускоряются реакции гликолиза, сокращается длительность выдержки сырья на созревании.

6. Понятие о мясе с нетрадиционным характером автолиза

При производстве мяса приходится сталкиваться с сырьем, в котором характер автолитических процессов (закономерности изменения свойств мяса при автолизе) существенно отличается от *нормального* развития автолиза (рассмотрено выше). В от-

дельных регионах количество такого сырья составляет более 50 % от общего количества перерабатываемых животных. Такое мясо называют мясом с нетрадиционным характером автолиза.

На основании имеющихся научных данных в настоящее время считается, что основной причиной появления мяса с отклонениями в свойствах является промышленная технология выращивания животных. Ее основные признаки: гиподинамия, интенсивный откорм, селекция на скороспелость и мясность. В этих условиях формируется повышенная подверженность животных к стрессовым воздействиям, в результате чего нарушаются биохимические процессы автолиза.

Мясо с отклонениями в ходе автолиза отличается от нормального по органолептическим (цвет, консистенция) и технологическим свойствам (рН, ВСС и др.), с учетом которых различают группы двух видов:

PSE	DFD
P - Pale (бледное)	D - Dark (темное)
S - Soft (мягкое)	F - Firm (твердое)
E - Exudative (водянистое)	D - Dry (сухое)

Мясо с признаками DFD имеет через 24 час после убоя величину рН выше 6,3, темную окраску, грубую структуру волокон, обладает высокой ВСС, повышенной липкостью и обычно бывает характерным для молодняка КРС, подвергавшегося различным видам длительного стресса до убоя. Вследствие прижизненного распада гликогена количество образовавшейся после убоя молочной кислоты в мясе таких животных невелико, миофибриллярные белки имеют хорошую растворимость и ВСС.

Высокие значения рН снижают микробиологическую стабильность DFD мяса и ограничивают сроки его хранения в охлажденном виде.

Экссудативное PSE мясо характеризуется светлой окраской, мягкой рыхлой консистенцией, низкой ВСС, кислым прикусом.

Признаки PSE чаще всего имеет свинина, полученная от убоя животных с интенсивным откормом и ограниченной подвижностью при содержании. Появление мяса PSE - качества может быть

обусловлено также генетическими последствиями, воздействием кратковременных стрессов перед убоем животных.

После убоя в мышечной ткани происходит интенсивный распад гликогена, посмертное окоченение наступает быстрее. В течение часа величина рН мяса понижается до 5,3-5,5. Температура сырья в это время сохраняется на высоком уровне. В итоге происходит денатурация саркоплазматических белков и их взаимодействие с миофибриллярными белками, что приводит к снижению ВСС мяса. Мясо PSE более устойчиво при хранении, чем DFD, но отличается более высокой усушкой при холодильной обработке.

Существенные различия в свойствах мяса с разным характером автолиза определяют целесообразность его сортировки. Сортировку сырья удобно вести по величине рН, измеряемой через 1-2 часа после убоя.

Применение электростимуляции туш определяет три группы качества: 1) рН₁ 5,3-5,5 PSE; 2) рН₁ 5,6-6,2 NOR; 3) рН₁ больше 6,2 DFD.

Сортировка сырья по характеру автолиза способствует рациональному использованию мяса при его переработке в мясные продукты.

Вопросы для самопроверки:

1. Понятие об автолизе.
2. Автолитические превращения мышечной ткани. Стадии автолиза.
3. Изменения в углеводной и белковой системах мяса при автолизе.
4. Факторы, влияющие на интенсивность автолитических превращений.
5. Изменение органолептических и технологических свойств мяса в ходе автолиза.
6. Современные представления в ходе автолитических изменений в мясе различных групп качества (NOR, PSE, DFD).
7. Автолитические изменения жировой ткани, крови, их значение.

Глава 9. Изменение свойств мяса и мясопродуктов под действием ферментов микроорганизмов

1. Механизм гнилостной порчи и ее влияние на качество мяса.
2. Факторы, определяющие устойчивость мяса к микробной порче.
3. Способы консервирования мяса. Понятие о концепции барьерной технологии пищевых продуктов

1. Механизм гнилостной порчи и ее влияние на качество мяса

Мясо, получаемое после убоя и первичной обработки туш животных, не является стерильным и характеризуется так называемой первоначальной обсемененностью, уровень которой зависит от многих факторов. Вследствие высокого содержания влаги и белков мясное сырье служит благоприятной средой для развития гнилостной микрофлоры, вызывающей порчу мяса.

Механизм гнилостной порчи мяса заключается в следующем. Белки, являющиеся высокомолекулярными соединениями, не способны диффундировать через клеточные оболочки микроорганизмов. Для преобразования их в пригодные для всасывания и усвоения соединения гнилостные микроорганизмы выделяют в субстрат протеолитические ферменты, катализирующие гидролиз белков, полипептидов и дальнейшие превращения свободных аминокислот. Таким образом, *гниение* следует рассматривать как процесс разложения белковых веществ мяса под действием ферментов гнилостных микроорганизмов. При гнилостном распаде белков образуются разнообразные продукты гниения.

В процессе гниения участвует большое число различных микроорганизмов; общий биохимический характер этих процессов довольно постоянен; детали изменяются в зависимости от вида микрофлоры, внешних условий, состава и свойств белков.

Гниение может происходить при доступе (аэробное гниение) и в отсутствии кислорода (анаэробное гниение). Обычно гнилостное разложение мяса начинается с поверхности под действием аэробов и факультативных аэробов.

Наиболее распространенными гнилостными микробами являются *Bact. proteus*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, *Bac. Pseudomonas* и некоторые виды анаэробов: *Bac. sporogenes*, *Bac. putrificus* и др.

В ходе микробиальных превращений белков в мясе накапливаются вещества самой разной химической природы. На начальной стадии гнилостного разложения происходит гидролиз пептидных цепей белковых молекул с образованием полипептидов разной молекулярной массы и некоторого количества свободных аминокислот. Таким образом, *первичными* продуктами распада белков являются *полипептиды*, которые с водой образуют слизь. Полипептиды в основном растворимы в горячей воде и при варке испорченного мяса переходят в бульон, который становится мутным. Эти свойства бульона используют для суждения **о свежести мяса**.

Образование слизи на поверхности мяса является характерным признаком развития аэробной гнилостной порчи. *Ослизнение* – это один из наиболее часто встречающихся видов порчи охлажденного мяса при хранении и транспортировке. Оно обнаруживается, когда на один см² поверхности насчитывается около 10^{7,5} микроорганизмов. При низких плюсовых температурах срок появления ослизнения зависит от первоначальной микробиальной обсемененности мяса и относительной влажности воздуха. Сначала образуются отдельные колонии, потом они сливаются в сплошной мажущийся слизистый налет мутно-серого цвета. Мясо, пораженное ослизнением, теряет товарный вид, вкус, аромат, становится влажным и липким на ощупь.

Мясо при ослизнении промывают, определяют *степень свежести* и используют для промышленной переработки (если нет отклонений по показателям свежести). При хранении мяса с признаками ослизнения происходит его дальнейшая порча - *гниение*.

По мере развития гнилостных процессов растет количество свободных аминокислот и начинаются процессы их превращения с образованием *вторичных* и *конечных* (неорганических) продуктов гниения.

Распад аминокислот в зависимости от характера микрофлоры и конкретных условий внешней среды происходит путем гидролитического, окислительно-восстановительного дезамини-

рования и декарбоксилирования.

В ходе *дезаминирования* аминокислот образуются аммиак, жирные кислоты (уксусная, масляная, муравьиная, пропионовая), оксикислоты, альдегиды, спирты. Их образование влияет на формирование неприятного запаха.

В результате *декарбоксилирования* образуется углекислый газ и амины, некоторые из которых ядовиты.

Катализируемое ферментами гнилостной микрофлоры дезаминирование и декарбоксилирование тирозина и триптофана приводит к образованию, помимо аммиака и углекислого газа, крезола, фенола, скатола, индола, которые являются ядовитыми и резко ухудшают запах мяса.

Распад серусодержащих аминокислот (метионина, цистина) сопровождается накоплением сероводорода, аммиака, меркаптанов, что отрицательно влияет на запах мяса.

Изменение цвета мяса при гнилостной порче обусловлено взаимодействием H_2S с миоглобином. Образующийся *сульфомиоглобин* или *холемиоглобин* придает мясу зеленую окраску. Приобретение мясом зеленой или желтой окраски может быть результатом окисления миоглобина пероксидом водорода, продуцируемого некоторыми микроорганизмами. Кроме того, причиной изменения окраски могут служить пигменты различного цвета, выделяемые некоторыми микроорганизмами.

Наряду с изменениями мышечных белков развитие микробиологических процессов приводит к изменению компонентов соединительной ткани. Под действием коллагеназы и гиалуронидазы, выделяемых некоторыми микроорганизмами, происходит гидролиз коллагена и распад мукополисахаридов, что отражается на микроструктуре мяса, его консистенции.

Превращения липидов и углеводов.

Некоторые микроорганизмы (например, *Pseudomonas*) имеют ферментные системы, вызывающие гидролитические и окислительные изменения липидов, в результате которых в мясе накапливаются свободные жирные кислоты, органические перекиси, а на более поздних стадиях - альдегиды, кетоны, оксикислоты.

В процессе гнилостного разложения разрушаются практически все компоненты мяса, однако наибольшее значение имеют превращения белковых веществ. В мясе при гниении появляются

ся новые химические соединения, а также изменяется количественное содержание имеющихся. Все это существенно влияет на изменение цвета, запаха, вкуса, консистенции, пищевой ценности и безвредности мяса в сторону их ухудшения.

Испортившееся мясо может стать причиной пищевых отравлений: токсикоинфекций, возникающих при употреблении человеком продукта, содержащего сальмонеллы, кишечную палочку и протей; и интоксикаций, вследствие наличия в продуктах ядов (токсинов), выделяемых некоторыми видами микроорганизмов (стафилококки, стрептококки, ботулинус) в процессе их деятельности.

Таким образом, развитие гнилостной микрофлоры сопровождается распадом белков, разрушением аминокислот, в том числе и незаменимых, накоплением продуктов их превращений, что понижает пищевую и биологическую ценность мяса, резко ухудшает его цвет, запах, консистенцию, способствует образованию вредных для человека веществ и делает мясо непригодным в пищу.

Важно обнаружить гнилостное разложение на ранней стадии. Это можно сделать с использованием ряда субъективных и объективных показателей.

Эффективный способ выявления порчи - варка проб, так как при повышении температуры возрастает испаряемость летучих соединений. Рекомендуется также растирать кусочки мяса между пальцами. Запах разлагающегося мяса значительно усиливается при нанесении на его поверхность разбавленных кислот и щелочей. При развитии анаэробной порчи эффективным способом проверки является прокалывание глубоких слоев мяса деревянной палочкой.

При объективной оценке свежести мяса определяют содержание летучих жирных кислот и по их количеству мясо разделяют на свежее, сомнительной свежести и несвежее.

Для объективной оценки свежести мяса используют также микробиологические и гистологические методы анализа.

От степени свежести мяса зависит направление его использования.

2. Факторы, определяющие устойчивость мяса к микробиальной порче

Интенсивность развития микробиологических процессов зависит от состава и свойств мяса: вида сырья, содержания в нем воды, величины рН, активности воды, состояния поверхности (наличия порезов, корочки подсыхания) и др.

Продукты с пониженным содержанием влаги легче противостоят микробиальной порче. Из общего количества воды, содержащейся в пищевом продукте, бактерии, дрожжи, плесени могут использовать для своей жизнедеятельности лишь определенную «активную» часть. Для характеристики состояния влаги в продукте, наряду с другими показателями, применяют показатель *активности воды* a_w , определяемый как отношение парциального давления водяного пара над поверхностью продукта (P) к парциальному давлению насыщенного водяного пара (P_0) при той же температуре. Активность воды - это характеристика самого продукта, обусловленная химическим составом и гигроскопическими свойствами его. Чем прочнее связана влага с материалом, тем меньше величина P , и наоборот, для свободной воды P достигает значения P_0 . Уменьшение активности воды замедляет рост микроорганизмов до тех пор, пока на определенном уровне он практически не останавливается. Для роста большинства бактерий необходимо a_w не ниже 0,90-0,94; дрожжей - 0,85-0,88; плесеней - 0,65-0,80, поэтому при хранении охлажденного мяса необходимо создать на его поверхности корочку подсыхания, более устойчивую к действию микрофлоры и задерживающую распространение ее в глубину.

Снижение величины рН мяса в ходе автолиза с 7,0 до 5,6-5,2 для патогенных и гнилостных микроорганизмов ухудшает условия их жизнедеятельности, сокращает их ферментативную активность и способность к размножению. Эти процессы начинают развиваться только с увеличением рН. Развитие микробиологических процессов в мясе PSE и DFD протекает иначе. Мясо PSE отличается низким рН. Однако на практике ожидаемое повышение устойчивости PSE мяса к действию микробов не оправдывается из-за повышенного содержания свободной воды в этом сырье, наоборот, срок хранения этого мяса меньше, чем у

NOR сырья. Высокие значения рН, характерные для DFD мяса, способствуют развитию микроорганизмов, благодаря чему порча этого сырья наступает быстрее, чем у NOR мяса.

Важнейшим фактором, определяющим сохранность мясного сырья, является его начальная микробиальная обсемененность. Инфицирование мясных туш и других продуктов убоя происходит эндогенным и экзогенным путем.

Эндогенное обсеменение микроорганизмами тканей и органов может происходить при жизни животного или после убоя. У истощенных и утомленных животных снижается устойчивость организма. Бактерии из кишечника через кровеносную и лимфатическую системы проникают в его органы и ткани. Постмертное эндогенное обсеменение продуктов убоя возможно при задержке извлечения желудочно-кишечного тракта после убоя животного.

Экзогенное попадание микроорганизмов в мясо может происходить на всех стадиях технологической обработки: в период обескровливания, съемки шкуры, нутровки, шпарки, туалета, при использовании грязного инструмента, низком уровне личной гигиены рабочих.

Для мяса, полученного при строгом соблюдении технологической дисциплины и санитарных требований, от здоровых, упитанных и неутомленных животных, характерна только поверхностная микробиальная обсемененность.

На развитие микроорганизмов в мясе существенным образом влияют такие внешние факторы, как *относительная влажность воздуха и тем-пература*.

Максимальная скорость развития бактерий в охлажденном мясе наблюдается при относительной влажности воздуха более 90-95 %.

Снижение температуры тормозит развитие микроорганизмов, и этот прием используется как способ консервирования мяса (охлаждение, за-моразивание).

Многие микроорганизмы очень чувствительны к повышенной (по сравнению с естественными условиями) концентрации растворенных веществ и связанному с этим повышению осмотического давления субстрата. Это свойство широко используется для подавления жизнедеятельности гнилостной микро-

флоры мяса, например, при его посоле.

Регулировать процессы жизнедеятельности микроорганизмов можно путем изменения парциального давления кислорода в окружающей среде, что реализуется в технологической практике за счет упаковывания мяса под вакуумом, хранения мясного сырья в регулируемой газовой среде.

Знание факторов, определяющих интенсивность развития микроорганизмов, позволяет использовать в технологической практике приемы, способствующие торможению и предотвращению микробиальной порчи мясного сырья и продуктов. Эти приемы направлены на устранение возможности попадания микроорганизмов в мясо и создание неблагоприятных условий для их размножения.

3. Способы консервирования мяса. Понятие о концепции барьерной технологии пищевых продуктов

Предупреждение или торможение нежелательной микробиальной порчи мяса и мясных продуктов достигается путем применения различных способов консервирования.

При консервировании используют действие различных сохраняющих факторов (называемых *барьерами*):

- физических (применение высоких и низких температур, ионизирующих излучений, ультрафиолетовых излучений, обезвоживания, применение упаковки и защитных покрытий);
- химических (использование консервантов);
- физико-химических (посол, копчение и др.);
- биохимических (направленное использование микрофлоры).

Микробиологическая безопасность и пищевая ценность мясных продуктов часто находятся в противоречии. Продукты, подвергаемые мягкой обработке, имеют хороший вид, вкус и т.д., но менее стойки к действию микробов (с точки зрения снижения качества) и менее безопасны (с точки зрения пищевых отравлений). Таким образом, соответствующая обработка продукта является компромиссом в отношении качества и безопасности. В этом плане наглядным примером служат мясные консервы, которые являются микробиологически безопасными и стойкими, однако из-за тепловой стерилизации имеют недостат-

ки по показателям пищевой ценности.

Современные способы обработки должны быть направлены на получение стойких при хранении продуктов с высокими показателями качества, что может достигаться *комбинацией* нескольких сохраняющих факторов (барьеров), которые не могут преодолеть микроорганизмы, присутствующие в продукте. Эта концепция (называемая *барьерной технологией*) перспективна для современных способов сохранения качества пищевых продуктов. Основные принципы барьерной технологии:

- высокая микробиологическая стойкость и безопасность продуктов;
- максимальные органолептические свойства и пищевая ценность продуктов;
- минимальная обработка продуктов.

Эта концепция справедлива как для традиционных пищевых продуктов, так и для новых продуктов, для которых барьеры тщательно подбираются, а затем целенаправленно используются.

Примером традиционной комбинации барьеров может служить копчение мясопродуктов, где сочетаются консервирующее действие обезвоживания, соли и бактерицидных веществ копильного дыма.

Известно более 60-ти потенциальных сохраняющих факторов (барьеров). В настоящее время в качестве перспективных признаны физические нетепловые барьеры: применение высокого гидростатического давления; комбинирование тепловой обработки, давления и ультразвука; воздействие импульсного электрического тока и т. д. К другой группе перспективных барьеров относятся «природные консерванты», такие, как экстракты пряностей, лизоцим и др.; применение методов биотехнологии, в частности, направленное использование микроорганизмов. Однако как традиционные барьеры, так и барьеры будущего применяются в сочетании с другими барьерами, например, мягкой тепловой обработкой, охлаждением и т. п.

Барьерная технология целенаправленно и в возрастающих масштабах будет применяться при производстве мясных продуктов.

Вопросы для самопроверки:

1. Механизм гнилостной порчи мяса и других продуктов убоа.
2. Изменение показателей качества мяса.
3. Классификация мяса по степени свежести.
4. Технологические приемы торможения и предотвращения микробиальной порчи мяса и мясoпродуктов.
5. Понятие о концепции барьерной технологии пищевых продуктов. Важнейшие факторы (барьеры) и их возможные комбинации.
6. Биохимические основы использования конкурирующих микроорганизмов в технологии мясoпродуктов.
7. Современное состояние и перспективы использования в технологии мяса и мясoпродуктов комбинаций традиционных и потенциальных сохраняющих факторов.

Глава 10. Изменение свойств мяса при холодильной обработке

1. Способы холодильной обработки мяса
2. Изменения мяса при охлаждении и хранении в охлажденном виде
3. Изменения мяса в процессе замораживания и хранения в замороженном виде

1. Способы холодильной обработки мяса

В промышленной практике мясокомбинатов используют следующие способы холодильной обработки:

- охлаждение и хранение охлажденного мяса и мясопродуктов при температурах выше криоскопических, но близких к ним;
- замораживание и хранение замороженного мяса и мясопродуктов при температурах значительно ниже криоскопических;
- размораживание мяса с повышением температуры в толще бедренной части полутуши не ниже 1 °С в регламентированных условиях.

Охлаждение - теплофизический процесс отнятия животного тепла, понижение температуры мяса до нижней границы, в пределах которой вода находится в жидком состоянии, то есть в доступной для микроорганизмов форме (имеется в виду снижение температуры мяса от 36-37 °С до 0-4 °С в толще бедренной части полутуш).

Цель охлаждения - **торможение** развития микроорганизмов за счет снижения температуры мяса и создания на его поверхности корочки подсыхания, которая затрудняет развитие микробов на поверхности и их проникновение в толщу мяса.

Наиболее широко в промышленной практике используется *воздушное* охлаждение мяса при близкриоскопических температурах (0-4 °С). Длительность воздушного охлаждения можно снизить за счет снижения температуры воздуха и увеличения скорости его движения (до 3-4 м/сек). В зависимости от параметров охлаждения различают одностадийный медленный, ускоренный и быстрый способы, а также двухстадийный быстрый и сверхбыстрый способы воздушного охлаждения. При

этом длительность охлаждения говяжьей полутуши может варьировать от 26-28 до 12-16 час. Хранят охлажденное мясо при температуре 0-4 °С не более 12-16 суток.

Замораживание - теплофизический процесс превращения в лед содержащейся в мясе влаги в результате отвода тепла при температуре ниже криоскопической. Замороженным считается мясо, температура которого в толще бедренной части не выше минус 8 °С.

Цель замораживания - **предотвращение** микробальной порчи мяса и подготовка его к длительному низкотемпературному хранению.

При определении условий замораживания исходят из задач не только предотвращения размножения микроорганизмов, но и предупреждения существенных изменений свойств продуктов вследствие физических, физико-химических и биохимических процессов.

Замораживание и хранение мяса в замороженном состоянии осуществляется в интервале температур от минус 12 до минус 40 °С. Верхний температурный предел обусловлен невозможностью развития микроорганизмов при температуре минус 12 °С и ниже. Нижний температурный предел определяется технической возможностью и экономической целесообразностью получения низких температур в мясной промышленности.

Наиболее часто применяется воздушное замораживание туш и полутуш. Более перспективным является блочное замораживание бескостного мяса в скороморозильных аппаратах с использованием жидких теплоотводящих сред, что обеспечивает интенсивный теплоотвод и снижение длительности замораживания.

Сроки хранения замороженного мяса зависят от его вида и условий хранения (табл. 11).

Таблица 11

Вид мяса	Температура воздуха в камере, °С	Предельные сроки хранения, мес., не более
Говядина в полутушах	-12	8
	-18	12
	-20	14
	-25	18
Свинина в полутушах	-12	3
	-18	6
	-20	7
	-25	12

2. Изменения мяса при охлаждении и хранении в охлажденном виде

При охлаждении и хранении в охлажденном состоянии в мясе могут протекать с достаточной интенсивностью микробиологические, биохимические и физико-химические процессы. В результате качество охлажденного мяса и величина его потерь при охлаждении и хранении формируются под влиянием этих взаимосвязанных процессов.

Микробиологические процессы. Понижение температуры мяса до близкриоскопической ($t_{кр}$ = минус 1,2 °С) приводит к торможению процессов жизнедеятельности микроорганизмов, к нарушению обменных процессов в микробной клетке. В результате этого размножение термофильных микроорганизмов приостанавливается, мезофильных замедляется. Психрофильные микроорганизмы продолжают развиваться с меньшей активностью. Наиболее устойчивы к действию низких положительных температур психрофильные аэробы (*Pseudomonas*). Таким образом, охлаждение мяса до температур (0-4 °С), близких к точке замерзания тканевой жидкости, не исключает возможности микробиальной порчи мяса. Глубина и интенсивность этих изменений зависят от свойств мясного сырья и условий хранения. Образование слизи на поверхности мяса при 0 °С наблюдается через 20-30 суток хранения, а при 16 °С - на вторые сутки хранения.

Как бы правильно не осуществлялись процессы охлаждения мяса и последующего его хранения в охлажденном состоянии, наступает момент, когда сырье становится непригодным в пищу из-за микробиальной порчи (гниения), поэтому сроки хранения охлажденного мяса ограничиваются его микробиальной порчей.

В этой связи важной практической задачей является увеличение сроков хранения мяса в охлажденном состоянии. Для этого пригодны меры, направленные на подавление развития микроорганизмов:

- снижение первоначальной микробной обсемененности сырья;
- быстрое охлаждение мяса;
- стабильность параметров при хранении мяса во избежание увлажнения поверхности мяса;
- сортировка мяса по характеру автолиза и контроль за сроками хранения PSE и DFD мяса;
- регулярная санитарная обработка камер охлаждения и хранения мяса;
- использование пленкообразующих покрытий, парогазонепроницаемых упаковочных материалов;
- хранение упакованного мяса в регулируемой газовой среде;
- озонирование и ультрафиолетовое облучение холодильных камер и др.

Биохимические изменения. При охлаждении и хранении мяса продолжают автолитические ферментативные процессы, начавшиеся сразу после убоя животного. Интенсивность и глубина автолитических изменений мяса зависят от условий охлаждения и длительности хранения мяса.

Установлено, что темп охлаждения мяса определяет не только интенсивность автолитических изменений сырья, но и влияет на характер автолиза белковых систем. При быстром охлаждении говядины, баранины, мяса птицы наблюдается явление *холодового сокращения* мышц, сопровождающееся нарастанием жесткости мяса, мало устраняемой при последующем созревании в процессе хранения мяса. Изменяется состояние миофибрилл, ускоряется распад АТФ, образование актомиозинового комплекса, идет сокращение мышечных волокон, изме-

няется консистенция мяса. Отмечено, что если при охлаждении говядины температура мяса снижается до 10-11 °С быстрее, чем величина рН изменяется до 6,2, то наступает холодное сокращение мышц. Для свинины подобное явление не наблюдается, так как темп охлаждения ниже за счет наличия слоя шпига, что снижает теплоотдачу от сырья к воздуху.

Для предупреждения холодного сокращения необходимо снизить запасы гликогена и АТФ до охлаждения. Наиболее рациональным приемом может служить электростимуляция туш в убойном цехе.

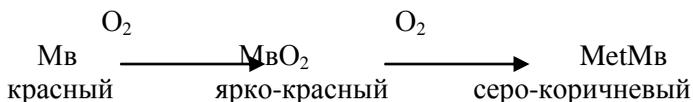
При низком темпе охлаждения (медленное охлаждения) возможно появление такого вида порчи мяса как *загар*. Под загаром понимают процесс, происходящий под влиянием тканевых ферментов, который следует рассматривать как атипично протекающий автолиз. Загар возникает при охлаждении мяса в условиях медленного теплоотвода, обусловленного перегрузкой камер, повышенной температурой охлаждающего воздуха и его недостаточной циркуляцией. Особенно велика вероятность загара для туш с хорошо развитой жировой тканью, тормозящей теплообменные процессы и газообмен с окружающей средой. Непосредственной причиной загара является быстрое накопление кислых продуктов анаэробного гликолиза, обусловленное высокой активностью тканевых ферментов.

Признаки загара сходны с признаками гнилостного разложения. Мясо в глубоких слоях приобретает неприятный кислотухлый запах, непомерно мягкую консистенцию, медно-красную или желто-коричневую окраску; реакция среды - кислая.

Пригодность мяса с загаром для переработки зависит от степени его развития. Для определения пригодности мяса с загаром его нарезают на полоски и проветривают в холодильной камере. Если через 24 часа выдержки неприятный запах не исчезает, мясо не годно для переработки и потребления.

При слабовыраженном загаре мясо используют для изготовления вареных и ливерных колбас.

Химические изменения за счет взаимодействия с кислородом воздуха. В процессе охлаждения начинаются и при хранении проявляются последствия взаимодействия пигмента мяса с кислородом воздуха:



При увеличении количества метмиоглобина до 70 % от общего количества пигментов в мясе его окраска становится серо-коричневой.

Начинаются процессы окисления липидов, но они не заходят глубоко вследствие ограниченных сроков хранения охлажденного мяса.

Физические изменения, вызываемые тепло- и массообменом с окружающей средой. Вследствие этих изменений в процессе охлаждения и хранения происходит снижение массы мяса за счет испарения влаги с поверхности в окружающую среду, формируется так называемая *усушка*. Величина усушки зависит от свойств сырья (вида мяса, категории упитанности, массы, площади поверхности) и условий охлаждения и хранения (способ охлаждения, температура и скорость движения воздуха). В среднем при охлаждении величина усушки составляет около 1-2 % от массы мяса, поступающего на охлаждение.

Борьба с усушкой - резерв снижения потерь мясного сырья. Пути снижения усушки мяса при охлаждении и хранении мяса:

- снижение длительности охлаждения мяса;
- повышение относительной влажности воздуха на начальном этапе охлаждения до 95-98 % с последующим снижением до 90-92% для образования корочки подсыхания;
- использование парогазонепроницаемых упаковочных материалов для упаковки мяса (снижает усушку в несколько раз);
- использование пищевых самоформирующихся покрытий (снижает усушку на 20 %).

3. Изменения мяса при замораживании и хранении в замороженном виде

При замораживании мяса в нем происходят физические, гистологические, коллоидно-химические, биохимические и биологические изменения, имеющие важное значение для его качества.

Из всех процессов, протекающих при замораживании мяса

кардинальным, определяющим все другие изменения, является процесс кристаллообразования - вымерзания влаги в мясе.

Кристаллообразование. При достижении криоскопической температуры ($t_{кр}$ = минус 0,6-1,2 °С для мясного сырья) начинается вымерзание воды тканевой жидкости. В результате в жидкой фазе растет концентрация растворенных веществ, что приводит к снижению криоскопической температуры.

Основная масса влаги в мясе (около 80 %) вымерзает в интервале температур минус 2-8 °С. Но даже при минус 30 °С в мясе остается часть незамерзшей влаги (8-12 %).

Количество вымерзшей влаги зависит от условий замораживания, общего содержания влаги в продукте, форм и прочности связи влаги с материалом, концентрации растворенных веществ.

Образование кристаллов при замораживании происходит в такой последовательности:

- переохлаждение сырья (снижение активности теплового движения частиц);
- образование зародышей кристаллов - I фаза кристаллообразования;
- выделение скрытой теплоты кристаллизации, повышение температуры, приостановление образования новых зародышей;
- рост образовавшихся кристаллов - II фаза кристаллообразования.

Образование новых центров кристаллообразования зависит от скорости теплоотвода от замораживаемого продукта в окружающую среду. Размер и распределение кристаллов льда в мясе зависят от условий замораживания, его свойств.

Образование кристаллов льда начинается в первую очередь в межклеточном пространстве вследствие более низкой концентрации растворимых веществ и сопровождается миграцией влаги из клеток. При *медленном* замораживании (скорость замораживания менее 0,5 см/час) образуются *крупные* кристаллы вне клеток и изменяется первоначальное соотношение объемов межклеточного и внутриклеточного пространства в результате диффузии влаги и фазового перехода воды. *Быстрое* замораживание (скорость замораживания 1-2 см/час и более) предотвращает значительное перераспределение влаги,

что способствует образованию *мелких*, равномерно распределенных крис-таллов.

Принимая во внимание, что максимальное кристаллообразование происходит в диапазоне от минус 2 до минус 8 °С, перераспределение воды и образование крупных кристаллов можно предотвратить при быстром понижении температуры в этом интервале.

Образование кристаллов льда независимо от их размеров всегда сопровождается переносом влаги, который вызывается разностью осмотических давлений вблизи поверхности кристалла и на некотором удалении от него. Эта разность возникает в результате повышения концентрации тканевой жидкости вблизи поверхности кристалла в связи с переходом части влаги в кристаллическое состояние. При этом, чем больше размеры продукта, чем медленнее теплоотвод, тем значительнее перенос влаги. Перемещение влаги в свою очередь влияет на состояние белков.

Влияние замораживания на микроорганизмы. Кристаллизация влаги является одной из причин гибели микроорганизмов при замораживании. Замораживание не обеспечивает стерильности продукта, так как некоторые микроорганизмы приспосабливаются к низкой температуре, переходя в состояние анабиоза.

При замораживании и последующем хранении происходит отмирание 90-99 % микробных клеток. Так, число микробов на поверхности мяса, хранившегося при минус 18 °С, через 3 месяца уменьшилось на 50 %, через 6 месяцев - на 80 %, а через 9 месяцев их осталось 1-2 % от начального количества. В оставшейся микрофлоре преобладают психрофильные бактерии и плесени. Приостановка жизнедеятельности и отмирание микроорганизмов происходит по двум взаимосвязанным причинам: 1) нарушение обмена веществ и 2) повреждения структуры клеток.

При температуре минус 10 минус 12 °С микроорганизмы не способны развиваться, что обеспечивает длительную сохранность замороженного мяса.

Изменение структуры тканей (гистологические изменения). Кристаллообразование сопровождается разрушением морфологической структуры тканей. Наибольшие структурные изменения имеют место при медленном замораживании вследствие образования крупных кристаллов льда, которые расширяют межклеточное пространство, разрушают соединительнот-

канные прослойки острыми гранями, мышечные волокна деформируются, а иногда разрушаются, что приводит к потерям мясного сока при размораживании мяса. Теряется не только влага, но и питательные вещества.

Для сохранения морфологической структуры тканей мяса при замораживании и снижения величины возможных потерь при размораживании сырья целесообразно использовать способы и режимы замораживания, обеспечивающие интенсивный теплоотвод. При этом очень важно правильно выбрать температуру хранения мяса и обеспечить ее стабильность. Иначе возможна перекристаллизация - изменение структуры льда в процессе хранения, укрупнение кристаллов со всеми вытекающими последствиями.

Изменение состояния белков. Увеличение концентрации тканевого сока при замораживании обуславливает денатурацию и коагуляцию мышечных белков. В большей степени этим изменениям подвергаются миофибриллярные белки, в первую очередь, миозин.

При замораживании возможно механическое разрушение белковых цепочек за счет напряжений, возникающих в тканях при образовании и росте кристаллов и превышающих энергию ковалентной связи.

Денатурационные и агрегационные превращения белков при замораживании и хранении мяса приводят к понижению их растворимости, изменению заряда и массы белковых фракций. Указанные превращения белков влияют на их гидратацию, ВСС мяса, его консистенцию и сочность и могут отразиться на устойчивости белков к действию пищеварительных ферментов.

Степень снижения гидрофильности белков зависит:

- от скорости замораживания мяса;
- глубины автолиза мяса перед замораживанием;
- условий и длительности хранения мяса.

В максимальной степени нативные свойства белков мяса сохраняются при быстром замораживании парного мяса.

Автолитические процессы при замораживании и последующем хранении мяса продолжаются с меньшей скоростью, так как деятельность ферментов резко замедляется, но не приостанавливается даже при очень низких температурах.

Чем быстрее производится замораживание мяса, тем на

более ранней стадии тормозятся автолитические процессы, при этом, надо учитывать размеры продукта. На периферии может быть торможение автолиза, а в глубинных слоях процессы идут с достаточной скоростью, так как теплоотвод из глубинных слоев даже при быстром замораживании замедлен.

Признаки глубокого гидролиза белков обнаруживаются в процессе хранения мяса при минус 18 °С, о чем свидетельствует возрастание количества амино-аммиачного азота в тканях.

При замораживании и хранении мяса не приостанавливается гидролитический распад жира, однако резко тормозится с понижением температуры хранения. Так, кислотное число свиного шпига, хранившегося 12 месяцев при минус 18 °С выросло на 0,2, а при минус 8 °С - на 1,6.

Резкое торможение автолитических процессов обеспечивается при быстром замораживании сырья, имеющего небольшие размеры; это имеет первостепенное значение при холодильном консервировании эндокринно-ферментного сырья.

Массообменные и химические взаимодействия с окружающей средой. Разница парциальных давлений водяных паров над поверхностью продукта и в окружающей среде приводит к испарению влаги (сублимации льда) из поверхностных слоев. Это сопровождается потерей массы (усушкой) и снижением качества мяса. Величина *усушки* мяса зависит от его свойств и условий замораживания и хранения.

Пути снижения усушки при замораживании и хранении замороженного мяса:

- повышение скорости замораживания мяса;
- использование паронепроницаемых упаковочных материалов, плотно прилегающих к продукту;
- замораживание упакованного мяса в блоках (усушка не более 0,1 %);
- использование ледяных экранов при штабелировании мясных полутуш для длительного хранения.

Химическое взаимодействие компонентов мяса с кислородом воздуха приводит к существенным изменениям качества мяса. Глубина этих изменений в значительной степени определяется условиями и длительностью хранения мяса.

Окисление миоглобина кислородом, а также увеличение концентрации пигментов в поверхностном слое вследствие его пересыхания сопровождаются потемнением поверхности полу-туш и появлением серо-коричневой *окраски*, характерной для метмиоглобина.

Изменение *запаха* и *вкуса* мяса в процессе хранения обусловлены главным образом, окислительными изменениями липидов. Образующийся на поверхности мяса губчатый обезвоженный слой способствует увеличению степени контакта мяса с кислородом воздуха. В ходе окислительных реакций образуются первичные и вторичные продукты окисления жиров, что отрицательно сказывается на органолептических показателях, его биологической ценности. При длительном хранении мяса возможно образование токсичных продуктов окисления жиров. В связи с этим изменения жировой ткани мяса под действием кислорода воздуха играют решающую роль для сроков хранения мяса. Так как интенсивность этих изменений определяется температурой и видом жира, допустимая продолжительность хранения мороженого мяса также зависит от этих факторов (см. табл. 11 на стр. 59).

Продолжительность хранения замороженного мяса ограничивается окислительными изменениями липидов под действием кислорода воздуха.

Снизить степень этих нежелательных изменений можно путем понижения температуры хранения мороженого мяса, применения вакуум-упаковки, использования упаковочных материалов с низкой газопроницаемостью.

Учитывая рассмотренный выше материал можно заключить следующее. При замораживании и последующем хранении *потери* мясного сырья формируются:

- за счет разрушения морфологических элементов тканей кристаллами льда и отека мясного сока при замораживании;
- снижения степени гидратации белков и, как следствие, снижения ВСС мяса и увеличения потерь мясного сока при размораживании мяса;
- усушки мяса вследствие испарения влаги и сублимации льда с поверхности мяса.

Снижение *качества* мяса при замораживании и последующем хранении происходит:

- за счет потерь питательных веществ (белков, витаминов и др.) вследствие оттекания мясного сока при размораживании;
- ухудшения органолептических показателей качества (цвет, запах, вкус) вследствие окисления пигментов, липидов мяса;
- снижения перевариваемости белков пищеварительными ферментами вследствие агрегирования белков, образования липопротеидных комплексов;
- образования токсичных соединений при глубоком окислении липидов мяса.

Необходимо отметить, что в итоге качество мяса и величина потерь определяются исходными свойствами сырья, условиями замораживания и хранения его в замороженном виде, условиями размораживания. Это все звенья одной цепи.

Для снижения негативных последствий замораживания и длительного хранения мяса целесообразно:

- применять способы замораживания, обеспечивающие интенсивный теплоотвод (быстрое замораживание);
- замораживать мясо в блоках (толщина блока 10-15 см);
- использовать для упаковки мяса паронепроницаемые термоусадочные упаковочные материалы;
- снижать температуру хранения мяса (до минус 25-35 °С);
- направлять на замораживание парное сырье или охлажденное на начальной стадии созревания.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие способы холодильной обработки мяса используют в технологии мясопродуктов?

2. Изменение органолептических, физико-химических, технологических свойств мяса, пищевой ценности в ходе автолитических, микробиологических процессов и взаимодействия с окружающей средой при охлаждении и хранении мяса и мясопродуктов в охлажденном виде.

3. Влияние процессов кристаллизации, рекристаллизации влаги и сублимации льда при замораживании и хранении на показатели качества мяса при размораживании.

4. Использование сохраняющих барьеров при холодильной обработке мяса с целью стабилизации его качества.

Глава 11. Изменение свойств мясного сырья при посоле

1. Общая характеристика посола.
2. Массообменные процессы при посоле.
3. Изменение водосвязывающей способности мяса при посоле.
4. Изменение окраски мяса при посоле.
5. Микробиальные и автолитические процессы при посоле

1. Общая характеристика посола

Посол в мясной промышленности используют как способ консервирования сырья (шкур, кишок, реже мяса), а также как способ обработки мяса, который в сочетании с другими: варкой, копчением, сушкой, - применяют для изготовления мясных продуктов (колбас, копченостей).

Под посолом понимают обработку сырья поваренной солью (часто в сочетании с веществами, улучшающими результат) и выдержку его в течение времени, достаточного для равномерного распределения соли и завершения процессов, в результате которых продукт приобретает необходимые свойства.

Различают сухой посол - нанесение посолочной смеси на поверхность сырья; мокрый - погружение сырья в рассол; смешанный - сочетание сухого и мокрого.

Сухой посол широко применяют при консервировании шкур, кишок, при производстве мясных продуктов из жирного сырья (шпиг соленый и др.), при изготовлении сыровяленых и сырокопченых колбас. *Мокрый посол* используют при консервировании шкур, производстве соленых мясopодуKтов (копченостей). *Смешанный посол* нашел применение в технологии соленых мясopодуKтов, при посоле шкур.

При всех способах посола диффузионный обмен протекает примерно одинаково. В то же время в зависимости от цели посола и особенностей вырабатываемого продукта существуют различия. Целью посола шкур и кишок является консервирование сырья. В ходе посола происходит накопление в тканях посолочных веществ, обезвоживание, удаление балластных веществ. При изготовлении мясopодуKтов с применением посола помимо диффузионного обмена происходит изменение структу-

ры и консистенции мяса, развивается характерная окраска, формируются специфические вкус и аромат, технологические свойства мяса. Глубина этих изменений зависит от длительности выдержки мяса в посоле.

При *кратковременном* посоле (24–48 час при 0 °С), применяемом при выработке вареных колбасных изделий, цель посола определяется необходимостью придания фаршу нужных технологических свойств. При этом первостепенное значение имеют водосвязывающая способность и липкость фарша, которые зависят, главным образом, от состояния мышечных белков.

При *длительной выдержке* мяса в посоле (от нескольких суток до нескольких недель), характерного для выработки соленых изделий, сырокопченых и сыровяленых колбас, цель посола дополняется необходимостью формирования специфических органолептических признаков продукта - консистенции, аромата, вкуса - за счет развития при посоле биохимических процессов автолитического и микробимального характера. Независимо от цели посола и характера внутренних изменений соль сохраняет роль фактора, влияющего на вкус продукта.

К посолочным веществам, традиционно используемым при посоле мяса, относятся поваренная соль, нитрит натрия, сахар, аскорбиновая кислота или ее натриевая соль (аскорбинат натрия).

Обязательным и важнейшим посолочным компонентом является поваренная соль. Роль хлорида натрия при посоле мяса многопланова. Количество добавляемой в мясо соли зависит от вида готового продукта и колеблется от 2 до 3,5 % к массе сырья. При производстве колбасных изделий соль вносится в измельченное мясо, как правило, в сухом виде. При изготовлении соленых продуктов чаще всего в виде рассолов.

2. Массообменные процессы при посоле

При любом способе посола массообмен между посолочными веществами и растворимыми составными частями продукта происходит в системе «рассол-мясо». При сухом посоле вначале вследствие гигроскопичности соли и за счет влаги сырья образуется рассол.

В момент соприкосновения соли с поверхностью сырья

между ними возникает обменная диффузия, которая приводит к перераспределению посолочных веществ, воды и растворимых компонентов продукта. Ионы натрия и хлора, нитрита проникают в продукт, а растворимые компоненты выводятся во внешнюю среду; вода в зависимости от концентрации рассола либо выводится в рассол, либо поглощается из рассола продуктом.

В системе «рассол-ткань» при классических методах посола (без применения дополнительных воздействий) посолочные вещества перемещаются диффузионно-осмотическим путем. Обменная диффузия при посоле описывается вторым законом диффузии Фика.

Решение задачи *быстрого и равномерного проникновения и распределения посолочных веществ* зависит от многих факторов.

Движущей силой процесса посола является разность концентраций соли в системе «рассол-продукт». Скорость накопления посолочных веществ в продукте существенно снижается вследствие уменьшения разности концентраций соли в системе. Все факторы, воздействие которых приводит к повышению концентрации соли на поверхности продукта, вызывают ускорение процесса посола. Так одной из причин, ускоряющих массообмен при посоле, является применение различных механических и физических воздействий на систему «мясо-рассол», что способствует уменьшению толщины диффузионного пограничного слоя, имеющего более низкую концентрацию соли.

Дополнительное ускорение посола можно получить при использовании явления термодиффузии. Правда, увеличение температуры рассола грозит опасностью развития нежелательных микробиальных процессов.

Процесс распределения посолочных веществ зависит от свойств сырья: тканевого состава, размера, проницаемости тканей. Так, проницаемость мышечной, соединительной и жировой тканей составляет примерно 8:3:1. Проницаемость тканей можно увеличить за счет разрыхления их структуры (при замораживании, созревании и т. д.). Уменьшение толщины сырья ведет к существенному сокращению длительности посола. В этой связи мясо перед посолом подвергают измельчению (посол мяса для изготовления колбас), инъецируют сырье рассолом с образова-

нием начальных зон его накопления (при посоле сырья для изготовления штучных соленых продуктов).

Таким образом, для интенсификации процесса накопления посолочных веществ диффузионным путем можно использовать ряд факторов: предварительное разрыхление сырья (механическое воздействие, ферментирование, электростимуляция и т. п.), многоигольчатое шприцевание рассола, уменьшение определяющего размера частей мяса.

Проведение посола в условиях активных физических (механических) воздействий - массажи, тумблирования, вибрации, электромассажи - позволяет значительно ускорить массообменные процессы, так как переменное механическое воздействие вызывает наряду с диффузионным обменом интенсивное механическое перемещение рассола (и посолочных веществ), направленное к равномерному распределению их по объему продукта. Процесс распределения посолочных веществ в условиях механических воздействий в первом приближении подчиняется закону фильтрации и пьезопроводности. Движущей силой процесса служит возникающий при механическом воздействии градиент давления, обеспечивающий интенсивный фильтрационный перенос рассола в тканях. При этом процесс посола можно характеризовать как диффузионно-фильтрационно-осмотический. Скорость посола при этом будет зависеть от режимов механической обработки сырья. Одним из наиболее широко используемых вариантов интенсивного посола мяса при производстве соленых продуктов стал способ шприцевания сырья с последующей механической обработкой в массажах, обеспечивающей равномерное распределение посолочных веществ по объему крупнокускового сырья в течение 24 час.

При посоле одновременно с перераспределением посолочных веществ перераспределяется вода, что приводит к изменению влагосодержания и ВСС соленого мяса. Эти изменения имеют важное технологическое значение, так как влияют на выход и на качество (сочность, консистенция и т. д.) готовых мясосопродуктов.

При классическом мокром посоле сырья влагоперенос в системе «рас-сол-мясо» можно разделить на две фазы: в первой фазе протекает обезвоживание, во второй - оводнение тканей.

Глубина и длительность фаз зависят от концентрации рассола и жидкостного коэффициента (при посоле мяса обычно это соотношение 1:1). При низких концентрациях рассола (плотность около 1100 кг/м³) фаза обезвоживания выражена слабо. При насыщенной концентрации (1206 кг/м³) происходит интенсивное обезвоживание. Только при очень длительном посоле наблюдается незначительное оводнение. При сухом посоле происходит только обезвоживание; образующийся при этом рассол частично участвует в соле-влагообмене, частично стекает.

Вместе с водой при посоле в рассол переходят белковые, экстрактивные и минеральные вещества. Эти потери зависят как от свойств сырья (категории упитанности, целостности тканей и т. д.), так и от условий посола (способа и длительности посола, концентрации и количества рассола и т.д.).

Переход воды и растворимых веществ во внешнюю среду оценивается различно в зависимости от вида сырья и цели посола. При консервировании шкур, кишок это имеет положительное значение, так как обезвоживание тканей обеспечивает консервирующий эффект посола. Вместе с этим в сырье уменьшается содержание веществ, способствующих развитию микроорганизмов. В процессе посола мяса потеря растворимых веществ и особенно белков, нежелательна. Уменьшению потерь растворимых веществ при мокром посоле мяса способствует низкий жидкостный коэффициент, высокая концентрация рассола, применение «старых» рассолов с высоким содержанием экстрактивных веществ. Наилучшим решением, исключающим потери при посоле неизмельченного мяса (для производства соленых штучных изделий), является отказ от классических методов мокрого, сухого и смешанного посола и переход на посол методами шприцевания с последующей выдержкой прошприцованного полуфабриката вне рассола или механической обработкой, ее заменяющей. Технология, основанная на применении шприцевания и механической обработки, является примером ресурсосберегающей безотходной технологии соленых мясных продуктов.

3. Изменение водосвязывающей способности мяса при посоле

Водосвязывающая способность мяса перед посолом определяется его морфологическим (тканевым) и химическим составом, исходными свойствами с учетом pH (PSE, DFD, NOR), степенью автолиза, видом холодильной обработки и т. д. В процессе посола мяса изменяются все формы связи воды с мясом: адсорбционная, осмотическая, капиллярная.

Наибольший интерес представляют изменения адсорбционной формы связи воды с белками как наиболее прочно связанной. Хлорид натрия, взаимодействуя с мышечными белками, повышает количество адсорбционно-связанной влаги в результате увеличения заряда белка. В период выдержки мяса в посоле белки адсорбируют преимущественно ион хлора. При полном насыщении белков ионами хлора изоэлектрическая точка смещается с 5,3-5,4 до 4,8. При этом растет интервал между pH изоэлектрической точки белков и фактической величиной pH мяса, что приводит к увеличению заряда белка и доли адсорбционно-связанной влаги. В результате повышается ВСС мяса, которая сохраняется на более высоком уровне и после тепловой обработки, что положительно влияет на выход мясных продуктов.

Наряду с этим хлорид натрия, накапливающийся в мясе в результате посола (2-3 % к массе мяса), способствует созданию концентрации тканевой жидкости, близкой к растворяющей миофибриллярные белки. Вследствие чего при посоле повышается растворимость белков актомиозиновой фракции, что положительно влияет на липкость колбасного фарша.

Воздействие соли на белки мышечного волокна становятся возможными после достижения контакта между ними. Отсюда возникает зависимость между степенью измельчения мяса перед посолом и временем достижения требуемого эффекта. Даже при степени измельчения мяса до 2-3 мм необходим промежуток времени для диффузии соли и взаимодействия ее ионов с белками, протекающего с небольшой скоростью. При температуре 0-4 °С, поддерживаемой в камерах посола мяса, для этого требуется не менее 12 час.

4. Изменение окраски мяса при посоле

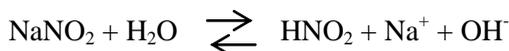
Хлористый натрий ускоряет окислительные процессы, в ходе которых накапливаются различные производные гема - протетической части мышечного пигмента миоглобина. В связи с этим при посоле мышечная ткань теряет свою естественную окраску и приобретает серовато-коричневую с различными оттенками.

Денатурация миоглобина, происходящая при тепловой обработке соленых изделий, сопровождается отщеплением гема, окислением железа гема до трехвалентного с образованием парагематинов, обладающих серо-коричневой окраской. В связи с этим, даже если при посоле часть миоглобина оказалась не окисленной и естественная окраска мяса частично сохранилась, при последующей тепловой обработке мяса полностью исчезает его естественная окраска. В практике посола мясопродукты предохраняют от нежелательных изменений окраски обработкой их нитритом натрия. При этом в конечном счете образуется ярко-красный нитрозомиоглобин (НОМв) в результате взаимодействия пигмента миоглобина с окисью азота, источником которой является нитрит натрия.

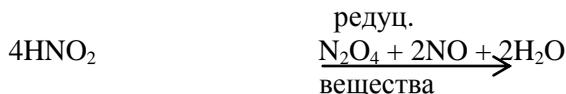
В этом соединении (НОМв) нитрозогруппа довольно прочно связана с железом гема, что обеспечивает сравнительную устойчивость окраски соленого мяса, которая в сыром продукте обусловлена присутствием нитрозомиоглобина, а в вареном - нитрозогемохромогена, также имеющего красный цвет.

Механизм формирования нитритной окраски мяса заключается в следующем.

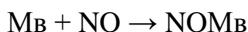
Введенный в мясо нитрит натрия как соль слабой кислоты и сильного основания гидролизуетея в присутствии воды до азотистой кислоты.



В кислой среде, характерной для мяса, эта реакция сдвинута вправо. Азотистая кислота восстанавливается под действием редуцирующих веществ, содержащихся в мясе, и микроорганизмов до оксида азота.



Оксид азота вступает в реакцию с миоглобином с образованием красного нитрозомиоглобина.



Реакция взаимодействия оксида азота с миоглобином протекает во времени. Ее скорость зависит от температуры и pH среды (оптимум pH 5,2-5,7).

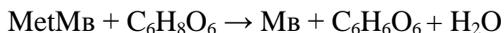
Таким образом, интенсивность окраски мясных продуктов зависит от содержания в них миоглобина и количества образующегося из нитрита оксида азота. Образующийся одновременно с оксидом азота четырехоксид азота является сильным окислителем и окисляет часть миоглобина до метмиоглобина. Из метпигментов нитрозопигменты (нитрозомиоглобин) могут образовываться только после их предварительного восстановления, поэтому эффективность стабилизации нитритной окраски мяса зависит от содержания в нем редуцирующих веществ.

Увеличение количества оксида азота за счет больших количеств нитрита натрия недопустимо, так как он физиологически вреден и ядовит. Минимально необходимое количество нитрита натрия составляет 5-7,5 мг% к массе мяса. Образование оксида азота из введенного в мясо нитрита можно ускорить, используя эффективные восстановители. Наиболее широкое применение нашли аскорбиновая кислота, ее соли и редуцирующие сахара.

Аскорбиновая кислота восстанавливает нитрит до оксида азота без образования четырехоксида азота.



Кроме того, аскорбиновая кислота ускоряет восстановление метмиоглобина в миоглобин, способствуя тем самым увеличению количества нитрозопигментов и, как следствие, интенсивности окраски продукта



Аскорбиновая кислота также предохраняет нитрозопигменты от окисления, обеспечивая повышение устойчивости окраски изделия.

При изготовлении мясопродуктов аскорбиновую кислоту вводят в виде 5 %-го раствора в количестве 0,05 % к массе сырья. Для получения аскорбината натрия кислоту подвергают предварительной нейтрализации раствором питьевой соды. Использование аскорбината натрия предупреждает снижение величины рН мяса.

Роль нитрита при посоле не ограничивается стабилизацией окраски. Кроме того, он участвует в процессах формирования аромата и вкуса «ветчинности» при длительном посоле мяса, оказывает антиокислительное действие на липиды, обладает ингибирующим эффектом на рост микроорганизмов (в том числе *Cl. Botulinum*) и токсигенных плесеней.

5. Микробиальные и автолитические процессы при посоле

Поваренная соль подавляет развитие большинства микроорганизмов, в том числе и гнилостных, что обусловлено высоким осмотическим давлением растворов соли, приводящим к обезвоживанию клеток микроорганизмов, а также влиянием хлористого натрия на ферментативную деятельность бактерий.

При больших концентрациях хлористый натрий способен задерживать микробиальную порчу мясных продуктов в течение длительного времени. Наибольший консервирующий эффект достигается при сухом посоле (при консервировании шкур, кишок) и насыщенным раствором. Однако даже насыщенный раствор соли полностью не уничтожает микрофлору, поэтому с течением времени общее количество микроорганизмов, попавших в рассол с солью, сырьем и другим путем, увеличивается как в продуктах, так и в рассолах. Размножение солеустойчивых микроорганизмов, а также приспособляемость некоторых гнилостных бактерий к высокой концентрации рассола могут привести рассолы и соленые продукты к порче.

При посоле мяса для изготовления мясопродуктов приме-

няют ненасыщенные растворы поваренной соли, консервирующее действие которых невелико. Консервирующий эффект усиливают за счет применения нитрита натрия при посоле, а также при сочетании посола с другими способами консервирования: охлаждением, копчением, сушкой. Температуру в камерах посола мяса поддерживают на уровне 0-4 °С.

Подавление жизнедеятельности гнилостных микроорганизмов при длительном посоле мяса происходит не только за счет действия хлористого натрия, но также в результате развития в рассоле и продукте микробов - антагонистов гнилостных бактерий, - которые могут попадать в рассолы с мясом.

С течением времени меняется количество микроорганизмов и их качественный состав. В рассоле возрастает доля многочисленных бактерий, наиболее устойчивых к условиям посола (низкая положительная температура, наличие соли, нитрита, сахара), например, *Lact. plantarum*, *Str. lactis*. Установлено, что после 30-ти суток посола мяса (при 0-4 °С) около 80-90 % микроорганизмов являются молочнокислыми бактериями. Однако подобное селективное развитие микрофлоры требует длительного времени (несколько недель). В качестве питательной среды молочнокислые бактерии используют сахар (вносится в рассол) и продукты промежуточного распада углеводов мяса с образованием карбоновых кислот: уксусной, муравьиной, молочной и др.

Снижение величины рН за счет накопления кислот приводит к подавлению жизнедеятельности и отмиранию гнилостной микрофлоры, приближает реакцию среды к оптимальной для развития нитритной окраски.

Наличие в рассолах денитрифицирующих микробов (обеспечивающих восстановление нитрита) также способствует формированию окраски в процессе посола мяса.

С жизнедеятельностью молочнокислых бактерий и денитрифицирующих микроорганизмов связано накопление в солевых продуктах соединений, участвующих в формировании специфического аромата и вкуса «ветчинности»: органических кислот, карбонильных соединений, аминокислот и др.

Таким образом, следует отметить, что при длительном посоле мяса так называемая полезная микрофлора играет активную роль в следующих важных технологических аспектах, а именно:

- подавляет жизнедеятельность патогенной микрофлоры;
- участвует в стабилизации нитритной окраски мяса;
- влияет на формирование аромата и вкуса «ветчинности» изделий.

Появление в продукте в процессе длительного посола ветчинных свойств обусловлено действием не только ферментов, продуцируемых микроорганизмами, а также непрекращающимся действием тканевых ферментов (катепсинов) в процессе созревания мяса при посоле.

Под действием тканевых и микробиальных ферментов происходит гидролиз белков, липидов. В результате накапливаются предшественники вкуса и аромата, изменяется консистенция мяса.

Характерные свойства ветчинные изделия приобретают в течение достаточно длительной выдержки сырья в посоле (примерно через 10-14 суток), четко выраженными свойствами становятся к 21-м суткам. Ускорению процесса способствует целенаправленное использование стартовых культур микроорганизмов.

Вопросы для самопроверки:

1. Общая характеристика посола.
2. Охарактеризуйте массообменные процессы при посоле.
3. Причины и технологическое значение изменения водосвязывающей способности мяса при посоле.
4. Стабилизация окраски мяса при посоле; механизм формирования нитритной окраски.
5. Гидролитические изменения белков и липидов при посоле мясного сырья, их значение.
6. Какова роль тканевых и микробиальных ферментов?

Глава 12. Изменения свойств мяса и мясопродуктов при тепловой обработке

1. Цель и методы тепловой обработки
2. Нагрев при умеренных температурах
3. Нагрев при высоких температурах

1. Цель и методы тепловой обработки

Тепловая обработка - технологический процесс, широко применяемый в мясной промышленности. В зависимости от поставленной цели применяют различные методы тепловой обработки, отличающиеся степенью, продолжительностью, характером нагрева и глубиной тепловой обработки сырья. Различают следующие методы тепловой обработки:

- поверхностная тепловая обработка: шпарка, опалка, обжарка;
- нагревание на всю глубину: бланшировка, варка, запекание, жарение;
- нагревание с целью предотвращения микробной порчи продукта: стерилизация, пастеризация;
- нагревание для выделения из сырья его составных частей: вытопка жира, выварка желатина, клея.

Кроме того, нагрев применяют при сушке, копчении.

Нагрев сырья может осуществляться водой, паром, горячим воздухом, переменным электрическим током, в контакте или без контакта с греющей средой.

Качественные изменения, вызываемые нагревом, в основном сходны. Степень изменений, вызываемых нагревом, определяется его продолжительностью; температура нагрева обуславливает не только темп, но и характер изменений. В связи с этим различают: нагрев при умеренных температурах (до 100 °С) и нагрев при повышенных температурах (выше 100 °С). Поскольку вода является преобладающим компонентом сырья, во всех случаях нагрев происходит в условиях воздействия горячей воды на составные части продукта, то есть является влажным нагревом.

2. Нагрев при умеренных температурах

Наиболее характерными и важными изменениями, вызываемыми влажным нагревом при умеренных температурах, являются:

- тепловая денатурация белков;
- сваривание и гидротермический распад коллагена;
- изменения экстрактивных веществ и витаминов;
- отмирание вегетативных форм микроорганизмов.

2.1. Изменения белков, жиров, экстрактивных веществ и витаминов

Изменения белков. Тепловая денатурация сопровождается модификацией структуры белковых молекул, приводящей к заметному изменению их свойств без разрушения ковалентных связей. В фибриллярных белках группы миозина, фибриногена наблюдается переход от изогнутой складчатой α -кон-фигурации полипептидных цепей к более растянутой β -конфигурации. При денатурации глобулярных белков происходит перегруппировка водородных связей, глобулы развертываются, приближаясь по структуре к фибриллярным белкам.

При нагреве мяса денатурация белков происходит в температурном интервале, так как белки отличаются по температуре денатурации (табл. 12).

Денатурация сопровождается изменением свойств белков.

Характерным признаком денатурации является потеря белками физиологической (ферментативной) активности.

В результате тепловой денатурации уменьшается гидратация белков и их растворимость.

Нагрев мышечной ткани сопровождается значительным увеличением числа определяемых кислотных групп белков без изменения доли основных групп. В связи с этим происходит смещение рН среды в нейтральную область. Одновременно с этим смещается и изоэлектрическая точка мышечных белков в нейтральную область, но в большей мере. Таким образом, происходит сближение фактической величины рН с изоэлектриче-

ской точкой белков, что является основной причиной уменьшения их ВСС.

Таблица 12

Белки мяса	Температура денатурации, °С
Миозин	45-55
Актин	50-55
Миоген	55-66
Миоальбумин	45-47
Глобулин Х	50-80
Миоглобин	60-70
Коллаген	58-65
Эластин	125

Количество прочно связанной влаги в мышечной ткани уменьшается на 15-20 %. Это приводит к потерям массы сырья при нагреве, повышению жесткости и уменьшению сочности мышечной ткани.

При варке несоленого мяса в зависимости от температуры и времени выделяется около 35-40 % воды. С водой теряются растворимые соединения. Величина потерь определяет выход продукта после нагрева. Отсюда следует, что температура и продолжительность тепловой обработки мясопродуктов должны быть лишь минимально необходимыми и соответствовать особенностям состава и свойств нагреваемого продукта.

Внутренние пептидные связи при разрывании полипептидных цепей при денатурации становятся более доступными действию ферментов. Следовательно, денатурированные белки лучше перевариваются. Но длительный нагрев приводит к снижению перевариваемости вследствие агрегирования белков.

За собственно денатурацией следует агрегирование белковых частиц в крупные образования. Внутримолекулярные связи заменяются межмолекулярными, то есть происходит *коагуляция* белка. Коагуляция ускоряется с повышением температуры и длительности нагрева.

Заметные денатурационные изменения при нагревании мышц наступают при температуре 45 °С, когда мышцы начинают сокращаться. При дальнейшем нагреве наблюдается дальнейшее укорачивание мышцы, это явление необратимо.

Основные денатурационные изменения завершаются при достижении температуры 70 °С, когда тканевые ферменты утрачивают свою активность, поэтому при умеренном нагреве конечная температура мясных изделий составляет 65-70 °С в центре продукта.

При этой температуре происходит денатурация миоглобина и гемоглобина, сопровождающаяся характерным для сложных белков ослаблением связей между глобином и простетической группой - гемом. В результате гем отщепляется и, вступая в поточные реакции, изменяет окраску. Введение в мясо нитрита позволяет стабилизировать окраску вареного мяса. При нагреве нитрозомиоглобин денатурирует с образованием окрашенного в красный цвет нитрозогемохромогена.



Важнейшим результатом тепловой обработки мясного сырья является изменение свойств основного белка соединительной ткани - коллагена (подробно рассмотрено в теме 2). Сваривание и гидротермический распад коллагена повышают усвояемость белка, уменьшают прочность соединительной ткани, поэтому для сырья с высоким содержанием коллагена состояние кулинарной готовности определяется степенью распада коллагена.

В клежеластиновом производстве, при производстве застудневающих мясопродуктов гидротермический распад коллагена является главным технологическим процессом получения желатина и клеящих веществ.

Изменения жиров. Нагрев тканей, содержащих жир, сопровождается его плавлением. Если нагрев протекает в водной среде, часть жира образует с водой эмульсию. При достаточно длительном нагреве в контакте с водой жир претерпевает химические изменения. Возрастание кислотного числа свидетельствует о гидролитическом распаде жира. Отщепляющиеся при гидролизе низкомолекулярные кислоты участвуют в формировании запаха мяса после варки.

Изменения экстрактивных веществ. Изменения экстрак-

тивных веществ мяса при нагреве играют решающую роль в формировании специфических аромата и вкуса вареного мяса.

Тщательно отмытое от растворимых в воде веществ мясо после варки обладает очень слабым запахом, а водная вытяжка после нагрева имеет вкус и запах вареного мяса.

В формировании запаха и вкуса вареного мяса участвует большое количество веществ различной химической природы. Известно, что важную роль в этом играет *глутаминовая кислота* и ее соли. Даже в очень малых количествах (около 0,03 %) эти соединения придают продукту вкус мяса. Глутаминовая кислота образуется при нагреве в слабокислой среде (рН равным 6 и ниже) из глутамина (амида глутаминовой кислоты), содержащегося в мышечной ткани.

Существенное значение в образовании вкуса и аромата мяса играют также *инозиновая кислота, креатин, креатинин*; меркаптаны, образующиеся в ходе превращений серосодержащих аминокислот; летучие карбонильные соединения, летучие жирные кислоты и др.

В образовании специфического аромата и вкуса мяса большая роль принадлежит реакции меланоидинообразования, начальным этапом которой является окислительно-восстановительное взаимодействие аминокислот с редуцирующими сахарами, содержащимися в мясе. Наиболее склонны к такому взаимодействию моносахариды (рибоза, глюкоза), гликокол, лейцин, аланин.

В ходе таких реакций образуются различные карбонильные соединения (преимущественно альдегиды), являющиеся ароматобразующими веществами.

В ходе реакций образуются также окрашенные продукты темно-ко-ричевые меланоидины, придающие продукту коричневую окраску.

Реакция меланоидинообразования в обычных условиях протекает медленно, а при нагревании резко ускоряется. Наиболее наглядно ее последствия проявляются при жарении мяса.

На ход реакции меланоидинообразования влияет степень созревания мяса, продукты жизнедеятельности микрофлоры (например, при посоле). С развитием автолиза мышечной ткани мяса в его составе увеличивается число и количество свободных

аминокислот, а также содержание рибозы (за счет распада нуклеотидов) и глюкозы (вследствие амилализа гликогена).

Развитие полезной микрофлоры при длительном созревании сопровождается накоплением продуктов распада белков.

Изменения витаминов. Тепловая обработка мяса приводит к уменьшению содержания некоторых витаминов в результате их химических изменений, а также потерь во внешнюю среду. В зависимости от способа и условий тепловой обработки мясо теряет 30-60 % тиамина, 15-30 % пантотеновой кислоты и рибофлавина, 10-35 % никотиновой кислоты, 30-60 % пиридоксина, часть аскорбиновой кислоты.

2.2. Влияние нагрева на микрофлору

В результате нагрева мясопродуктов до температуры 68-70 °С уничтожается до 99 % начального количества микроорганизмов. Большинство микроорганизмов в вегетативной форме погибает при нагреве до 60-70 °С в течение 5-10 мин. Однако некоторые выдерживают более жесткий нагрев. Среди остающихся микроорганизмов около 90 % составляют споровые формы; анаэробы обнаруживаются редко и в небольших количествах. Абсолютное количество остающихся жизнедеятельных микробов в значительной степени зависит от начальной микробальной загрязненности продукта.

Таким образом, конечная температура нагрева мясных изделий при умеренном нагреве (65-70 °С в центре продукта) обеспечивает санитарно-гигиеническую безопасность изделий и повышает их стабильность при хранении.

3. Нагрев при высоких температурах

3.1. Понятие о стерилизации

Нагрев продукта до температуры выше 100 °С в течение регламентированного времени в мясной промышленности применяют либо для консервирования мясопродуктов в герметичной таре, либо для полного уничтожения вредоносной, в том числе споровой микрофлоры с целью обезвреживания продукта.

В обоих случаях нагрев, необходимый для достижения соответствующего эффекта называют *стерилизацией*.

Влажный нагрев мяса при температуре 134 °С обеспечивает уничтожение всех видов спор, включая и споры наиболее термоустойчивых микроорганизмов, в течение 5-ти минут (*полная стерилизация*). Однако применение столь высоких температур для консервирования мясопродуктов приводит к глубоким химическим изменениям продукта, обуславливающим снижение его пищевой ценности и качества. В связи с этим при производстве консервированных мясопродуктов используют *промышленную стерилизацию*, цель которой - уничтожение тех форм микроорганизмов, которые могут развиваться при обычных условиях хранения и вызывать порчу консервов или образовывать опасные для здоровья человека продукты своей жизнедеятельности (токсины).

Наиболее распространенная и предельно допустимая температура промышленной стерилизации располагается в пределах 120 °С. При этом подбирают такую продолжительность нагрева, которая обеспечивает эффективное обезвреживание спорных форм микробов.

Правильно выбранный и научно обоснованный режим стерилизации (температура и продолжительность ее воздействия) должен гарантировать высокое качество консервируемого продукта при наличии определенной степени стерильности, при которой полностью отсутствуют возбудители ботулизма и другие токсигенные и патогенные формы, а количество неопасных для здоровья человека микроорганизмов не превышает установленных норм.

Таким образом, промышленной стерилизацией не всегда достигается абсолютная стерильность консервов, но обеспечивается их доброкачественность и стойкость при хранении.

При необходимости полной стерилизации сырье с целью его обезвреживания в случае наличия спорогенных болезнетворных бактерий нужен нагрев при температуре 135 °С и выше (например, при стерилизации непившего сырья в цехе технических фабрикатов в процессе получения кормовой муки).

3.2. Влияние нагрева на микрофлору

Нагрев при температурах выше 100 °С уничтожает вегетативные формы микроорганизмов и большую часть споровых, что обусловлено денатурацией белков протоплазмы живых клеток и разрушением ферментов. Одновременно под воздействием нагрева перерождаются сохранившиеся споры, их способность к прорастанию резко снижается. Количество остаточной микрофлоры зависит как от температуры, так и от продолжительности обработки.

Не исключается наличие в стерилизованных консервах единичных спор мезофильных бацилл типа *Bac. Subtilis* (сенная палочка), *Bac. Mesentericus* (картофельная палочка). Для поддержания высокого санитарного уровня консервного производства степень обсемененности сырья спорами этих микроорганизмов не должна превышать 10^3 на 1 г, что обеспечивает содержание остаточной микрофлоры не более 1-й споры на 10 г готового консервированного продукта.

К наиболее устойчивым спорогенным микробам, способным вызывать пищевые отравления, относится *Cl. Botulinum*. Его споры выдерживают нагрев при 110 °С в течение 30 мин, а при 115 °С - 12 мин.

Споры различных микроорганизмов обладают разной устойчивостью к действию высоких температур. Споры анаэробов отмирают медленнее, чем споры аэробов.

Устойчивость микроорганизмов к нагреву зависит от свойств стерилизуемой среды. Существенное значение имеет величина рН. В кислой среде термоустойчивость микроорганизмов снижается.

Чем больше жира в консервах, тем более жестким должен быть режим стерилизации. Жир защищает споры от воздействия воды при нагреве, который приобретает характер «сухого».

Достаточно низкий коэффициент теплопроводности пищевых продуктов определяет постепенность нагрева содержимого консервов. Центральная часть консервной банки начинает стерилизоваться при заданной температуре значительно позже, чем периферийные слои, поэтому при расчете времени отмирания ориентируются на микрофлору, находящуюся в центральной

части банки, и отсчет времени ведут с момента достижения температуры собственно стерилизации в геометрическом центре банки. Микрофлора начинает погибать уже при температурах ниже заданной температуры стерилизации, поэтому при определении эффекта стерилизации это обстоятельство принимают во внимание.

3.3. Изменения в мясе при нагреве

По характеру воздействия на продукт нагрев при температуре выше 100 °С в закрытых емкостях (стерилизация) сохраняет особенности влажного нагрева. При этом в мясе происходят такие характерные изменения, как тепловая денатурация растворимых белков, сваривание и гидротермический распад коллагена соединительной ткани, гидролиз и окисление жиров, изменения витаминов и экстрактивных веществ, структуры и органолептических показателей продукта. Отличие по сравнению с умеренным (до 100 °С) нагревом заключается в том, что стерилизация в значительной степени катализирует скорость *гидролитических* процессов основных компонентов мяса, глубина которых возрастает с увеличением продолжительности стерилизации и повышением температуры.

Изменения белковых веществ. При стерилизации может происходить глубокая деструкция растворимых белков до полипептидов. При этом часть полипептидов гидролизуются до низкомолекулярных соединений. Могут происходить процессы дезаминирования и декарбоксилирования некоторых аминокислот, сопровождающиеся разрушением и потерей части из них, в том числе и незаменимых. На степень потерь аминокислот при стерилизации влияет реакция среды, например, нагрев при 105 °С в течение 48 час в кислой среде приводит к полному разрушению триптофана.

Стерилизация вызывает усиление гидротермического распада коллагена до глютина и гидролиз глютина до глютоз. Изменения коллагена при стерилизации положительно влияют на перевариваемость белка. Благодаря гидролизу коллагена мясо становится более нежным. В связи с этим в консервном производстве широко используют мясо с большим содержанием со-

единительной ткани. В то же время жесткие режимы стерилизации вызывают глубокий гидролиз коллагена, снижение способности бульонов к застудневанию, разволокнение мяса.

С повышением температуры и длительности нагрева возрастает степень коагуляционных изменений белков, что снижает перевариваемость белков пищеварительными ферментами.

Использование необоснованно жестких режимов стерилизации приводит к значительному снижению пищевой ценности продукта.

Изменения жиров. При стерилизации значительно ускоряется гидролиз жиров и насыщение двойных связей радикалов жирных кислот гидроксильными группами. Свидетельством этих изменений являются рост кислотного числа и уменьшение йодного числа. При высокотемпературном нагреве происходит также окисление жиров и их термическая полимеризация. Образующиеся при этом карбонильные соединения обладают токсичными свойствами.

Изменения экстрактивных веществ и витаминов. При стерилизации эти изменения протекают как процесс накопления экстрактивных веществ за счет распада высокомолекулярных соединений и уменьшение их количества вследствие распада под влиянием нагрева. По этой причине качественный и количественный состав летучих соединений в вареном и стерилизованном мясе отличается, что сопровождается появлением у продукта специфического «аромата автоклава».

Если при умеренном нагреве решающая роль в аромато- и вкусообразовании принадлежит глютамину, глютаминовой и адениловой кислотам, формирование «вкуса и запаха стерилизации» в консервированных продуктах обусловлено, в основном, накоплением конечных продуктов гидротермического распада белков: аммиака, углекислого газа, сероводорода, меркаптанов и др.

На процесс образования вкуса и запаха у консервированного мяса существенно влияет также образование альдегидов, летучих жирных кислот и других соединений. Скорость реакции меланоидинообразования ускоряется как за счет высокой температуры, так и за счет увеличения количества свободных аминокислот и глюкозы.

Разрушение аминокислот, в том числе незаменимых, при высокотемпературном нагреве в течение чрезмерно большого времени приводит к снижению пищевой ценности продукта.

Разрушение витаминов при стерилизации различно. Наименьшей устойчивостью обладают витамины С, D, В₁, тиамин, никотиновая и пантотеновая кислоты. В зависимости от вида стерилизуемого продукта и режима стерилизации уровень их потерь может составлять от 40 до 90 % от исходного количества.

Более термостойкими являются витамины А, Е, К, В.

Таким образом, ухудшение качества консервированных мясопродуктов при стерилизации обусловлено уменьшением доли полноценного белка, ускорением гидролиза и окисления жиров, потерями витаминов, нежелательными изменениями экстрактивных веществ. Кроме того, при стерилизации изменяются структурно-механические свойства продукта.

Выбор оптимальных режимов стерилизации - путь к повышению качества консервированных мясопродуктов.

Вопросы для самопроверки:

1. Цель и методы тепловой обработки.
2. Изменения, вызываемые влажным нагревом при умеренных температурах.
3. В чём заключаются особенности изменения белков мяса при тепловой обработке?
4. Денатурация, агрегирование белков, сваривание и гидротермический распад коллагена.
5. Формирование вкуса и аромата продукта при тепловой обработке. Значение реакции меланоидинообразования.
6. Пастеризующий эффект нагрева при умеренных температурах.
7. Как происходят изменения витаминов?
8. Понятие о стерилизации.
9. Изменения в мясе при высокотемпературном нагреве.
10. Как происходит влияние нагрева мясопродуктов на микрофлору?
11. Значение процессов, протекающих в мясе при стерилизации, для формирования качества мясопродуктов.

Глава 13. Изменения мясопродуктов при копчении

1. Цель и способы копчения
2. Состав и свойства коптильного дыма
3. Основные процессы, происходящие при копчении мясопродуктов, и их значение
4. Понятие о бездымном копчении

1. Цель и способы копчения

Копчение - это обработка мясопродуктов коптильным дымом с целью придания специфических органолептических свойств и удлинения сроков хранения.

Мясные продукты обрабатывают как горячим дымом (обжарка, горячее копчение, запекание в дыму), так и холодным дымом (холодное копчение).

Обжарка - кратковременная обработка продукта дымо-воздушной смесью при температуре 90-110 °С до достижения в толще продукта температуры 45-50 °С. Обжарке подвергают вареные колбасы, сосиски, сардельки, полукопченые колбасы перед их варкой.

Горячее копчение проводится при температуре 35-50 °С в течение 12-48 час. Горячее копчение применяют при изготовлении полукопченых, варено-копченых колбас и копченостей.

Запекание в дыму при температуре 70-120 °С используют при изготовлении копчено-запеченных изделий из мяса.

Холодному копчению при 18-22 °С подвергают сырокопченые колбасы (до 3-х суток) и сырокопченые копчености.

Каждый из указанных температурных диапазонов копчения предопределяет специфику в развитии биохимических изменений компонентов мышечной ткани и дает возможность получения различных органолептических оттенков копченых изделий и разной стойкости при хранении.

В процессе копчения мясопродукты обрабатывают коптильным дымом, образующимся при неполном сгорании древесины.

2. Состав и свойства коптильного дыма

Коптильный дым - это сложная дисперсионная система типа аэрозоля. Дисперсионной средой является парогазовая смесь, состоящая из воздуха, газообразных продуктов горения, паров коптильных веществ и водяных паров. Дисперсная фаза представлена частицами жидких и твердых веществ - продуктов неполного сгорания древесины. Основная масса коптильных веществ сосредоточена в дисперсной фазе. В дыме присутствуют частицы золы и сажи, являющиеся нежелательными примесями.

В составе коптильного дыма найдены следующие классы органических соединений: органические кислоты, альдегиды и кетоны, спирты, фенолы и их эфиры, амины, ароматические углеводороды и др.

Коптильный дым получают в результате тления, то есть медленного горения без пламени древесины при недостаточном доступе воздуха.

Состав и качество коптильного дыма изменяются в зависимости от вида применяемой древесины и условий сжигания: температуры, количества воздуха в зоне горения, скорости отвода дыма, влажности, способа получения дыма, степени измельчения древесины.

Более приемлемой для получения коптильного дыма является древесина лиственных пород: бук, дуб, ольха, береза, клен, ясень, тополь и др. Применение различных пород дерева позволяет получить разнообразный аромат, вкус и цвет мясopодуков.

Лучший по составу и свойствам дым получается при температуре 220-300 °С. Понижение температуры сопровождается увеличением количества сажи, более темной окраской и ухудшением аромата и вкуса. При температуре выше 300 °С возникает опасность образования канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), например, бензпирена.

Компоненты коптильного дыма обладают различными свойствами и играют важную роль в формировании качества коптильных изделий (табл. 13).

Таблица 13

Свойства	Фракции дыма
Вкус копчения	Фенолы, органические кислоты, карбонильные соединения
Аромат копчения	Все фракции, кроме углеводной
Цвет	Фенолы, смолы, углеводная фракция
Бактерицидное и бактериостатическое действие	Фенолы, органические кислоты
Антиокислительное действие	Фенолы

Фенольная фракция копильного дыма обладает широким спектром действия на свойства изделий.

3. Основные процессы, происходящие при копчении мясопродуктов, и их значение

Копчение следует рассматривать как комплекс взаимосвязанных процессов: собственно копчение, обезвоживание, биохимические изменения и структурообразование. Совокупность протекающих процессов зависит от условий копчения.

Собственно *копчение* можно рассматривать как совокупность следующих процессов:

- осаждение копильных веществ на поверхности продукта;
- диффузия в толщу продукта и накопление копильных веществ;
- взаимодействие копильных веществ с составными частями продукта.

Температура копчения является наиболее существенным фактором, определяющим интенсивность этих процессов. Внутренний перенос копильных веществ зависит также от тканевого состава продукта, степени измельчения, свойств поверхности и других факторов. В частности, при температурах 35-50 °С эффект копчения достигается вдвое быстрее, чем при 18-22 °С; шпиг накапливает копильные вещества в 1,5 раза интенсивнее, чем свинина, и в 2,1 раза больше, чем говядина. Кишечные оболочки на 20-25 % более проницаемые для копильных веществ, чем искусственные.

Следствием адсорбции копильных веществ, их диффузии, накопления и взаимодействия с составными частями продукта являются следующие изменения.

Продукты приобретают острый, приятный, своеобразный вкус и аромат копчения, темно-красный цвет и блеск на поверхности.

Проникновение в продукт некоторых фракций дыма, особенно фенольной и органических кислот, обладающих высоким бактерицидным и бактериостатическим действием, подавляет развитие гнилостной микрофлоры, повышает устойчивость изделий при хранении, то есть копчение является одним из способов консервирования, особенно в сочетании с посолом и сушкой. Наиболее чувствительны к действию дыма кишечная палочка, протей, стафилококк. Наиболее устойчивы к действию копильных веществ плесени. Бактерицидное действие дыма проявляется, прежде всего, на поверхности продукта, где выше концентрация копильных веществ.

Таким образом, важнейшим следствием копчения является образование периферийной защитной зоны (толщиной около 5 мм), предохраняющей продукт от внешней микрофлоры и окислительного действия кислорода воздуха.

Фенолы, хорошо поглощаемые жировой тканью, имея высокие антиокислительные свойства, тормозят окисление липидов, что особенно важно для копченых продуктов длительного хранения, например, сырокопченых. Кроме того, фенолы обладают дубящим действием на коллаген, в результате этого белковая оболочка (для колбас), и поверхностные слои продукта упрочняются, что усиливает их защитные свойства к действию микроорганизмов.

Помимо перечисленных положительных изменений при копчении имеют место нежелательные явления. Взаимодействие компонентов копильного дыма с белками мяса сопровождается снижением их перевариваемости. Возможность образования при копчении и попадания в продукт ПАУ снижает гигиеническую оценку изделий.

Помимо собственно копчения во всех случаях обработки продуктов копильным дымом происходит их *обезвоживание* в результате испарения части влаги. Например, при копчении сырокопченых изделий может удалиться до 25 % влаги от содер-

жащейся в продукте до копчения. Полукопченые и варенокопченые колбасы теряют при копчении до 10 % влаги к начальной массе. Удаление влаги при копчении задерживает развитие микрофлоры, придает изделию характерные органолептические характеристики и позволяет снизить содержание влаги в продукте до регламентированного стандартом уровня. В случае необходимости дополнительное удаление влаги ведут при сушке изделий.

Если копчение проводится при относительно высоких температурах (55 °С и выше), во время копчения имеют место также процессы, характерные для тепловой обработки: денатурация и коагуляция мышечных белков, сваривание и гидротермический распад коллагена, превращения других веществ. Интенсивность и глубина этих изменений зависят от температуры, при которой ведется копчение.

Если копчение проводится в течение длительного времени и при температурах, не ограничивающих деятельность микроорганизмов и тканевых ферментов (холодное копчение), в продукте развиваются сложные биохимические процессы, существенным образом влияющие на свойства готовых изделий.

При холодном копчении сырокопченых изделий продолжают развиваться автолитические процессы созревания и селективного развития микроорганизмов, начавшиеся при посоле и осадке. Под влиянием тканевых и микробиальных ферментов протекает гидролитический распад белков и жиров, что сопровождается накоплением соединений, ответственных за вкус и аромат продукта. Продолжаются процессы формирования нитритной окраски, в которых участвуют и молочнокислые микроорганизмы (см. тему 11).

Гидролиз белковых веществ приводит к заметному разрушению клеточной структуры сырья и образованию новой более монолитной структуры. Она возникает в результате многочисленных коагуляционных связей между частицами, являющимися продуктами деструкции тканей. К концу холодного копчения в 2,5-3 раза уменьшается содосвязывающая способность фарша, в 1,5-2 раза снижается пластичность. Вместе с этим возрастает связность и прочность структуры.

Таким образом, несмотря на очень важную роль копильных веществ, для разных способов копчения технологический эффект определяется не только накоплением в продукте того или иного количества компонентов дыма, но и последствиями ряда других взаимосвязанных процессов, сопровождающих собственно копчение.

4. Понятие о бездымном копчении

Сущность бездымного копчения состоит в том, что обработку изделий в копильной камере заменяют либо введением *копильного препарата* непосредственно в продукт (в фарш при его составлении, вместе с рассолом), либо нанесением его на поверхность продукта (погружением в копильную жидкость, разбрызгиванием, обмазыванием).

Основой для изготовления копильных препаратов (жидкостей) служат конденсаты, получаемые улавливанием компонентов дыма водой. Такого рода растворы подвергают различным видам обработки, получая копильные препараты, которые могут значительно отличаться по химическому составу.

Преимущества использования копильных препаратов:

- отсутствие в копильных препаратах канцерогенных ПАУ;
- исключение необходимости в оборудовании для получения дыма;
- повышение экологической безопасности производства (отсутствие выбросов дыма в атмосферу);
- возможность более точной дозировки и состава копильных веществ.

Вместе с этим бездымное копчение имеет ряд недостатков:

- неадекватность состава и соотношения копильных веществ в копильных препаратах и копильном дыме;
- высокая трудоемкость поверхностной обработки продуктов копильными препаратами;
- отсутствие полной имитации запаха, вкуса и цвета у продуктов по сравнению с традиционным копчением.

Вопросы для самопроверки:

1. Понятие о копчении. Цель копчения.
2. Изменение органолептических показателей качества мяса при копчении.
3. Бактерицидный и антиокислительный эффект копчения.
4. Сущность биохимических и структурных изменений, происходящих при холодном копчении, их влияние на качество сырокопченых мясопродуктов.
5. Понятие о коптильных препаратах.

Глава 14. Влияние сушки на свойства мясных продуктов

1. Определение, цель и режимы сушки.
2. Механизм сушки.
3. Изменение свойств мясопродуктов при сушке

1. Определение, цель и режимы сушки

Сушка - финальная технологическая операция при производстве сырокопченых, сыровяленых, варено-копченых, полукопченых колбас, сырокопченых штучных изделий из мяса. Полукопченые, варено-копченые колбасы подвергаются сушке после варки и горячего копчения, сырокопченые - после холодного копчения (без тепловой обработки).

Цель сушки - обезвоживание продукта за счет испарения влаги в окружающую среду для повышения стойкости к действию гнилостной микрофлоры в процессе хранения.

При производстве мясных продуктов применяют неполное обезвоживание и комбинируют его с другими способами консервирования (посолом, копчением). Снижение массовой доли влаги в продукте при сушке сопровождается увеличением относительного содержания соли, нитрита, коптильных веществ, что обеспечивает повышение устойчивости изделия при хранении, кроме того, повышается содержание сухих питательных веществ в единице массы изделия.

Например, если для вареных колбас массовая доля влаги может колебаться в интервале 60-70 %, то для полукопченых она составляет 38-48 %, варено-копченых - не более 38 %, сырокопченых - 25-27 % (данные приведены для колбас традиционного ассортимента).

Сушку колбас и копченостей осуществляют в сушильных камерах, снабженных кондиционерами для поддержания требуемых параметров воздуха: температура 12 °С, относительная влажность воздуха 75 %.

Длительность сушки зависит от вида изделия и составляет для полукопченых колбас 1-2 суток (их сушат, если массовая доля влаги выше допустимой, а также в случае длительного транспортирования), для варено-копченых - 3-7 суток, для сы-

рокопченных - 25-30 суток.

Важным моментом является необходимость поддержания стабильных параметров воздуха в камерах сушки, так как даже незначительные отклонения приводят к увеличению длительности процесса и появлению дефектов готовой продукции.

2. Механизм сушки

При сушке вареных изделий (полукопченые, варенокопченые колбасы) процесс не осложняется какими-либо сопутствующими явлениями. При сушке сырых изделий развиваются процессы, вызываемые деятельностью тканевых ферментов (созревание) и микрофлоры, а также процессы структурообразования. Все эти процессы взаимосвязаны и взаимозависимы, поэтому при сушке сырых изделий выбор режима определяется не только из соображений интенсификации обезвоживания продукта, но и с учетом влияния развития внутренних процессов на качество продуктов. При сушке вареных изделий это значения не имеет.

Таким образом, сушка сырокопченных и сыровяленых колбас относится к числу наиболее сложных технологических процессов.

Процесс сушки складывается из следующих фаз:

- парообразование на поверхности и в глубине продукта;
- перенос водяных паров во внешнюю среду через пограничный слой (внешний влагоперенос);
- перенос влаги от центра к поверхности (внутренний влагоперенос).

Движущей силой внешнего влагопереноса является разность парциальных давлений водяного пара на поверхности продукта и в окружающей среде.

В результате внешнего влагопереноса создается градиент влажности внутри колбасного батона, являющийся движущей силой внутреннего переноса влаги.

Следствием внутреннего переноса влаги является перенос водорастворимых веществ и концентрация последних в зоне испарения влаги. Вследствие этого возникает градиент их концен-

траций, направленный от центра к периферии продукта.

Ход сушки зависит от скорости фазового превращения влаги, скорости переноса влаги внутри продукта и скорости внешнего влагопереноса через пограничный слой. Последний оказывает сопротивление тепло- и массообменным процессам, так как отличается повышенным влагосодержанием и пониженной температурой. Толщина этого пограничного слоя (образуется непосредственно у поверхности продукта) зависит от скорости движения воздуха в камере.

Однако при сушке мясопродуктов для снижения толщины пограничного слоя не используют искусственную конвекцию воздуха в камере сушки, так как повышение скорости движения воздуха приводит к неравномерному высыханию внешнего и внутреннего слоев.

Скорость сушки внешнего слоя при прочих равных условиях всегда выше, чем у внутренних слоев. При этом влагосодержание центрального слоя может превышать показатель внешнего слоя в 1,5 раза и более.

Внешний слой уплотняется, усаживается, оказывая сопротивление переносу влаги внутри продукта и тормозя процесс сушки.

Быстрое высушивание внешнего слоя может привести появлению закала - дефекта, характерного для сырокопченых колбас, поэтому при сушке необходимо регулировать температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха.

Внутренний влагоперенос, а значит, и скорость сушки зависят от свойств продукта: содержания и прочности связи влаги с материалом, тканевого состава продукта, вида оболочки, диаметра батона и др.

Наиболее высокую влажность имеют сырокопченые колбасы, поступающие на сушку. До начала сушки на этапе осадки и холодного копчения испаряется 35-45 % от общего количества удаляемой влаги. У варено-копченых колбас влажность перед сушкой ниже, так как они подвергались варке и горячему копчению.

Чем выше исходная влажность подвергаемого сушке продукта, тем дольше процесс сушки, тем больше значение имеют параметры сушки и их стабильность.

3. Изменение свойств мясopодуктов при сушке

Формирование структуры. При сушке сырых продуктов продолжаютсЯ начавшиеся ранее (посол, осадка, холодное копчение) разрушения клеточной структуры мяса за счет ферментативного *гидролиза белков* (под действием тканевых и микробных ферментов). До 15 % белков разрушаются до полипептидов и низкомолекулярных азотистых соединений. Эти изменения приводят к повышению гомогенности фарша, формированию характерной для этих изделий монолитной структуры.

Вместе с этим протекает противоположно направленный процесс - *вторичное структурообразование* за счет агрегирования белков на фоне снижения рН фарше (деятельность молочнокислой микрофлоры) и его обезвоживания.

Таким образом, специфическая для сырокопченых и сыровяленых колбас плотная монолитная структура формируется за счет протекания противоположно направленных процессов гидролиза и агрегирования белков. Вторичное структурообразование сопровождается снижением степени перевариваемости белков пищеварительными ферментами.

Формирование вкусоароматических характеристик колбас. Количество накапливающихся вкусоароматических веществ и степень выраженности вкуса и аромата сырокопченых и сыровяленых колбас связаны с глубиной развития ферментативных процессов при созревании-сушке и с деятельностью микрофлоры. Специфический вкус и запах этих видов колбас обусловлены, главным образом, присутствием карбонильных соединений, серусодержащих компонентов (меркаптаны и др.), органических кислот, спиртов, эфиров, летучих жирных кислот. Определенную роль играет молочная кислота, как продукт ферментативного превращения углеводов и сахаров, а также пептиды, свободные аминокислоты и продукты гидролиза жиров. В сырокопченых колбасах своеобразный вкус и аромат дополняется проникновением в продукт копильных веществ.

Формирование окраски сырых продуктов при сушке происходит медленно вследствие невысоких температур на фоне обезвоживания продукта, роста концентрации поваренной соли и присутствия денитрифицирующей микрофлоры. Окраска сы-

рокопченных и сыровяленых колбас определяется наличием не денатурированных пигментов мяса, прежде всего нитрозопигментов.

Положительно влияет на процесс формирования нитритной окраски снижение величины рН фарша при созревании-сушке за счет жизнедеятельности молочнокислых микроорганизмов. Кроме того, микрококки фарша способствуют восстановлению нитрита, накоплению редуцирующих веществ, что приводит к интенсификации реакций цветообразования.

Микробиологические процессы при сушке. В процессе длительной сушки, применяемой при производстве сырокопченных и сыровяленых колбас, продолжается селективное развитие микроорганизмов, что в совокупности с обезвоживанием и другими моментами обеспечивает повышение устойчивости изделий к микробиальной порче.

В условиях постепенного обезвоживания фарша, увеличения концентрации соли и снижения величины рН количественно-видовой состав микрофлоры существенно изменяется. Преобладающее развитие отмечается для молочнокислых микроорганизмов. Жизнеспособность этих форм микроорганизмов объясняется их кислото- и солеустойчивостью, способностью развиваться в широком диапазоне температур при относительно низком содержании влаги.

При сбраживании сахара, добавляемого в фарш при его составлении, микроорганизмами образуются органические кислоты, накопление которых ведет к снижению величины рН и подавлению патогенных микробов. При этом повышается активность микроорганизмов, участвующих в ферментативном гидролизе белков и липидов с образованием вкусоароматических веществ.

Снижение величины рН в ходе сушки предопределяет падение ВСС белков и создает лучшие условия для обезвоживания продукта (так как в первую очередь удаляется при сушке слабосвязанная влага) и для взаимодействия белковых веществ при вторичном структурообразовании продукта.

Учитывая важную роль микроорганизмов в процессе производства сырокопченных, сыровяленых колбас, регулировать созревание-сушку можно за счет введения в состав исходного

фарша специальных бактериальных препаратов и добавок, активизирующих жизнедеятельность микроорганизмов.

Вопросы для самопроверки:

1. Цель сушки при производстве мясосушенков.
2. Формирование структуры, окраски, вкусо-ароматических характеристик мясосушенков как следствие комплекса взаимосвязанных изменений, происходящих при сушке.
3. Значение ферментативных процессов при формировании качества сушенков при сушке.
4. Влияние сушки на микробиологическую стабильность сушенков.

Библиографический список

1. Антипова, Л.В. и др. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. - М.: Колос, 2001. - 571 с.
2. Данилова, Н.С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов: учебное пособие. – М.: КолосС, 2008. – 280 с.
3. Мясо и мясные продукты. Эндокринное сырье. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 62 с.
4. Перкель, Т.П. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов: учебное пособие. – Кемерово, 2004. – 100 с.
5. Рогожин, В.В. Биохимия мышц и мяса: учебное пособие. – СПб: ГИОРД, 2006. – 240 с.

Оглавление

<i>Введение</i>	3
<i>Раздел I. Ткани и органы сельскохозяйственных животных и птицы</i>	
<i>Глава 1. Мышечная ткань</i>	
1. Морфологический состав и строение мышечной ткани	6
2. Химический состав мышечной ткани	7
3. Строение и свойства белков мышечной ткани	7
4. Небелковые компоненты мышечной ткани	14
<i>Глава 2. Соединительная ткань</i>	
1. Разновидности соединительной ткани	17
2. Особенности строения и состава собственно соединительной ткани	18
3. Строение и свойства белков соединительной ткани	20
4. Пищевая и промышленная ценность соединительной ткани	24
<i>Глава 3. Костная и хрящевая ткани мяса</i>	
1. Строение костной ткани и кости	26
2. Химический состав и свойства костной ткани и кости	27
3. Пищевая и промышленная ценность кости	29
4. Особенности строения, состава и свойств хрящевой ткани	29
<i>Глава 4. Покровная ткань и ее производные</i>	
1. Строение, состав и свойства	31
2. Направление использования	32
<i>Глава 5. Жировая ткань мяса</i>	
1. Морфологический состав и строение жировой ткани	34
2. Химический состав жировой ткани	34
3. Свойства жиров	37
4. Пищевая и промышленная ценность жировой ткани	44

Глава 6. Кровь

- | | |
|--|----|
| 1. Морфологический состав крови | 46 |
| 2. Химический состав крови и ее фракций | 46 |
| 3. Свойства крови | 48 |
| 4. Пищевая и промышленная ценность крови | 51 |

Глава 7. Характеристика мяса как объекта технологии

- | | |
|--|----|
| 1. Промышленное понятие о мясе | 53 |
| 2. Показатели качества мяса | 53 |
| 3. Факторы, определяющие качество мяса | 55 |
| 4. Роль мяса в питании человека | 60 |

Раздел II. Изменения, происходящие в мясе в результате технологических процессов

Глава 8. Автолитические изменения мяса

- | | |
|---|----|
| 1. Понятие об автолизе, стадии автолиза | 61 |
| 2. Автолитические изменения углеводов, их значение | 62 |
| 3. Изменения в белковой системе мяса, их значение | 64 |
| 4. Характеристика потребительских и технологических свойств мяса на разных стадиях автолиза | 67 |
| 5. Влияние различных факторов на скорость автоматических изменений мяса | 68 |
| 6. Понятие о мясе с нетрадиционным характером автолиза | 69 |

Глава 9. Изменение свойств мяса и мясопродуктов под действием ферментов микроорганизмов

- | | |
|---|----|
| 1. Механизм гнилостной порчи и ее влияние на качество мяса | 72 |
| 2. Факторы, определяющие устойчивость мяса к микробиальной порче | 76 |
| 3. Способы консервирования мяса. Понятие о концепции барьерной технологии пищевых продуктов | 78 |

Глава 10. Изменение свойств мяса при холодильной обработке

- | | |
|---|----|
| 1. Способы холодильной обработки мяса | 81 |
| 2. Изменения мяса при охлаждении в охлажденном виде | 83 |

3. Изменения мяса в процессе замораживания и хранения в замороженном виде	86
---	----

Глава 11. Изменение свойств мясного сырья при посоле

1. Общая характеристика посола	93
2. Массообменные процессы при посоле	94
3. Изменение водосвязывающей способности мяса при посоле	98
4. Изменение окраски мяса при посоле	99
5. Микробиальные и автоматические процессы при посоле	101

Глава 12. Изменения свойств мяса и мясопродуктов при тепловой обработке

1. Цель и методы тепловой обработки	104
2. Нагрев при умеренных температурах	105
3. Нагрев при высоких температурах	109

Глава 13. Изменения мясопродуктов при копчении

1. Цель и способы копчения	115
2. Состав и свойства коптильного дыма	116
3. Основные процессы, происходящие при копчении мясопродуктов	117
4. Понятие о бездымном копчении	120

Глава 14. Влияние сушки на свойства мясных продуктов

1. Определение, цель и режимы сушки	122
2. Механизм сушки	123
3. Изменение свойств мясопродуктов при сушке	125
Библиографический список	128

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ЛЕМЕШ ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ**

Учебное пособие

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 10.11.2016 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 7,67. Тираж 50 экз. Изд. № 5209.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ