

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии переработки молока и мяса

Е.П. МИРОШНИКОВА, О.В. БОГАТОВА, С.В. СТАДНИКОВА

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности «Технология мяса и мясных продуктов»

Оренбург 2005

УДК 637.1 (0758)
ББК 36.95я73
М 64

Рецензент
доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.И. Косилов

Мирошникова Е.П.
М 64 **Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов [Текст]: учебное пособие / Богатова О.В., Стадникова С.В. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005.-248 с.**

Данное пособие содержит цикл лекций по дисциплине "Физико-химические и биохимические основы производств мяса и мясных продуктов", охватывающий основные разделы курса в соответствии с требованиями утвержденной программы.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 270900 – Технология мяса и мясных продуктов

Б 4001120000

ББК 36.95я73

© Мирошникова Е.П., 2005
Богатова О.В., 2005
Стадникова С.В., 2005
©ГОУ ОГУ, 2005

Введение

История развития дисциплины, её основоположники

На рубеже XVI-XVII веков Френсис Бекон писал: «...над природой не властвуют, если ей не подчиняются».

Накопленный человечеством опыт, убедительно подтверждает это изречение, т.к. через познание явлений природы, создание методологии их использование, разработки и реализации принципов, подходов, методов достигнут высокий уровень научно-технического прогресса в мире.

Значение современной биотехнологии состоит в возможности эффективного использования традиционных и разработке качественно новых подходов к решению проблем связанных с человеческим здоровьем, питанием, охраной окружающей среды.

История развития биотехнологии как науки не так длительна и имеет несколько этапов.

1 этап. Допапастеровская эра (до 1865 г.) – характерна лишь практическим использованием явлений природы в практике получения продуктов, главным образом пищевых на основе микробиальных процессов (получение вина, хлеба, сквашивание молочных продуктов и т.д.).

2 этап. Послепапастеровский период (1866-1940 гг.), когда было обнаружено огромное многообразие форм жизни в микромире, установлено его биохимическое единство.

Так как медики при изучении болезней, способов их лечения и борьбы с ними всегда проводили предварительные опыты с животными, то они первые ознакомились с достижениями биохимии и использовали их на практике – в медицине. Первые кафедры биохимии были учреждены именно на медицинских факультетах. Медики больше всех поработали и над созданием биохимии как науки. Первым практическим приложением биохимии являлась медицинская химия.

Крупнейший вклад в отечественную биохимию внесли работы русского физиолога И.М. Сеченова (1829-1905) по изучению газов крови и газообмена; работы К.А. Тимирязева (1843-1920) о роли хлорофила в усвоении углекислоты растениями; работы А.Д. Булыгинского (1838-1907), по изучению химического состава желчи и мочи и В.С. Гулевича (1867-1933), положившего начало изучению экстрактивных веществ мышечной ткани, открывшего карнозин и карнитин.

Огромную роль в отечественной биохимии сыграли А.Я. Данилевский (1938-1923), показавший обратимость действия белковых ферментов и разделивший ферменты путем адсорбции, М.В. Ненцкий (1847-1901), изучивший строение гемоглобина и хлорофилла, положивший основу для их синтеза; М.А. Цвет (1872-1919), доказавший наличие двух компонентов в хлорофилле путём применения разработанного им классического метода хроматографии, получившего развитие в настоящее время в биохимическом анализе; Н.И. Лунин (1854-1937), открывший существование необходимых для нормальной

жизнедеятельности организма, «дополнительных факторов питания» – витаминов; В.И. Палладин (1959-1922), разработавший теорию дыхательных пигментов, участвующих в окислительных процессах организма.

Развитие современной биохимии основывается на классических работах: И.П. Павлова (1849-1936) - по физиологии и биохимии пищеварения и А.Н. Баха (1857-1946) - по теории процессов окисления в живом организме.

Современные представления о механизме автолитических процессов базируются на ферментативной природе посмертных изменений мышечной ткани, установленных в 30-х годах И.А. Смородинцевым (1882-1946). Он стал основоположником биохимии мяса.

3 этап. Эра антибиотиков (1941-1960 гг.), самым ярким событием в которой было развитие и реализация технологии пенициллина, ставшей важным событием в становлении современной биопромышленности.

Период характерен прогрессом не только в сфере микробной биологии, но и серьёзными достижениями в области свойств и использовании клеток растительного и животного происхождения. Следует отметить, что именно в этот период наш соотечественник академик В.А. Энгельгард с учениками открыли ферментативную функцию миозина – миофибриллярного белка мышечной ткани, играющего одну из важнейших ролей в развитии окоченения и релаксации мышечной ткани. Впоследствии эта одна из главных биологических функций миозина послужила постулатом в разработке рабочей гипотезы, объясняющей механизм прижизненного движения организмов и дающей ключ к разгадке автолитических превращений мышечной ткани в послеубойный период.

Совокупность биохимических процессов и связанных с ними физико-химических свойств мясного сырья лежат в основе инфраструктуры мясной промышленности.

Именно в этот период учёные разных стран накопили огромный практический материал, позволивший глубже проникнуть в структуру клетки, в сущности самой жизни.

Установлена природа мутаций, механизм трансформации, как один из способов передачи наследственных признаков, код наследственности в структуре ДНК и другие важные открытия. Таким образом, этот период можно назвать периодом становления генетики.

4 этап. Эра 1961-1975 гг. названа эрой управляемого биосинтеза, когда мировое промышленное производство продуктов микробного синтеза, используемого человеком, достигло огромных масштабов. Это производство белка, аминокислот, ферментов, биогаза, полисахаридов, нуклеиновых кислот и т.д. Производство этих веществ, сразу же дало толчок к более широкому развитию новых технологий различных продуктов, в том числе пищевых. Именно в этот период появились первые научные данные о возможности применения, например, ферментов для обработки мясного сырья с целью его смягчения, рационального и максимального использования, а также с целью интексификации процессов в мясной промышленности.

Этап 5. Новым этапом в развитии биологической науки стал период с 1975 г., ознаменовавший себя **открытием строения молекул ДНК** Дж. Уотсоном и Ф.Криком. Тогда и началось использование генной и клеточной инженерии в целях получения агентов биосинтеза – живой клетки и молекулы ДНК. Учеными разных стран созданы искусственные генетические структуры, программированные на конкретные признаки. Трудное становление имело это направление из-за этических, моральных и гуманистических аспектов, периодически выдвигаемых в адрес генной инженерии из-за опасных для человека последствий, некоторыми специалистами классифицируемых как «биологическое оружие». Несмотря на это, едва развившись, древо генной инженерии начало давать плоды.

Сегодня известны устойчивые и плодоносящие сорта зерновых, бобовых культур, овощей, фруктов, которые получены путём рекомбинации ДНК. Широко применяются трансгенные микроорганизмы для получения лекарственных средств и биологически активных веществ. Современная мировая общественность стала свидетелем грандиозных достижений генной инженерии в создании трансгенных животных, целенаправленно наделённых характерными свойствами. Получена первая информация о возможности применения методов генной инженерии к человеку.

Предмет и задачи курса

Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов - дисциплина о химическом составе тканей и органов сельскохозяйственных животных, их физико-химических свойствах и о химических и биохимических процессах, происходящих в этих тканях и органах после убоя животных и в процессе переработки.

Биохимические превращения в изолированных тканях и органах, происходящие на молекулярном уровне, могут быть правильно поняты только в сопоставлении со сведениями, накопленными при изучении прижизненных биохимических процессов.

В основе технологических процессов, протекающих при изготовлении мясопродуктов, в большинстве случаев лежат биохимические и связанные с ними физико-химические превращения различных компонентов исходного сырья. Качество готовых изделий зависит в основном от изменений белков в процессе технологической обработки животного сырья. Поэтому изучение строения физико-химических и биологических свойств белков тканей, а также их изменений в результате воздействия различных факторов является одной из важнейших задач данной отрасли знаний. Вместе с тем большое значение имеет изучение свойств и биологической роли в прижизненных и посмертных превращениях других компонентов тканей: углеводов, липидов, экстрактивных веществ, витаминов и т.п.

В связи с этим в курсе значительное место отводится изучению химической природы тканей и органов животного, рассмотрению их функциональных биохимических особенностей. Большое внимание уделяется также явлениям, происходящим после убоя животного, когда обмен веществ в тка-

нях прекращается, и происходят в основном процессы автолитического распада, обуславливающие изменение свойств сырья животного происхождения.

Процессы автолитического распада протекают при самых разнообразных способах обработки мяса и других органов и тканей, причем характер изменений сырья в значительной степени зависит от происшедших ранее изменений мяса. Поэтому для инженера-технолога мясной отрасли особое значение имеет изучение ферментных систем и биологических процессов, протекающих в животных тканях в послеубойный период и в процессе технологической обработки. Академик А.Н. Бах – основоположник советской технической биохимии – указывал, что только на основе глубокого понимания ферментативных явлений мы можем действительно рационально управлять технологическими процессами и получать продукты высокого качества.

Необходимым условием максимального сохранения питательных и вкусовых свойств готовых мясопродуктов в период их хранения является рациональное ведение таких процессов, как созревание, замораживание, посол, сушка, копчение, тепловая обработка. Все они связаны с биохимическими превращениями сырья.

Основными продуктами, вырабатываемыми предприятиями мясной отрасли являются мясо и различные мясопродукты.

Мясо (туша животного или птицы в целом) представляет собой комплекс следующих тканей: мышечной, соединительной, жировой, костной и в меньшем количестве хрящевой, нервной, железистой, крови и некоторых других.

Среди продуктов убоя большое пищевое значение имеет печень, широко используемая также в качестве сырья для получения биоактивных препаратов.

В мясной промышленности из животного сырья получают различные биологические препараты: липиды (холестерин, лецитин), ферментные (пепсин, ренин, гиалуронидаза и др.) и гормональные препараты (АКТГ, инсулин, стероидные гормоны и др.) гепарин и т.д. При производстве их в сырье происходят разнообразные биохимические превращения. Глубокое знание природы этих процессов, биологических особенностей, химических и физико-химических свойств веществ позволяет приготовить препараты необходимой чистоты и активности.

Использование крови убойных животных для получения медицинских препаратов также целиком основано на биохимических свойствах крови и её отдельных компонентов.

Изготовление из животного сырья высококачественных технических продуктов стало возможно благодаря рациональному управлению биохимическими и химическими процессами.

Знание основ биохимии играет важнейшую роль в усовершенствовании технологических процессов и создании новых направлений в переработке сырья животного происхождения. Известно, например, что мясо, взятое для изготовления пищи сразу после убоя, не обладает хорошими потребительскими достоинствами. Наилучшие вкусовые, питательные свойства и оп-

тимальную усвояемость оно приобретает в результате созревания. Биохимические исследования способствовали установлению оптимальных условий ведения данного процесса.

Многие биохимические исследования посвящены изучению исключительно сложных превращений, лежащих в основе образования аромата, вкуса, консистенции и окраски колбасных и ветчинных изделий.

Таким образом, дисциплина базируется на практическом применении закономерностей самых различных отраслей науки – физики, химии, биологии, микробиологии.

Часть 1 Ткани сельскохозяйственных животных

1 Мышечная ткань

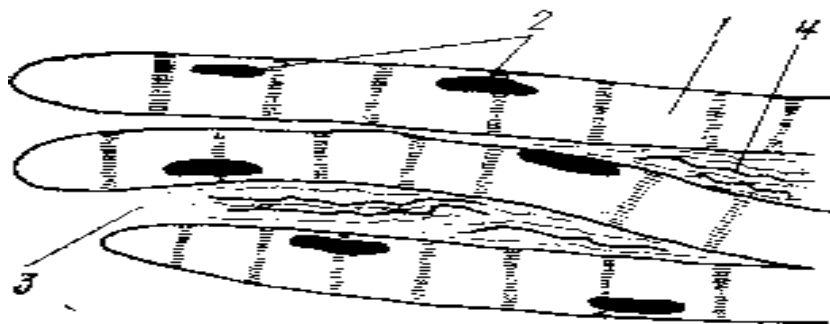
В технологической практике ткани мяса классифицируют по их промышленному значению: мышечная, жировая, соединительная, хрящевая, костная ткани и кровь. Такое разделение носит условный характер, но имеет определенный практический смысл, так как хотя и не полностью, эти ткани могут быть отделены друг от друга и соответственно использованы.

Соотношение перечисленных тканей в составе мяса зависит от вида, породы, пола, возраста, характера откорма и упитанности животного, а также 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.

1.1 Морфологическая характеристика мышечной ткани

Среди тканей животного организма мышечная занимает по своей массе первое место: свыше 40 % массы тела крупного рогатого скота приходится на её долю. Различают **гладкую и поперечнополосатую** мышечную ткань. К поперечнополосатым мышцам относится скелетная мускулатура, к гладкой – ткань желудка, диафрагмы, матки, кровеносных сосудов и т.д.

Мышечная ткань состоит из сложных многоядерных клеток, сильно вытянутых в длину, поэтому их называют мышечными волокнами (рисунок 1.1).

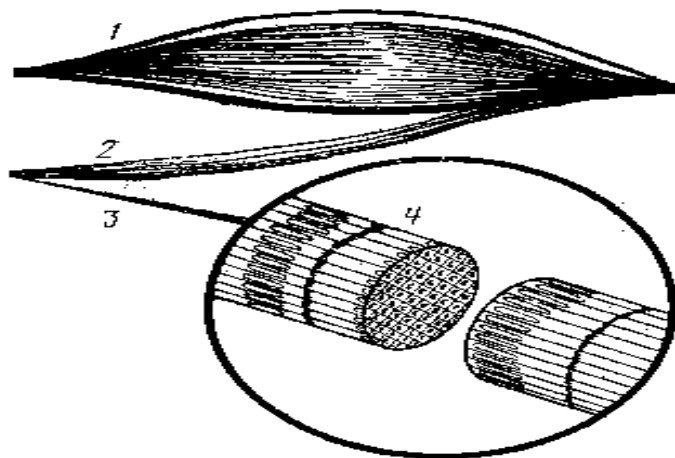


1- мышечная клетка (мышечное волокно); 2- ядра; 3 – межклеточное вещество; 4 - волокна межклеточного вещества

Рисунок 1.1 Строение мышечной ткани

Между мышечными клетками (мышечными волокнами) находятся тонкие прослойки межклеточного вещества, которое состоит из соединительнотканых волокон и бесструктурного (киселеобразного) вещества, которое представляет собой рыхлую соединительную ткань.

Мышечные волокна соединяются в пучки, образующие отдельные мускулы. Мускулы покрыты плотными соединительнотканными пленками (фасциями) (рисунок 1.2).



1 – мышца; 2 – мышечный пучок; 3 – одиночное волокно; 4 - внизу в кружке - вид мышечного волокна в электронном микроскопе

Рисунок 1.2 Строение мускула

Между пучками и волокнами проходят и разветвляются сосуды и нервы. Диаметр мышечного волокна колеблется в пределах 10-100 мкм, длина достигает 12-15 см. В мышечном волокне различают **сарколемму** (мышечная оболочка), **саркоплазму** (мышечная плазма) и **ядра**.

Большую часть объема мышечных клеток (60-65%) занимают **миофибриллы** – длинные тонкие нити, собранные в пучки, которые расположены параллельно оси волокна (толщина их 0,2-1 мкм). Миофибриллы являются сократительными элементами мышечной ткани.

При исследовании под микроскопом миофибриллы обнаруживают поперечную исчерченность, которая зависит от оптической неоднородности белков, входящих в состав миофибрилл. Поэтому скелетная мускулатура называется поперечнополосатой.

В отличие от большинства клеток, имеющих по одному ядру, каждое мышечное волокно содержит много ядер вытянутой формы. Эти ядра расположены по периферии клеток, вблизи сарколеммы. Кроме ядер мышечная клетка содержит ряд органелл: митохондрии, рибосомы, лизосомы, эндоплазматическая сеть, клеточный центр.

Пространство между миофибриллами и органеллами заполнено **саркоплазмой** – неоднородной массой, состоящей из полужидкого белкового золь, в которой содержатся капельки жира и глыбки гликогена. **Сарколемма** – очень тонкая двухслойная, прозрачная и эластичная оболочка мышечного волокна, через которую осуществляется обмен веществ между волокном и окружающей его плазмой крови.

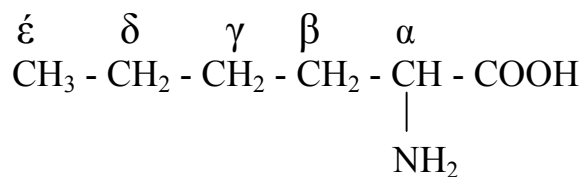
1.2 Химический состав мышечной ткани

Мышечная ткань имеет сложный химический состав. В ней содержится 72,0-75,0 % воды, 18,0-22,0 % белков, 2,0-3,0 % липидов, 1,0-1,7 % азотистых экстрактивных веществ, 1,0 % безазотистых экстрактивных веществ, 1,0-1,5 % неорганических солей, 0,5-3,0 % углеводов. В мышечной ткани содержатся также витамины. Белки, липиды и экстрактивные вещества характеризуются большим разнообразием и специфичностью.

1.2.1 Белки мышечной ткани

Строение белков. Белки мышечной ткани - высокомолекулярные соединения, так как в их состав входят сотни и тысячи атомов. Их молекулярная масса колеблется от 6000 до 1000000 и выше. Молекулярная масса миоглобина- 17000, гемоглобина 65000, фибриллярного актина 1500000 т.д.

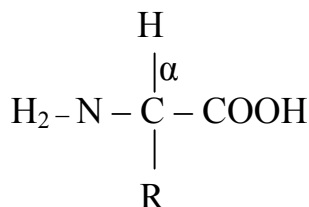
Элементарный состав (в %) белков следующий: углерода 50,0-54,4; водорода 6,5-7,3; кислорода 21,3-23,0 %, азота 15,0-17,0, серы 0,3-2,5. Азот - обязательная и характерная составная часть белков (этим они отличаются от углеводов и жиров). Сера встречается в большинстве их, фосфор только в некоторых. Белки состоят из аминокислот, которые путем полимеризации образуют длинные полипептидные цепи. В состав природных белков входят 20 аминокислот в различных сочетаниях. Аминокислоты представляют собой органические кислоты, у которых водород α -углеродного атома замещен аминогруппой:



α - Аминокапроновая кислота

Для удобства атомы углерода в молекуле аминокислоты обозначают буквами греческого алфавита.

Общую формулу α -аминокислот можно представить так:



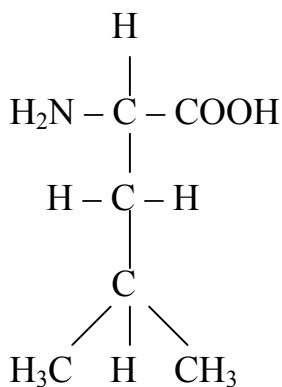
Все 20 аминокислот обнаруженные в составе природных белков содержат α -аминогруппу N H_2 и карбоксильную группу COOH , но различаются своими боковыми цепями, или R – группами

R – группами, или **радикалами** аминокислот называют группировку атомов в её молекуле, связанную с α – углеродным атомом и не принимающую участие в формировании полипептидной цепи.

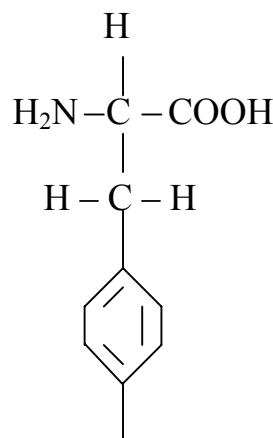
Различные аминокислоты имеют в своем составе различные радикалы. У одних – это углеводородные цепи, у других – кольца.

Кольцо, или цикл, может состоять только из атомов углерода (гомоциклы), или в него кроме атомов углерода могут быть включены и атомы других элементов P, O, N, S (гетероциклы)

В состав радикалов аминокислот могут входить и различные функциональные группы, такие как оксигруппа – OH, тиогруппа – SH, аминогруппа - NH₂, карбоксильная группа - COOH и др. Например:

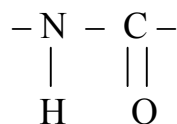


Лейцин

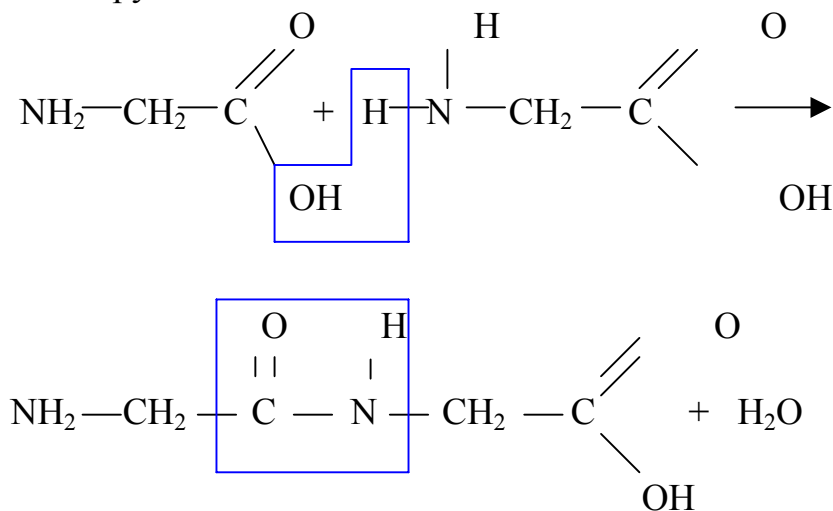


OH
Тирозин

Аминокислоты входящие в состав белка, соединяются между собой при помощи пептидной связи:



Пептидная связь образуется аминогруппой одной аминокислоты и карбоксильной группой другой:



Пептидная связь

Из двух аминокислот образуется дипептид (димер), из трех аминокислот - трипептид (тример), из большого числа аминокислот – полипептид (полимер).

Природный белок представляет собой полипептид, т.е. цепь из нескольких десятков или сотен аминокислотных звеньев, причем белковая молекула может состоять из одной либо из нескольких полипептидных цепей, соединенных друг с другом.

Полипептидные цепи образуют **первичную структуру белков**. Соединяясь друг с другом в результате различных связей, полипептидные цепи образуют **вторичную структуру белка**, обычно в форме спирали. Их расположение в пространстве, характер свертывания и «упаковки» в белковой макромолекуле выражают **третичную структуру белка**.

В зависимости от аминокислотного состава различают полноценные и неполноценные белки.

К полноценным относятся белки, в состав которых входят **8 незаменимых аминокислот**: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, триптофан, треонин, фенилаланин. Четыре аминокислоты (тирозин, цистеин, аргинин и гистидин) считают незаменимыми.

Отсутствие в пище хотя бы одной аминокислоты приводит к нарушению обмена, приостановке роста и, наконец гибели животного. Если в белке недостает хотя бы одной аминокислоты, то его считают неполноценным.

Видовой состав белков. Белковые вещества составляют 60-80% сухого остатка мышечной ткани.

Белки мышечной ткани делятся на растворимые в воде (белки миофибрилл) и нерастворимые в солевых растворах (так называемые белки стромы, входящие в состав сарколеммы и внутримышечной соединительной ткани, а также белки ядер).

В соответствии со структурой мышечного волокна белки распределяются следующим образом (рисунок 1.3).

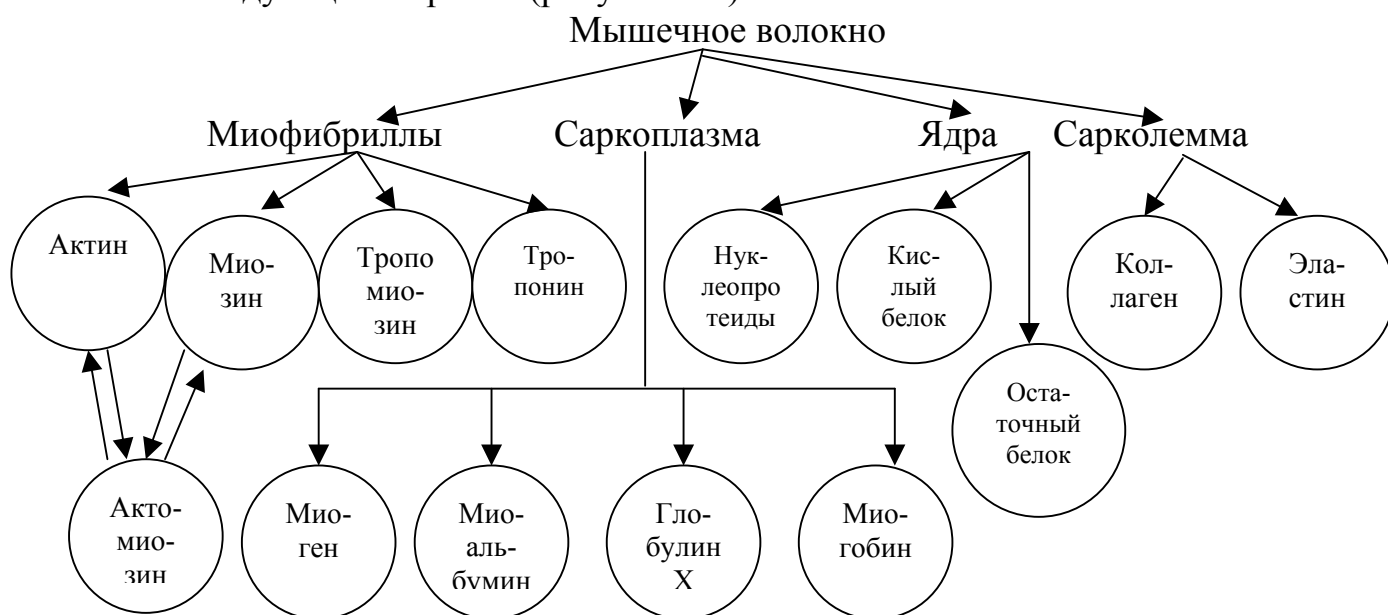


Рисунок 1.3 Структура мышечного волокна

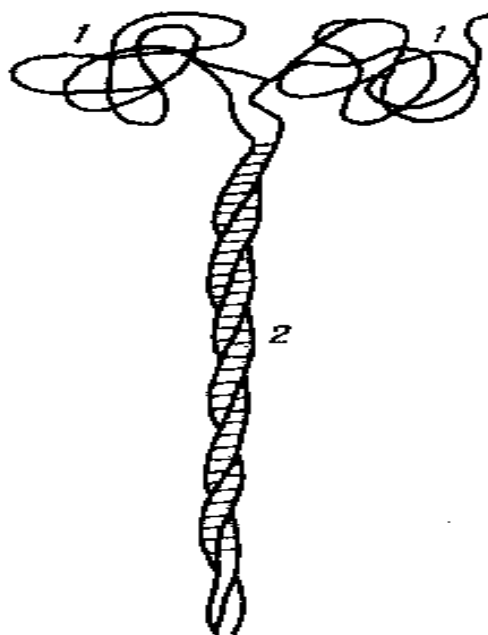
Из приведенной схемы видно, что белковый состав мышечной ткани очень разнообразен. К белкам саркоплазмы относятся **миоген, миоальбумин, глобулин X и миоглобин**. Общее количество белков саркоплазмы составляет примерно 20 % от всех белков мышцы.

Белки миофибрилл – миозин, актин, актомиозин и тропомиозин, тропонин - являются сократительными белками мышц. Они составляют около 80 % общего белка мышцы. В ядрах содержатся **нуклеопротеиды**, кислый белок, остаточный белок, в сарколемме – **коллаген** и **эластин**.

Кроме того в мышечной ткани содержится ещё значительное количество различных ферментов, каждый из которых является особым белком.

Белки миофибрилл - являются сократительными белками мышц. Главнейшими белками миофибрилл являются миозин и актин.

Миозин составляет 35-40 % всех белков мышечной ткани и встречается в мышцах всех млекопитающих, птиц и рыб. Он является полноценным белком. Молекула его представляет собой длинную фибриллярную нить с глобулярной « головкой» и построена из четырех полипептидных цепей – двух больших и двух малых (рисунок 1.4).



1 - глобулярная «головка»; 2 - фибриллярный «хвост»

Рисунок 1.4 Строение молекулы миозина

Молекулярная масса его 470000. По растворимости и высаливаемости он ведет себя как типичный глобулин, т.е. не растворяется в воде, но растворяется в растворах нейтральных солей средней концентрации (5-10%). Эти белки хуже растворяются, но легче высаливаются.

Изоэлектрическая точка его находится при рН 5,4 (Величина рН среды, при которой суммарный заряд белковой частицы равен нулю называется изоэлектрической точкой (ИЭТ).

Миозин обладает значительной гидратацией - способностью удерживать большое количество воды.

Молекулы миозина легко соединяются друг с другом, с другими белками, в частности с актином с образованием актомиозина. Он выполняет не только пластическую функцию, участвуя в построении миофибрилл мышечных клеток, но и обладает ферментативными свойствами. Миозин является ферментом аденозинтрифосфатазы. Ферментативная активность миозина проявляется в присутствии ионов Са.

Миозин – белок полноценный и хорошо усвояемый.

Актин – составляет 12-15% всех мышечных белков. Он существует в двух формах - глобулярной (Г – актин) и фибриллярной (Ф-актин), резко различающихся по своим физико-химическим свойствам. Эти две формы могут переходить одна в другую. Молекулы Г – актина шаровидные с молекулярной массой 47000. Г – актин может полимеризоваться с образованием Ф – актина. Такая агрегация зависит от небольшого изменения в солевом составе среды и рН. При удалении солей происходит обратное явление.

Нить Ф - актина состоит из двух Г- актиновых цепей, образующих двойную спираль (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 Структура двойной спирали Г- актина

Каждая спираль – это цепочка, состоящая из 200-300 отдельных глобул – бусинок. Молекулярная масса Ф – актина до 1500000. Актин не обладает АТФ – активностью, относится к полноценным и хорошо усвояемым белкам.

Актомиозин – это комплекс, состоящий из двух белков актина и миозина. При его образовании молекулы миозина прикрепляются головками к бусинкам актина через Н – группы миозина и ОН – группы актина. Актомиозин как подлинный глобулин нерастворим в воде. Солевой раствор актомиозина отличается высокой вязкостью, причем чем больше актина, тем выше вязкость. Молекулярная масса актомиозина колеблется в широких пределах, так как соотношение актина и миозина в актомиозиновом комплексе может быть различным.

Тропомиозин составляет - 10-12 % всех белков миофибрилл или 2,5 % белков мышц. Тропомиозин растворим в воде, но из мышечной ткани во-

дой не извлекается, что свидетельствует о связи его с нерастворимыми в воде белками миофибрилл. Тропомиозин – это фибриллярный белок, имеет форму сильно вытянутых палочек. Он состоит из двух сходных полипептидных цепей, которые образуют двойную спираль. Тропомиозин образует комплекс с Ф – актином, участвует в мышечном сокращении. Тропомиозин – белок неполноценный, он не содержит триптофана. Изоэлектрическая точка его 5,1, молекулярная масса 130000.

Тропонин представляет собой сферическую молекулу с относительной молекулярной массой 76000, включающей 3 субъединицы, аминокислотный состав которых полноценен.

Белки саркоплазмы. К ним относятся миоген, миоальбумин, глобулин X и миоглобин. Все они, за исключением миоглобина, представляют собой сложные смеси белковых веществ, близких по физико-химическим и биологическим свойствам.

Миоген. Группа белковых веществ, выполняющих главным образом ферментативные функции. По физико-химическим свойствам (растворимости, высаливанию) миоген довольно близок к альбуминам, т.е. растворим в воде, растворах нейтральных солей и слабых кислотах и щелочах. Они высаливаются при полном насыщении водного раствора нейтральными солями. Молекулы миогена имеют глобулярную форму. Молекулярная масса миогена 150000, изоэлектрическая точка фракции находится в интервале рН 6,0 – 6,5. Температура свертывания в растворе 55-66° С. Во фракции миогена содержатся все жизненно необходимые аминокислоты, т.е. он является полноценным белком.

Миоглобин - растворимый в воде белок, окрашивающий мышцы в красный цвет (рисунок 1.6).

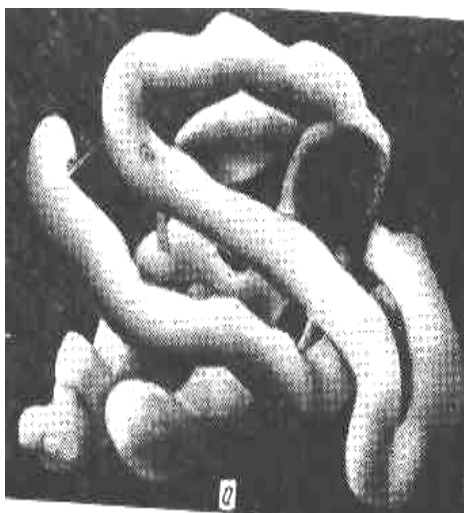
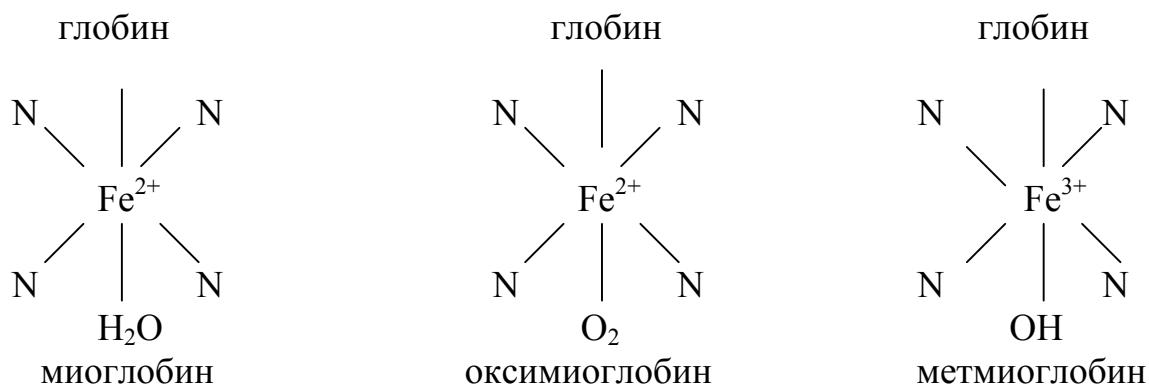


Рисунок 1.6 Миоглобин

Миоглобин является сложным белком, распадается при гидролизе на белок – глобин и небелковую группу – гем. Несмотря на небольшое содержание в мышцах (около 1 % белков), миоглобин играет важную роль: он участвует в передаче кислорода, поставляемого кровью клеткам мышечной ткани. Миоглобин обладает более высоким сродством к кислороду, чем гемо-

глобин. Миоглобин насыщается кислородом на 60 %, а гемоглобин только на 38 %.

Миоглобин легко соединяется не только с кислородом, но и с другими газами – окисью углерода, окисью азота, сероводородом. При этом образуются производные миоглобина: оксимиоглобин (MvO_2) ало-красного цвета, карбоксимиоглобин ($MvCO$) вишнево-красного цвета и нитрозомиоглобин ($MvNO$) красного цвета. При действии сильных окислителей (кислорода, перекиси водорода и др.) железо гема теряет один электрон и переходит в трехвалентное состояние. В следствие такого окисления миоглобин переходит в метмиоглобин (ММв) коричневого цвета.



Метмиоглобин может быть восстановлен в миоглобин только под действием сильных восстановителей, например аскорбиновой кислоты.

При взаимодействии с сероводородом в присутствии кислорода образуется сульфомиоглобин-пигмент зеленого цвета. Поваренная соль ускоряет процесс, поэтому при посоле мышечная ткань теряет естественную окраску и приобретает светло-коричневую с различными оттенками.

Миоглобин - полноценный белок; его изоэлектрическая точка соответствует рН 7,0.

Миоальбумин. Его содержание составляет 1-2 % от общего количества белков мышечной ткани. Он является типичным альбумином, т.е. растворяется в воде, не осаждается хлористым натрием при насыщении, но осаждается сернокислым аммонием при полном насыщении. Мышечный альбумин отличается от альбуминов крови по аминокислотному составу и физико-химическим свойствам.

Изоэлектрическая точка миоальбумина находится при рН 3,0-3,5. Температура коагуляции 45-47 °С.

Глобулин X является типичным глобулином, т.е. не растворяется в воде, но растворяется в солевых растворах средней концентрации. Этот белок составляет около 20 % всего количества белковых веществ мышечной клетки. Изоэлектрическая точка глобулина X находится при рН 5,2. Молекулярная масса 160000. В растворе белок коагулирует при 50°С. Глобулин X представляет собой также, как и миоген, смесь белков, и некоторые фракции его проявляют свойства ферментов.

Коллаген и **эластин** – соединительнотканнные белки, нерастворимые в воде и солевых растворах, они образуют сарколемму - тончайшую оболочку мышечного волокна.

Белки ядер. Нуклеопротеиды. Ядро мышечных клеток построено главным образом из нуклеопротеидов. Простетической группой этих сложных белков является дезоксирибонуклеиновая кислота, белковыми компонентами нуклеопротеидов – гистоны. Это неполноценные белки – в них нет триптофана. Нуклеопротеиды растворяются в щелочах.

Помимо нуклеопротеидов в ядрах содержится « кислый белок», растворимый в щелочах, с изоэлектрической точкой около рН 5,0. Этот белок по свойствам напоминает глобулины, так как осаждается при насыщении хлористым натрием. В отличие от гистонов в молекуле кислого белка содержится триптофан (до 2,5 %) После удаления нуклеопротеидов и кислого белка в ядрах остается желеобразная масса - « остаточный белок» (около 4-10 %) по свойствам и аминокислотному составу похожий на коллаген.

Таким образом, в ядрах содержится по крайней мере три белковых фракции: нуклеопротеиды, кислый белок и остаточный белок.

1.2.2 Ферменты мышечной ткани

Ферменты – это специфические белки, вырабатываемые живой клеткой и обладающие способностью ускорять химические реакции.

Ферменты можно назвать биологическими катализаторами, так как ускоряя химические реакции, они не входят в состав конечных продуктов реакции.

Мышечная ткань характеризуется большим разнообразием содержащихся в ней ферментов. Некоторые ферменты одновременно являются и пластическим материалом, из которого построена мышечная ткань.

Таковыми ферментами являются **миозин**, содержащийся в количестве 35 % и **миоген**, составляющий около 20 % белков мышечной ткани. Миозин ускоряет основную реакцию, происходящую в процессе мышечной работы, - гидролиз АТФ (аденозинтрифосфат) на АДФ (аденозиндифосфат) и фосфорную кислоту; миоген катализирует одну из промежуточных реакций гликолиза (расщепление фруктозодифосфата на две молекулы фосфотриоз).

Кроме того, в мышечной ткани содержатся **протеиназы** – катепсины, ускоряющие гидролиз белков, **липаза**, катализирующая гидролиз жиров, и весь **комплекс ферментов гликолиза**, а также **окислительно-восстановительные ферменты**, катализирующие реакции клеточного окисления.

Многие ферменты, находящиеся в мышечной ткани и действующие в анаэробных условиях обуславливают процесс автолиза.

Главнейшими характерными свойствами ферментов как биологических катализаторов являются специфичность, неустойчивость к действию повышенной температуры, чувствительность к концентрации ионов водорода.

Тот или иной фермент действует только на определенное вещество (субстрат) или на определенный тип химической связи в молекуле (например пепсин – только на белки и не расщепляет жиры и углеводы).

С повышением температуры вначале скорость ферментативных реакций увеличивается, достигая максимума при определенной температуре. Оптимальной температурой для большинства ферментов, выделенных из тканей теплокровных животных, является температура тела (37-40 °С). При дальнейшем повышении температуры скорость ферментативных реакций уменьшается и, наконец при 80-100 °С, а для некоторых ферментов и при более низкой температуре, реакция прекращается.

Активность ферментов резко меняется при изменении реакции среды. Величина рН, при которой активность ферментов наибольшая, является оптимальной. Для каждого фермента существует оптимальный рН среды.

Все ферменты разделяют на 6 главных классов:

1) **оксидоредуктазы** – катализируют окислительно-восстановительные реакции, связанные с переносом электронов и атомов водорода (каталазы, оксидазы);

2) **трансферазы** осуществляют реакции переноса радикалов (химических групп и остатков), таких как аминокетильная группа (- NH₂) – аминотрансфераза

3) **гидралазы** - катализируют реакции расщепления веществ, происходящие с участием воды. При помощи их сложные органические вещества расщепляются на более простые.

4) **лиазы** – ускоряют реакции присоединения групп по двойным связям.

5) **изомеразы** – ферменты, вызывающие изомерные превращения.

6) **лигазы (синтетазы)** – ферменты, катализирующие реакции синтеза за счет энергии расщепления аденозинтрифосфата (АТФ).

1.2.3 Небелковые компоненты

Липиды. Липиды мышечной ткани представлены жирами, фосфолипидами, а из стеридов – свободным и связанным холестерином.

Липиды, входящие в состав мышечной ткани, выполняют несколько функций. Часть их, в основном фосфолипиды, представляют собой пластичный материал, они являются компонентами митохондрий, миофибрилл и клеточных мембран. Другие липиды выполняют роль резервного энергетического материала. Такие липиды, главным образом жиры, содержатся в саркоплазме мышечного волокна в виде мельчайших капелек, что придает ей мутный вид. В большом количестве липиды содержатся в межклеточном пространстве, между пучками мышц в прослойках соединительной ткани. Содержание липидов и их компонентов в мышечной ткани колеблется в широких пределах и зависит от упитанности, вида, возраста, пола животного и других факторов.

Углеводы. Содержание углеводов в мышечной ткани сравнительно невелико. Они представлены главным образом гликогеном (животным крахмалом) и глюкозой. Содержание гликогена в мышцах зависит от тренированности и упитанности животного: в мышцах плохо откормленных, исто-

щенных, голодных и больных животных его в 2-3 раза меньше, чем в мышцах животных, находящихся в нормальном физическом состоянии. Кроме того, в усиленно работающих мышцах гликогена почти в 1,5 раза больше, чем в малоработающих. В мышцах животных сразу после убоя содержится 0,3-0,9 (% (иногда до 2%) гликогена и 0,5 % глюкозы.

Витамины

Витамины по признаку растворимости делят на растворимые в воде и растворимые в жирах. К витаминам растворимым в воде относятся:

- В₁ (тиамин)
- В₂ (рибофлавин)
- В₃ (пантотеновая кислота)
- В₄ (холин)
- В₅ (РР, никотиновая кислота)
- В₆ (пиридоксин)
- В₇ (Н, биотин)
- Фолиевая кислота
- В₁₂ (кобаламин)
- В₁₅ (пангамовая кислота)
- С (аскорбиновая кислота)

К витаминам, растворимым в жирах, относятся:

- А (ретинол)
- Д (кальциферол)
- Е (токоферол)
- К (филлохинон)
- Г (незаменимые жирные кислоты)

В состав мышечной ткани входит полный набор водорастворимых витаминов. В липидной части мышц содержатся жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К, Г). Количество витаминов зависит от вида животных и их состояния. В таблице 1.1 приведены данные о содержании витаминов в мясе убойных животных и птиц.

Таблица 1.1 - Содержание витаминов в мясе убойных животных и птицы

Витамины	Содержание (в мг %) в мышечной ткани				
	крупного рогатого скота	мелкого рогатого скота	свиней	телят	курином
1	2	3	4	5	6
Тиамин (В ₁)	0,10-0,23	0,20-0,30	0,6-1,4	0,18-0,35	0,16
Рибофлавин (В ₂)	0,13-0,26	0,26-0,32	0,18-0,24	0,27-0,30	0,16
Пиридоксин (В ₆)	0,4-0,7	0,3	0,5-0,6	0,4	1,0
Никотиновая кислота (РР)	3,7-7,5	5,0-8,0	4,0-8,7	6,4-8,0	6,9-8,0
Пантотеновая кислота (В ₃)	0,4-1,0	0,6-1,2	1,2-2,0	1,0-1,5	0,4-1,0

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
Биотин (Н)	0,003-0,005	0,003	0,004-0,007	0,005	0,01
р-Аминобензойная кислота	0,06	-	0,08	-	-
Холин (В ₄)	68-80	84	47-120	93-110	-
Фолиевая кислота	0,01-0,03	0,01	0,01	0,02	-
Кобаламин (В ₁₂)	0,002-0,004	0,002-0,008	0,001-0,004	0,001-0,004	0,004

В тощем мясе содержится больше витаминов группы В, чем в жирном. В мясе содержатся все витамины комплекса В. Однако, исключительно богата тиамином мышечная ткань свиней (0,6-1,4 мг %), а иногда и больше. Витамины обладают следующей устойчивостью к действию технологических факторов.

Витамин В₁ при рН₃ выдерживает нагревание до 120 °С не теряя активности. Витамин В₁ устойчив к действию кислот, разрушается в щелочах.

Витамин РР не разрушается при кипячении, автоклавировании, воздействии окислителей и света. Он является одним из наиболее устойчивых витаминов.

Аналогично себя проявляет **витамин В₆**

Витамин В₃ (пантотеновая кислота) устойчив к действию кислорода воздуха при комнатной температуре, разрушается при автоклавировании и нагревании в кислых и щелочных растворах.

Биотин устойчив к нагреванию и действию разбавленных кислот и щелочей.

Витамин А и каротин в связи с наличием большого числа двойных связей обладают высокой реакционной способностью. Они неустойчивы к нагреванию в присутствии кислорода, но устойчивы в его отсутствии.

Витамин А в отсутствии кислорода можно нагревать до 120-130 °С без изменения химической структуры и биологической активности, разрушается при действии ультрафиолетовых лучей.

Витамин Д устойчив к действию высоких температур, а также к кислороду, но при нагревании не выше 100 °С.

Витамин Е (токоферол) устойчив к нагреванию до 200 °С в присутствии кислорода; разрушаются ультрафиолетовыми лучами и некоторыми окислителями.

Витамин К устойчив к действию высоких температур, кроме нагревания в щелочной среде. Разрушается ультрафиолетовыми лучами.

Минеральные вещества. В мышечной ткани присутствует большое количество минеральных веществ (таблица 1.2, 1.3).

Минеральные вещества мышечной ткани (соединения калия, натрия, магния, железа, цинка) участвуют во многих обменных процессах и в образовании буферных систем, влияют на степень растворимости и набухания белков, и, следовательно, наличие их также имеет значение при определении

пищевой ценности продукта, причем наибольший интерес представляет содержание натрия, кальция и железа.

Таблица 1.2 - Содержание макроэлементов

Элемент	Содержание (в мг %) в мышечной ткани			
	крупного рогатого скота	свиней	мелкого рогатого скота	кур
Фосфор	180-220	180-220	180-210	200-220
Калий	320-370	270-300	270-320	390
Натрий	50-80	40-70	60	60
Кальций	7-12	8-12	10-12	14-16
Магний	15-24	20-24	22-23	-
Железо	2,4-3,0	1,7-2,5	1,7-2,7	1,5
Цинк	1,7-5,0	1,4-5,0	3-5	-
Хлор	76	60	-	60
Сера	130-230	215	130-140	292

Таблица 1.3 - Содержание микроэлементов

Элемент	Содержание (в мг %) в мышечной ткани		
	крупного рогатого скота	свиней	мелкого рогатого скота
Медь	0,04-0,18	0,03-0,17	0,09
Марганец	0,009-0,040	0,01-0,04	0,03
Кобальт	0,003-0,005	0,04-0,005	0,003-0,005
Молибден	0,005-0,010	0,007-0,012	0,009-0,012
Никель	0,007-0,008	0,006-0,007	0,009
Олово	-	0,004	0,004
Алюминий	0,50	0,44	0,43
Свинец	0,008	0,008	0,004
Хром	0,001-0,02	0,002-0,02	0,002-0,01
Барий	0,004	0,04	-
Ванадий	0,005	0,007	-
Фтор	0,02-0,06	-	-
Йод	0,014	0,013	-

В сравнении с другими элементами, особенно много в мышечной ткани содержится калия и фосфора. Значительная доля калия и кальция связана с белками. Взаимодействие калия, магния и кальция с актином, миозином и АТФ имеет важное значение в процессах сокращения и расслабления миофибрилл.

Среди других неорганических элементов специфическими функциями характеризуется марганец, цинк, никель, кобальт, ионы которых активизируют мышечные пептидазы.

Экстрактивные вещества. При обработке водой из мышечной ткани экстрагируется ряд органических веществ (помимо белков и липидов). Их называют экстрактивными

Различают азотистые и безазотистые экстрактивные вещества.

К безазотистым экстрактивным веществам относятся углеводы, продукты их обмена, а также витамины и органические фосфаты. Продуктами обмена углеводов являются глюкоза, мальтоза и органические кислоты (молочная, пировиноградная, янтарная и др.). Наибольшее количество приходится на долю молочной кислоты.

Азотсодержащие экстрактивные вещества – это вещества, содержащие азот, но не относящиеся к белкам. Среди них конечные продукты белкового обмена (мочевина, мочевая кислота, аммонийные соли) и промежуточные (пуриновые основания, аминокислоты и др.). Мышечная ткань содержит также ряд азотсодержащих веществ, которые при жизни животного выполняют специфические функции в процессе обмена веществ и энергии (карнозин, ансерин, креатин, аденозинтрифосфат и др. свободные нуклеотиды).

После убоя животного экстрактивные вещества и продукты их превращений участвуют в создании специфического вкуса и запаха мяса.

2 Соединительная ткань

Группа соединительных тканей многочисленна и разнообразна. К ней относятся собственно соединительная ткань (рыхлая и плотная), хрящевая и костная. Жировая ткань является разновидностью рыхлой соединительной ткани.

Соединительная ткань встречается во всех органах животного, выполняя роль опоры, связи, питания и защиты. Это один из главных элементов мяса и мясopодуKтоB. Как сырье её используют в колбасном, кулинарном, желатиновом, клееварочном и других производствах. Соединительная ткань составляет в среднем около 16 % мясной туши большинства домашних животных.

2.1 Строение и виды соединительной ткани

Соединительная ткань включает в себя клетки и межклеточное вещество, причем для неё характерны сильно развитое межклеточное вещество и относительно небольшое число клеток.

Межклеточное вещество состоит из однородного аморфного основного вещества и тончайших волокон. Так, у собственно соединительной ткани оно полужидкое, слизеподобное. В результате химических изменений основное вещество уплотняется, сохраняя некоторую эластичность, и превращается в хрящевую ткань. Дальнейшее уплотнение основного вещества в результате накопления минеральных солей приводит к образованию прочной костной ткани.

В зависимости от соотношения основного вещества и волокон различают **рыхлую** и **плотную** соединительную ткань

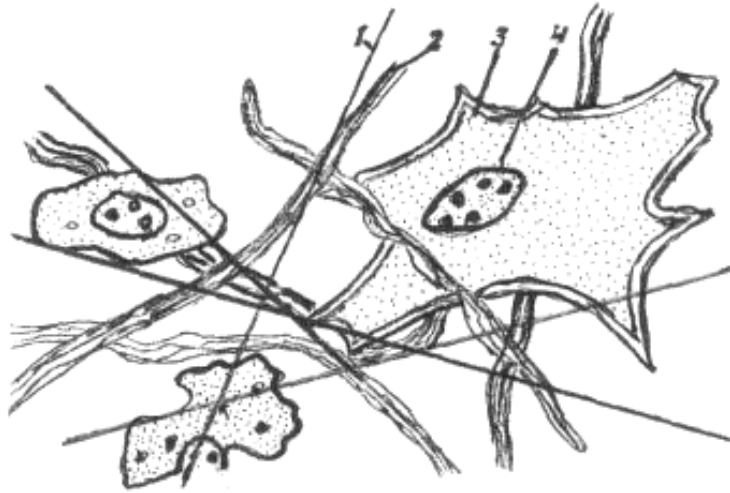
Рыхлая соединительная ткань широко входит в состав всех органов: она выстилает кровеносные сосуды, прослаивает все органы и ткани, заполняет промежутки между органами, мускулами, из неё состоит подкожная клетчатка. Рыхлая соединительная ткань выполняет **питательную** (в ней проходят кровеносные сосуды, по которым кровь доставляет питательные вещества клеткам) и **защитную** (защищает от проникновения во внутреннюю среду микроорганизмов) функции.

В межклеточном веществе рыхлой соединительной ткани преобладает аморфное вещество, волоконце сравнительно мало и они располагаются в различных направлениях.

В состав рыхлой соединительной ткани входят коллагеновые, ретикулиновые и эластиновые волокна (рисунок 2.1)

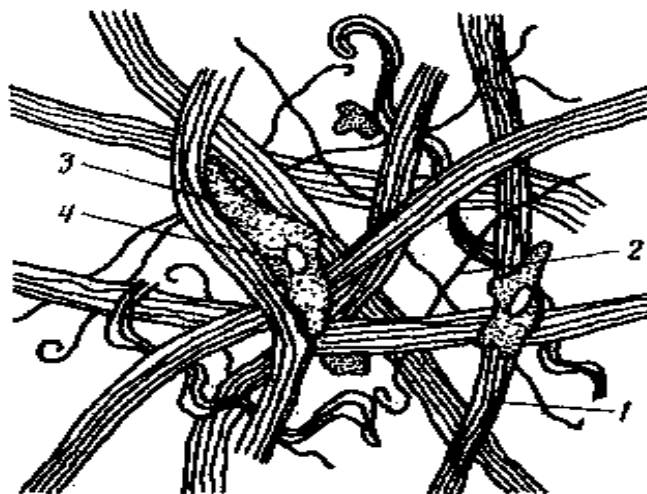
В основном веществе присутствуют мукополисахариды, которые прочно связаны с белком.

Плотная соединительная ткань входит в состав **сухожилий** (не эластичные, не гибкие тяжи, прикрепляющие мышцы к костям), **связок** (соединяет между собой кости), **фасций, кожи**.



1- коллагеновые волокна; 2- эластиновые волокна; 3- клетка; 4- ядро
 Рисунок 2.1 Строение рыхлой соединительной ткани

Плотная ткань выполняет **опорную** и **механическую функции**. В межклеточном веществе плотной соединительной ткани мало основного вещества и много волокон (рисунок 2.2).



1- коллагеновые волокна; 2- эластиновые волокна; 3 - клетка; 4- ядро
 Рисунок 2.2 Строение плотной соединительной ткани

Волоконца могут быть расположены параллельно друг другу, как это имеет место, например, в сухожилиях, или в виде толстых пучков, которые переплетаются и образуют сетку (в дерме кожи).

В этих тканях так много волокнистого материала, что клетки оказываются сильно зажатými между волокнами. В зависимости от строения и функций в различных образованиях из плотной соединительной ткани количественное соотношение основных химических веществ различно. Так, в сухожилиях, фасциях и дерме кожи высокое содержание коллагена (31-33 %), а

в выйной (затылочной) связке быка коллагена всего 7,5 %, зато содержание эластина 31,7 %.

2.2 Химический состав соединительной ткани

Состав отдельных видов соединительной ткани примерно одинаков: в неё входят вода, белки, липиды, минеральные вещества, мукополисахариды, экстрактивные вещества, гликоген и витамины. Количественное соотношение этих веществ в отдельных видах соединительной ткани различно, например, в костной ткани особенно много минеральных веществ, в хрящевой-мукополисахаридов, в плотной соединительной ткани (например, сухожилиях)- коллагена и т.д.

Белковые вещества

Наиболее характерными белками соединительной ткани любого вида являются структурные белки-склеропротеины: **коллаген, эластин, ретикулин**. Они входят в состав волоконца.

В состав основного вещества соединительной ткани входят белки **мукопротеиды**. В небольших количествах в состав основного вещества и клеток имеются белки типа альбуминов и глобулинов, нуклеопротеиды и некоторые другие.

Коллаген - наиболее распространенный белок. По количеству в организме он составляет около 1/3 всех белков.

Содержание коллагена в различных тканях, %:

Сухожилия	25-35	Стенки сосудов	5-12
Кости	10-20	Скелетные мышцы	1-2
Хрящи	10-15	Почки	0,4-1
Кожа	15-25	Печень	0,1-1

Аминокислотный состав коллагена характеризуется тем, что в нем очень мало тирозина и метионина и нет триптофана и цистеина, поэтому коллаген - неполноценный белок.

Наиболее отличительной особенностью аминокислотного состава коллагена является то, что почти $\frac{1}{4}$ всех аминокислотных остатков составляет глицин и $\frac{1}{4}$ пролин и оксипролин.

В связи с исключительно высоким содержанием аминокислот, коллаген не образует α -спирали, а принимает во вторичной структуре форму как бы ломаной спирали (рисунок 2.3)

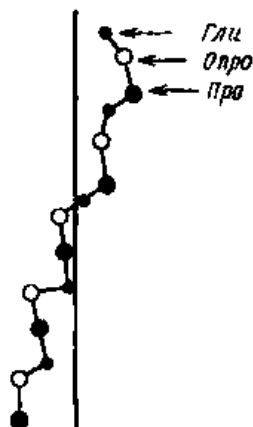


Рисунок 2.3 Вторичная структура коллагена

Каждые три полипептидные цепи в молекуле коллагена скручены вместе вокруг общей оси. Они образуют третичную структуру коллагена - тройную спираль с молекулярной массой 360000.

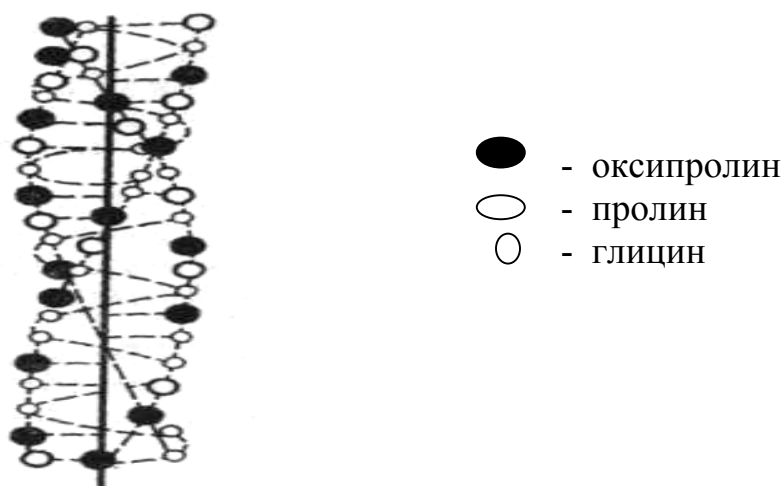


Рисунок 2.4 Третичная структура коллагена - тропоколлаген (спираль из трех полипептидных цепей)

Такую молекулу называют **тропоколлагеном** (рисунок 2.4).

В результате агрегации тропоколлагена в продольном (конец с концом) и поперечном направлениях образуется четвертичная структура коллагена – **фибрилла** (рисунок 2.5).

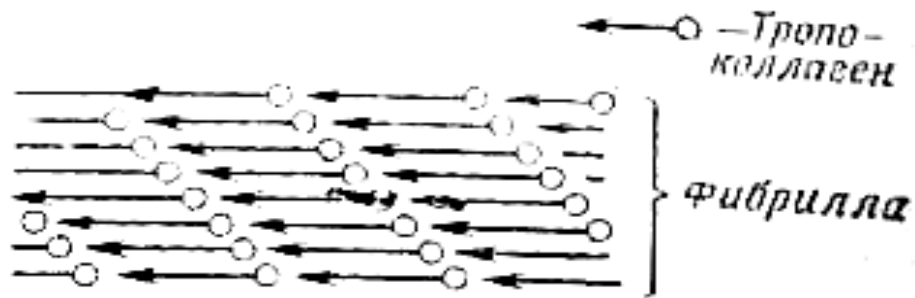
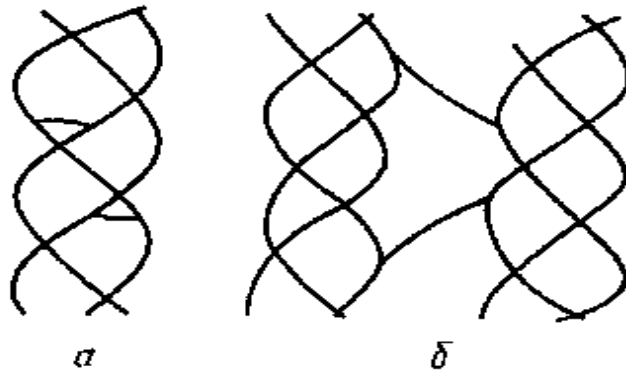


Рисунок 2.5 Четвертичная структура коллагена – фибрилла

По длине фибрилл молекулы тропоколлагена расположены ступенчатым образом.

Фибриллы объединяются в волокна, волокна – в пучки. В построении тропоколлагена и фибрилл участвуют глюкоза, различные мукополисахариды, выполняющие роль цементирующего вещества.

Коллаген устойчив к воздействию различных веществ; он нерастворим в воде, органических растворителях; на него в очень слабой степени воздействуют кислоты, щелочи и протеолитические ферменты (пепсин и трипсин). Выполняя в теле животного механические функции, коллаген – один из наиболее механически прочных белков. Нерастворимость и устойчивость объясняются наличием поперечных связей в молекуле коллагена (рисунок 2.6).



а – внутримолекулярные поперечные связи; б – межмолекулярные поперечные связи

Рисунок 2.6 Поперечные связи в молекуле коллагена

Нерастворимость и устойчивость коллагена зависят от вида и возраста животного, а также от ткани в которой он содержится.

С увеличением возраста животного количество поперечных связей в структуре коллагена возрастает и его устойчивость повышается. Он может

сильно набухать, при этом его масса увеличивается в 1,5-2 раза. По набухаемости коллаген уступает только миозину.

Изоэлектрическая точка коллагена шкуры животных разного возраста неодинакова: для коллагена шкуры телёнка она соответствует рН 6,36, шкуры крупного рогатого скота – 7,0.

При длительном нагревании с водой коллаген расщепляется. Вследствие теплового воздействия происходит его денатурация и частичный гидролитический распад по месту пептидных связей с образованием высоко – и низкомолекулярных продуктов. В зависимости от преобладания высоко – или низкомолекулярных продуктов распада получается либо желатин, либо клей.

Эластин, как и коллаген, относится к склеропротеинам. Он значительно устойчивее коллагена; не растворяется в холодной и горячей воде, растворах солей, разведенных кислотах и щелочах, даже крепкая серная кислота оказывает на него слабое воздействие.

В эластине, как и в коллагене, присутствуют пролин и оксипролин. В состав его входят мукополисахариды (хотя в количестве 10 раз меньшем), много глицина и пролина, но отсутствуют триптофан и метионин. Поэтому этот белок неполноценный. В состав его входят мукополисахариды. Эластин – плохо усвояемый белок. Он почти не переваривается трипсином, медленно – пепсином, но гидролизуется ферментом поджелудочной железы эластазой.

В отличие от коллагена эластин плохо набухает, при нагревании не образует желатина.

Эластин входит в состав эластиновых волокон. Эти волокна очень эластичны, их длина при растяжении может увеличиваться вдвое. Эластиновые волокна желтого цвета, способны разветвляться и соединяться между собой.

Ретикулин – склеропротеин, как коллаген и эластин отличается высоким содержанием пролина и оксипролина. В ретикулине содержится 4,5 % углеводов, 10,12 % липидов и 0,16 % гексозамина. Это неполноценный белок, плохо усвояемый и очень устойчивый.

Он почти не набухает в воде, не растворяется в течение многих часов в крепких кислотах и щелочах. Входит в состав тонких ретикулиновых волокон, которые в присутствии сульфита натрия частично разрушаются.

Мукопротеиды. Муцины и мукоиды – относятся к классу сложных белков гликопротеидов. Они содержатся в соединительной ткани в небольшом количестве. В составе межклеточного вещества эти белки совместно с мукополисахаридами удерживают структурное взаиморасположение клеточных компонентов.

Вместе с тем муцины являются обязательной составной частью многих секретов: слюны, желудочного сока и др.

Простетической группой муцинов и мукоидов являются мукополисахариды, которые прочно связаны с белком, легко от него отделяются и встречаются в тканях также и в свободном состоянии.

Муцины и мукоиды имеют явно выраженный кислый характер, поэтому для извлечения их из тканей применяют растворы щелочей. Мокопротеиды не свертываются при нагревании и растворяются в спирте.

Альбумины и глобулины извлекаются при обработке соединительной ткани водой: в начале в небольшом количестве альбумины, а при последующей обработке солевыми растворами – небольшое количество глобулина. В процессе предварительной подготовки сырья к выварке желатина большая часть альбуминов и глобулинов удаляется. При наличии этих белков желатин становится мутным.

Высоким содержанием альбуминов и глобулинов (4,9-5,5 %) отличаются такие соединительнотканые образования, как уши и губы. Такое сырье целесообразно использовать для выработки зельцев и студней.

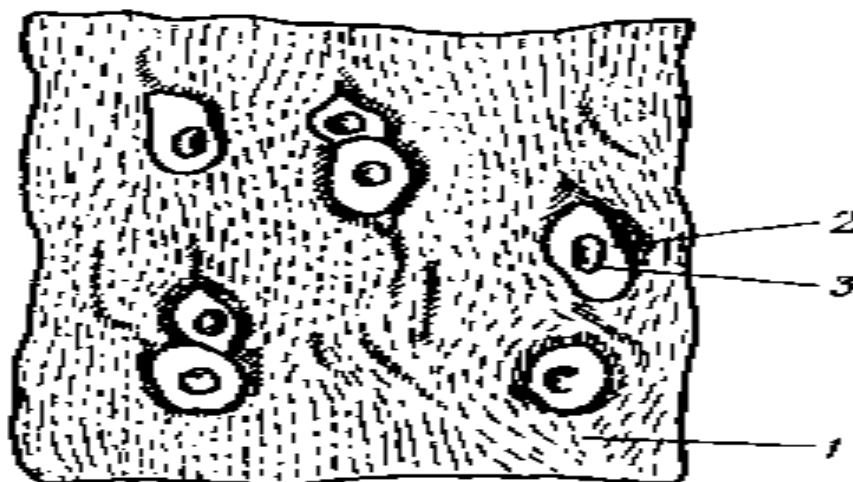
Мукополисахариды. В соединительной ткани широко представлены различные гетерополисахариды. Они выполняют роль цементирующего клеточного компонента, входят в состав коллагена, эластина, ретикулина, муцинов и мукоидов, а также встречаются в свободном виде.

В разных видах соединительной ткани содержатся различные мукополисахариды. Наиболее распространены мукополисахариды в тканях животных – **гиалуроновая и хондроитинсерная кислоты**.

2.3 Хрящевая ткань

Хрящевая ткань является одним из компонентов скелета. Она выполняет опорную и механические функции. Хрящ тверд, но обладает упругостью.

Хрящевая ткань состоит из округлых клеток и сильно развитого межклеточного вещества, включающего волокна и основное вещество. Хрящевые клетки располагаются поодиночке или группами (рисунок 2.7).



1 - межклеточное вещество; 2 - клетка; 3 - ядро
Рисунок 2.7 Строение хрящевой ткани

В зависимости от выполняемой функции хрящи имеют различное строение.

Различают хрящи гиалиновый, волокнистый и эластический.

Гиалиновый, или стекловидный, хрящ полупрозрачен, имеет голубоватый оттенок. Встречается на суставных поверхностях костей, кончиках ребер, в носовой перегородке, трахее. В межклеточном веществе гиалинового хряща с возрастом откладываются соли кальция.

Эластический хрящ кремоватого цвета, не такой прозрачный, как гиалиновый. Он входит в состав ушной раковины, гортани.

В межклеточном веществе эластического хряща преобладают эластиновые волокна.

Эластический хрящ никогда не пропитывается известью.

Волокнистый хрящ встречается в месте перехода сухожилий в гиалиновый хрящ.

В межклеточном веществе волокнистого хряща содержатся коллагеновые волокна, объединенные в параллельные пучки.

В хрящах содержится 67-72 % воды, 17-20 % белка, 1,5-2,2 % золы, 3-5 % жира. Хрящевые клетки содержат гликоген.

Для хрящевой ткани характерно высокое содержание мукопротеида – хондромукоида и мукополисахарида – хондроитинсерной кислоты в основном межклеточном веществе.

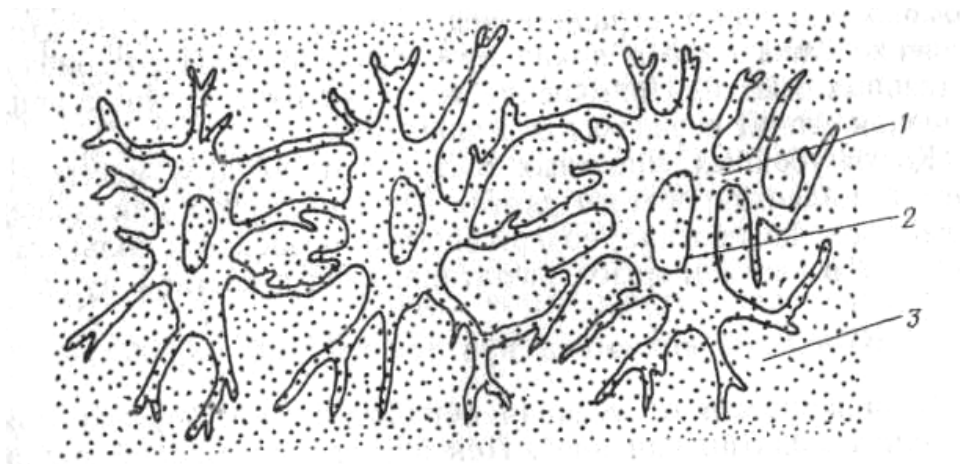
Содержание хондроитинсульфата в сухом остатке хрящевой ткани доходит до 40 %. Важным свойством хондроитинсерной кислоты является её способность образовывать солеобразные соединения с различными белками: коллагеном, альбумином и др. По-видимому, этим объясняется «цементирующая» роль мукополисахаридов в хрящевой ткани. Хондроитинсульфат преимущественно встречается в гиалиновом хряще.

Значительное содержание мукополисахаридов и мукопротеидов в хряще затрудняет его переработку при получении желатина. Мукополисахариды и мукопротеиды не коагулируют при кипячении, поэтому в случае неполного удаления из ткани они могут перейти в раствор вместе с желатином. Наличие их в растворе уменьшает его вязкость и снижает прочность студня. Поэтому из хрящей трудно получить желатин и клей высокого качества.

2.4 Костная ткань

В состав костной ткани входят костные клетки – остециты - и сильно развитое межклеточное вещество, состоящее из основного (аморфного) вещества и большого количества коллагеновых волокон (рисунок 2.8).

Коллагеновые волокна представляют собой пучки фибрилл. Внутри фибрилл в промежутках между молекулами коллагена и на поверхности фибрилл находятся кристаллы минеральных солей, которые водородными связями и ионными силами прочно соединены с фибриллами. Мукопротеид оссеомукоид и мукополисахариды основного вещества костной ткани склеивают фибриллы между собой и заполняют свободное пространство между ними.



1 - костные клетки-остеоциты; 2 - ядро; 3 – межклеточное вещество
Рисунок 2.8 Строение костной ткани

Такое сочетание органической основы с минеральной частью обуславливает исключительную твердость и упругость костной ткани.

При обработке костной ткани кислотами (соляной, фосфорной и др.) минеральные вещества растворяются. Остаток, представляющий собой органическую часть костной ткани становится гибким, мягким и называется **оссеином**. Он построен в основном из белковых веществ – 93 % составляет коллаген. Кроме коллагена в оссеин входит оссеомукоид, альбумины, глобулины и др. белки. Из органических соединений в состав костной ткани в небольшом количестве присутствуют липиды, в частности лецитин, соли лимонной кислоты и пр.

Если кость прокалить, то она лишается органической основы. Оставшаяся минеральная часть сохраняет форму кости, но становится хрупкой и при растирании легко превращается в порошок. Большое количество минеральных веществ (около 1/2 массы ткани) – характерная особенность костной ткани. Минеральные вещества представлены главным образом **фосфатами кальция**, которые откладываются в виде кристаллов гидроксиапатита. Кроме фосфатов кальция в кости содержится значительное количество карбоната кальция, небольшое количество фосфата магния, фторида и хлорида кальция, железа, натрия, калия и многие микроэлементы.

С увеличением возраста животных наряду с повышением общего количества минеральных веществ в костной ткани возрастает содержание карбонатов и уменьшается количество фосфатов.

В результате такого изменения кости утрачивают упругость и становятся хрупкими.

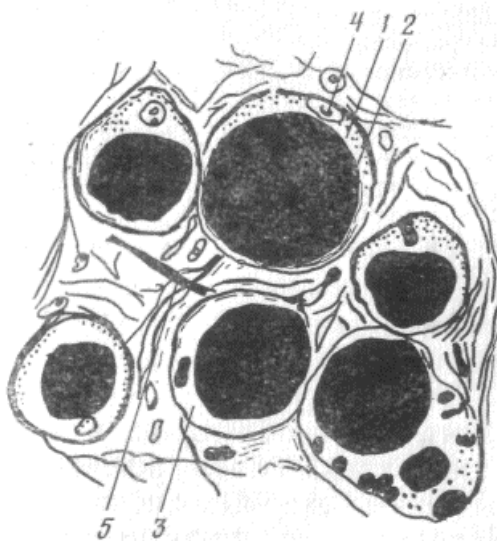
Изменение свойств кости может быть связано и с недостаточным поступлением определенных солей в питание. Например, скот жомового откорма страдает недостатком кальция. Электрооглушение такого скота приводит к раздроблению позвоночника и тазовых костей.

Применение тока высокой частоты для оглушения позволяет уменьшить число переломов до минимума.

Кости убойных животных составляют до 20 % массы крупного и мелкого рогатого скота. Их используют для пищевых целей, получения жира, содержащегося особенно в большом количестве в костном мозге, желатина, клея и костной муки.

3 Жировая ткань

Жировая ткань является разновидностью рыхлой соединительной ткани. В ее клетках содержится значительное количество жира, они очень увеличены в размерах. В состав клеток жировой ткани входят обычные для всех клеток структурные элементы, но их центральная часть заполнена жировой каплей, а протоплазма и ядра оттеснены к периферии. Волоконца межклеточного вещества развиты слабо (рисунок 3.1).



1 – жировая клетка; 2 – жировая капля; 3 – протоплазма; 4 – ядро; 5 – волокна межклеточного вещества

Рисунок 3.1 Строение жировой ткани

Наиболее развита жировая ткань у животных под кожей (подкожная клетчатка, особенно сильно выражена у свиней), в брюшной полости (сальник, брезжейка, околопочечная область), между мышцами и в других местах.

В организме животного жировая ткань выполняет важнейшие биологические функции: входит в состав клеточных мембран и других биологически активных структур, служит энергетическим материалом, выполняет защитную роль, а некоторые жиры – функции светочувствительных пигментов, гормонов и т.п.

Жировая ткань выполняет в основном роль “запасного депо” для накопления питательного материала. Кроме того, выполняет механические функции: защищает внутренние органы от воздействий (ударов, сотрясений), а также, будучи плохим проводником тепла, предохраняет организм от переохлаждения.

Роль жировой ткани в технологии мясопродуктов многофункциональна. Она может использоваться как самостоятельный продукт питания (шпик), как пищевые животные жиры, как добавка в вареные колбасы в виде шпика и белково-жировых эмульсий; может входить в состав самостоятельных пасто-

образных продуктов повышенной пищевой ценности на основе эмульсий, а также использоваться в качестве смесей для внутрикишечного зондового питания, источник липидов в которых тонко эмульгирован.

3.1 Химический состав жировой ткани

Основной составной частью жировой ткани являются жиры, составляющие иногда от 90 до 98 % массы ткани. В отличие от других тканей в жировой содержится мало воды и белков (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Состав жировой ткани

Показатель	Содержание в ткани, %		
	жир	вода	белки
Крупный рогатый скот	87-94	5-11	1,0-1,8
Овцы	87-95	4-11	1,0-1,8
Свиньи	90-97	3-7	0,3-1,5

В небольших количествах в жировой ткани содержатся фосфатиды, пигменты, ферменты, витамины, углеводы, минеральные вещества.

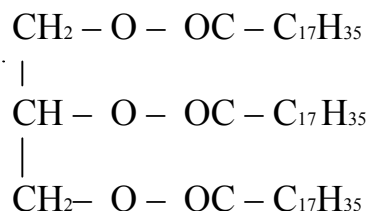
3.1.1 Жиры.

Состав жира у разных животных и даже в разных частях тела одного и того же животного неодинаков. Например, жир подкожной клетчатки имеет более низкую температуру плавления, чем жир околопочечный.

Животные жиры представляют собой смесь одноокислотных (или простых) и разноокислотных (или смешанных) триглицеридов, представленных в разных соотношениях. В них также присутствует небольшая доля ди- и моноглицеридов, а также свободных жирных кислот.

Триглицериды (нейтральные жиры) отличаются между собой жирными кислотами, входящими в их состав. В теле животных встречаются жиры, состоящие на 95 % из пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и ленолевой кислот.

Если в состав молекулы жира входят три остатка стеариновой кислоты, то такое соединение называется тристеарином.

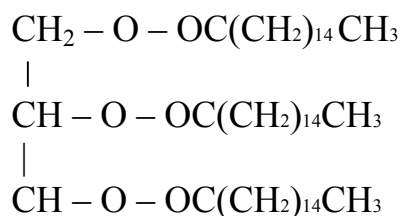


Тристеарин

Из нейтральных жиров тристеарин – наиболее твердый и труднорастворимый, так как содержит наиболее твердую жирную кислоту – стеариновую. Температура плавления его 71,5 °С.

Температура плавления стеариновой кислоты 69,6 °С.

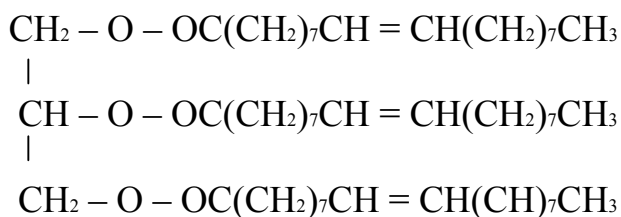
Жир, в молекулу которого входят три остатка пальмитиновой кислоты, называется трипальмитином.



Трипальмитин

Температура плавления трипальмитина 65,5 °С, он имеет более мягкую консистенцию и легче растворяется, чем тристеарин. Температура плавления пальмитиновой кислоты 63,1 °С.

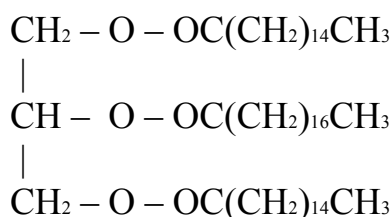
Жир, содержащий три остатка олеиновой кислоты, называется триолеином.



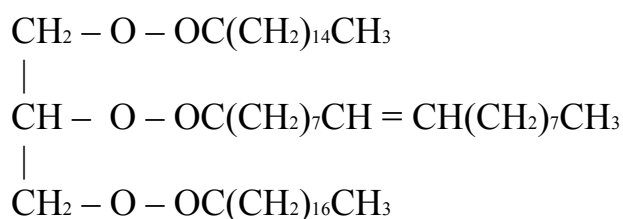
Триолеин

Триолеин при обычной температуре – жидкое вещество; температура плавления его 5,5 °С; температура плавления олеиновой кислоты 16,3 °С.

В молекулы жиров входят преимущественно остатки разных жирных кислот, например:



Стеародипальмитин



Пальмитоолеостеарин

Жиры не имеют резко выраженной температуры плавления, так как они не являются химически чистыми веществами, а представляют собой сложную смесь триглицеридов. Переход их в жидкое состояние происходит не сразу, а постепенно. Тем не менее, по температуре плавления можно отличить жиры одних животных от жиров других.

Жир	Температура плавления, °С
Бараний	44-55
Говяжий	40-50
Свиной	33-46
Костный	32-45
Конский	30-43
Гусиный	26-34
Куриный	30-34
Утиный	27-39
Индеек	31-32

Жиры неодинакового происхождения отличаются по консистенции, что обусловлено различным содержанием в них насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Говяжий и бараний жиры твердые, свиной жир и жир птицы-мазеобразные, растительные жиры - жидкие.

Важной характеристикой содержания в жире ненасыщенных жирных кислот является **йодное число**, которое показывает, какое количество граммов йода может присоединиться к двойным связям ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в 100 г жира.

Жир	Йодное число
Говяжий	32-47
Бараний	31-46
Свиной	46-66
Конский	71-86
Куриный	58-80
Гусиный	66-73
Утиный	58-73
Индейки	66-81
Костный	48-58

Йодные числа большинства растительных масел высокие: например, у льняного 175-192, подсолнечного 127-136.

В подсолнечном масле содержится примерно 9 % насыщенных кислот и 91 % ненасыщенных.

3.1.2 Фосфатиды, холестерин, пигменты, витамины и белки.

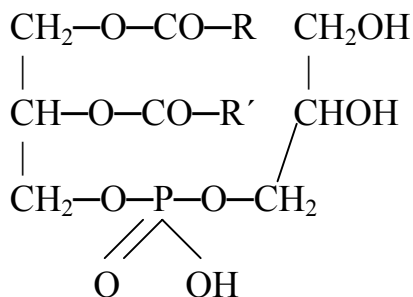
Липоиды являются постоянной составной частью жировой ткани, хотя содержание их очень невелико и составляет десятые и сотые доли процента. Среди них обнаружены фосфатиды, стеринны и стероиды.

Содержание **фосфатидов** в животных жирах невелико. В бараньем жире фосфатиды присутствуют в количестве 0,8 %, в курином 0,7 %. холестерина в говяжьем жире обнаружено 0,08-0,14 %, в бараньем 0,03-0,10 %, в свином 0,06-0,12 %.

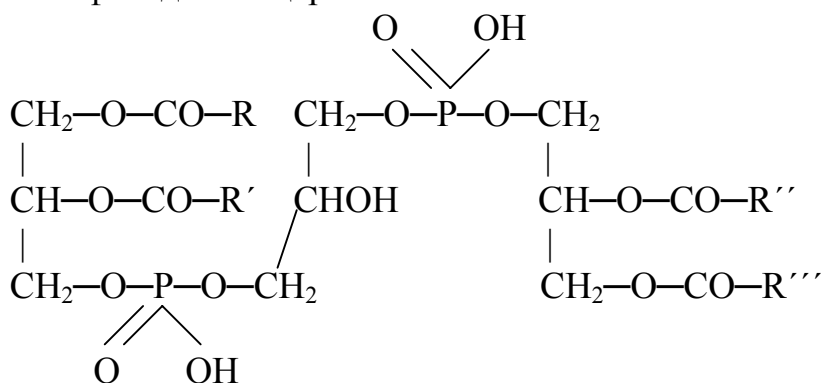
Фосфатиды или глицерофосфолипиды – сложные эфиры глицерина, высших жирных кислот, фосфорной кислоты и азотистого основания.

В зависимости от характера азотистого основания среди фосфатидов различают фосфатидилхолин (лецитины), фосфатидилколамин (кефалины), фосфатидилсерин и фосфатидилтреонин.

Лецитины наиболее распространены в природе. Некоторые фосфатиды, открытые сравнительно недавно, не содержат азотистого основания, место которого в молекуле в этом случае занимают глицерин и его производные:



Фосфатидилглицерин



Дифосфатидилглицерин (кардилипин)

Фосфатиды – важная группа липидов, которые обязательно следует включать в рацион питания. Они способствуют лучшему усвоению жиров, препятствуют ожирению печени, необходимы для профилактики атеросклероза. Потребность человека в фосфолипидах составляет 5 г в сутки. Из продуктов животного происхождения ими богаты печень, мозги, желтки яиц, сливки; из растительных – нерафинированное подсолнечное масло и бобовые.

В «сыром» жире также содержатся стероиды, которые широко распространены в природе, многочисленны (до 20 тыс. соединений) и выполняют разнообразные функции в организме. В основе их строения лежит циклическая группировка атомов.

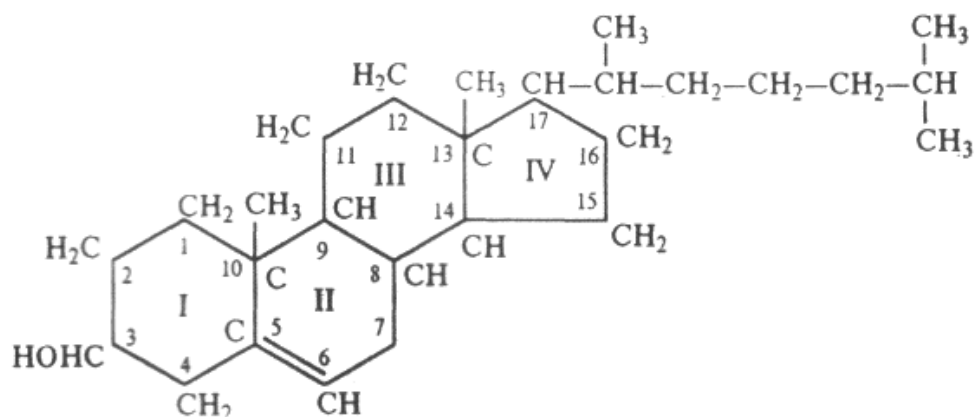
Стероиды делят на две группы: высокомолекулярные циклические спирты – стеролы и их сложные эфиры – стериды.

С химической точки зрения стеролы – полициклические, одноатомные, ненасыщенные спирты гидроароматического ряда. Стериды – сложные эфиры специфически построенных циклических спиртов (стеролов) и высших жирных кислот, относятся к группе простых липидов и входят в их омыляемую фракцию.

Массовая доля стеролов в жирах, как правило, относительно невелика и составляет менее 0,5 % к массе жира, иногда достигая 1 %.

Основным стеролом жиров животных и человека является холестерин (3 β -оксихолестерин или Δ^5 -холестен-3 β -ол), тривиальное название происходит от греч. chole – желчь и stereos – твердый.

Структурная формула холестерина



Холестерин присутствует во всех животных липидах, в крови и яичном желтке и отсутствует (содержится в незначительном количестве) в липидах растений. Холестерин является структурным компонентом клетки, участвует в обмене желчных кислот, а также гормонов. В организме человека в печени и других тканях синтезируется 70-80 % холестерина от его общей массы (250 г на 65 кг массы тела) около 20 % поступает с пищей.

В целом массовая доля липоидов, входящих в состав животных жиров, включая фосфатиды, стерины и стероиды, невелика и составляет десятые и сотые доли процента.

Соотношение триглицеридов, липидов и свободных жирных кислот в составе мясных продуктов зависит от сырьевого источника (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Массовая доля липидов в мясе различных животных, г на 100 г съедобной части

Мясо	Триглицериды (алкилглицериды)	Фосфолипиды	Холестерин	Полиненасыщенные жирные кислоты		
				линолевая	линоленовая	арахидоновая
Говядина	13,10	0,80	0,07	0,35	0,12	0,017
Баранина	15,30	0,88	0,07	0,33	0,14	0,016
Свинина	32,00	0,84	0,07	3,28	0,22	0,14

Из белковых веществ состоят клеточные мембраны, протоплазма, ядра, межклеточное вещество жировой ткани. Поскольку жировая ткань является разновидностью соединительной, в ней присутствуют те же белки, что и в соединительной ткани: коллаген, эластин, муцины, в меньшем количестве альбумины и глобулины.

Из ферментов наиболее характерны для жировой ткани липазы. В жировой ткани присутствуют жирорастворимые **витамины А, Д, Е и К**. Витамины Д и К встречаются в незначительных количествах.

Большинство животных жиров окрашены, кроме свиного и козьего. Окраска зависит от наличия **каротиноидов** - пигментов, окрашивающих жиры в желтый цвет. Окраска изменяется в зависимости от содержания каротиноидов: в кремово-белом говяжьем жире содержится до 0,1 мг % этих пигментов, в желтом 0,2-0,3 мг %, в интенсивно желтом - 0,5 мг %. У старых животных, а также при голодании окраска жира более интенсивная, так как при этом запас жира уменьшается и концентрация пигмента увеличивается.

Количество каротинов в жирах зависит от условий откорма животных, так как в организме они не образуются. При пастбищном откорме оно резко возрастает и достигает максимума к осени. Каротины помимо красящих обладают и провитаминными свойствами, так как способны в живом организме превращаться в витамин А. Свиной жир не окрашен, так как не содержит каротина. Свиньи не накапливают в тканях своего тела каротиноидов.

3.2 Порча жиров

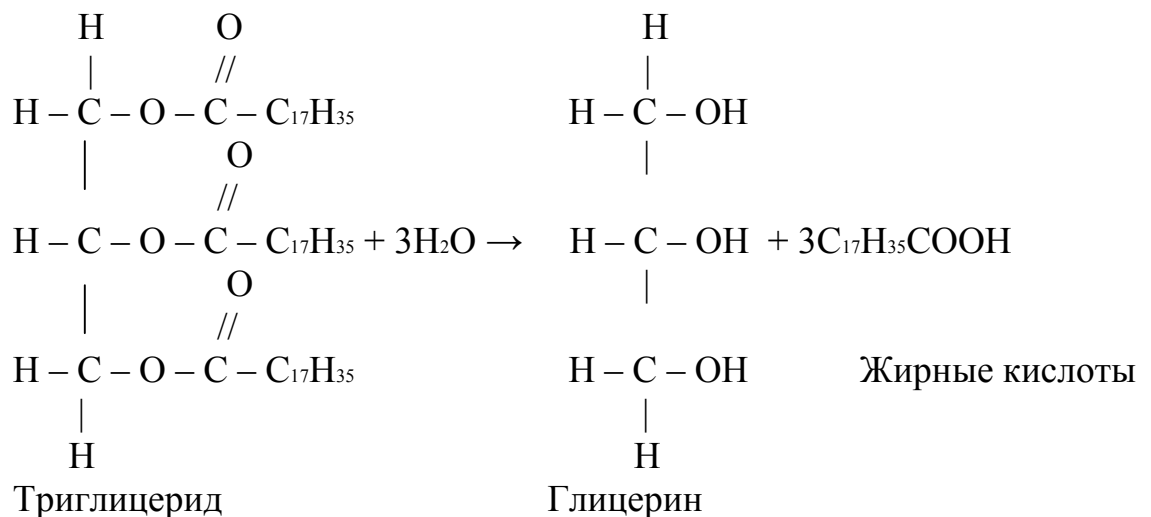
Во время переработки и хранения жировой ткани или выделенных из неё жиров происходят многообразные превращения их под влиянием биологических, физических и химических факторов, в результате чего изменяется химический состав, ухудшаются органолептические показатели и пищевая ценность жиров, что может привести к порче жиров. Различают гидролитическую и окислительную порчу. Нередко оба вида порчи протекают одновременно.

Гидролитическая порча характерна для жировой ткани (жир-сырец, солёный шпик, свинокопчёности, тушки птиц и пр.) Для топлёных жиров этот вид порчи не характерен.

Окислительной порче подвергаются все виды жира: топлёный жир, жир-сырец, жир колбасных изделий, жир тушек птицы и т.п.

3.2.1 Гидролиз животных жиров.

С прекращением жизни животного начинаются автолитические превращения жировой ткани. Под влиянием тканевых липаз происходит гидролиз жира, вследствие чего увеличивается количество свободных жирных кислот:



Кислотное число жира повышается.

Гидролизу способствуют: липаза, вода, тепло, ферменты микроорганизмов. Скорость и глубина гидролиза жира зависят от температуры, особенно они велики при температуре, близкой к оптимуму действия липазы, 35–40 °С. Снижение температуры замедляет процесс гидролиза, но даже при – 40 °С ферментативная активность проявляется, хотя и в очень слабой степени.

В случае хранения жировой ткани в неблагоприятных условиях (влаги, повышенная температура) автолиз может оказаться настолько глубоким, что произойдет гидролитическая порча жиров.

Появление в жире при гидролитическом распаде небольшого количества высокомолекулярных жирных кислот не вызывает изменения вкуса и запаха продукта. Но если в составе жира (жир коровьего масла) изменяются низкомолекулярные кислоты, то при гидролизе его могут появиться капроновая и масляная кислоты, обладающие неприятным запахом и специфическим вкусом продукта.

Гидролиз нежелателен и потому, что с увеличением количества содержащихся в жире свободных жирных кислот понижается температура дымообразования. Значит, такой жир мало пригоден для кулинарных целей, так как уже при 160–180 °С он дымит. Свежий жир начинает дымить при 220 °С. И наконец, гидролизованный жир легче подвергается окислительной порче.

В жирах, прошедших термическую обработку, автолитическое расщепление жира не наблюдается, так как в процессе вытопки при 60 °С липаза, содержащаяся в жировой ткани инактивируется.

Быстрая переработка жирсырья в сочетании с применением в одних случаях промывки холодной водой, а в других – охлаждения жировой ткани способствует замедлению расщепления жира липазой.

Гидролитическая порча жиров может быть не только следствием автолиза, но и результатом действия других факторов: кислот, щелочей, нагревания при температурах выше 100 °С, неорганических катализаторов, а также ферментов микроорганизмов.

3.2.2 Окисление животных жиров.

В процессе хранения и переработки жиров возможны их окислительные изменения. Эти превращения могут привести к окислительной порче жира, наиболее распространенному и опасному виду порчи.

Окислительной порче подвержены все жиры. В результате этой порчи значительно ухудшаются пищевые достоинства и биологическая ценность жира, что связано с разрушением витаминов А и Е и с окислительным распадом полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой). Некоторые продукты окислительной порчи токсичны, вследствие чего жиры становятся непригодными в пищу.

В отличие от окисления с помощью химических реактивов (HNO_3 , KMnO_4 и др.) окисление жиров кислородом воздуха при низких температурах называется самоокислением.

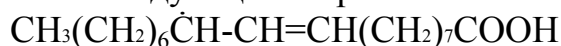
Окисление жиров протекает через образование свободных радикалов и относится к классу медленно развивающихся цепных разветвленных реакций. **Свободный радикал** – это частица, один из атомов которой имеет свободную валентность, например, свободный радикал метил $\dot{\text{C}}\text{H}_3$. Точка над углеродом указывает на наличие у него неспаренного валентного электрона. Свободные атомы также обладают свойствами свободных радикалов. Так, свободный атом кислорода имеет два неспаренных электрона и представляет собой бирадикал. Чаще всего свободные атомы обладают большой реакционной способностью. Стремясь приобрести пару неспаренному электрону, они быстро вступают во взаимодействие с окружающими молекулами, отрывают от столкнувшихся с ними молекул какие-то атомы, присоединяют их к себе и превращаются в стабильные вещества – продукты реакции.

Одновременно из-за отрыва атомов от других молекул образуются новые свободные радикалы, которые в дальнейшем претерпевают такие же превращения. Так создается прямая неразветвленная цепь реакций.

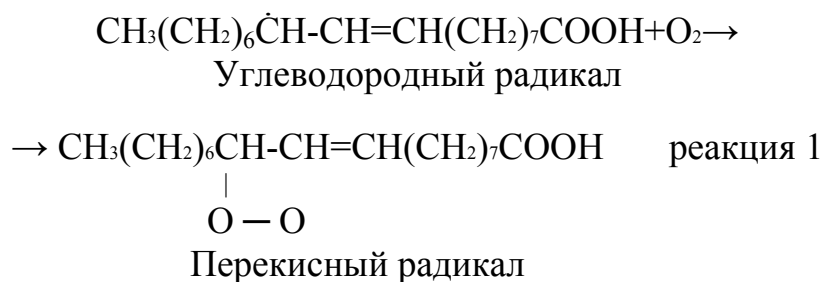
Образование первого свободного радикала является наиболее трудной частью цепной реакции.

Облегчение образования свободных радикалов может вызвать энергия света. Этим объясняется повышение скорости окисления жиров при освещении их солнечными лучами. Таков же механизм ускоряющего действия нагревания.

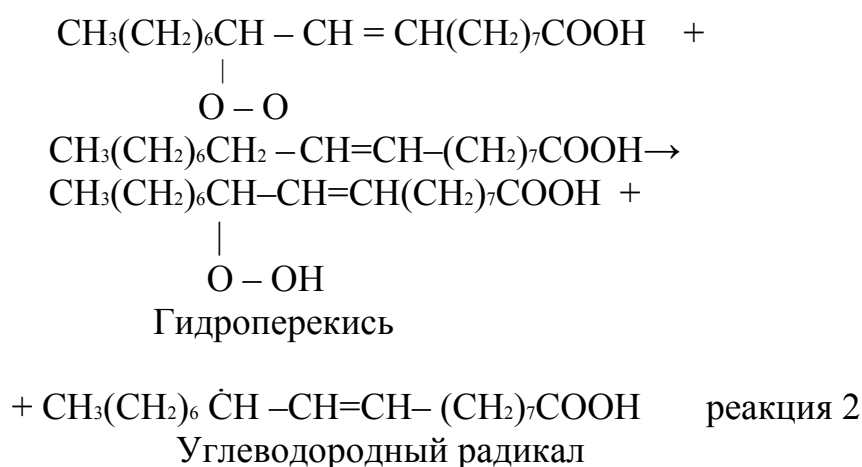
В процессе окисления легче всего вовлекаются ненасыщенные жирные кислоты. При этом отрывается атом водорода преимущественно у соседнего с двойной связью углеродного атома. Например, из олеиновой кислоты может образоваться радикал $\dot{\text{R}}$ следующего строения:



Образовавшийся свободный углеводородный радикал очень активен и может реагировать при столкновении даже с малоактивными молекулами кислорода. При этом образуются своеобразные вещества перекисного характера, в которых один из атомов кислорода перекисной группы имеет свободную валентность. Их называют свободными перекисными радикалами



Перекисные радикалы отличаются высокой активностью и при столкновении с новой молекулой ненасыщенной жирной кислоты отрывают от нее атом водорода. В результате образуются достаточно стабильные вещества – гидроперекисы, которые являются первичными продуктами окисления. При этом одновременно возникает новый свободный углеводородный радикал:



Свободный углеводородный радикал жирной кислоты далее реагирует по предыдущему т.е. продолжается цепь реакции (реакции 1,2 и т.д.). Цепь окислительных превращений развивается до тех пор, пока ведущие цепь свободные радикалы не исчезнут из системы, например в результате рекомбинации 2-х радикалов. Из двух свободных радикалов образуется одна неактивная молекула, поэтому цепь обрывается.

Скорость самоокисления жиров зависит от состава находящихся в них жирных кислот. Чем больше число ненасыщенных кислот и чем больше двойных связей в кислотах, тем быстрее происходит окисление. Так, линолевая кислота окисляется в 10-12 раз быстрее олеиновой. Ненасыщенные кислоты, хотя и очень медленно, также могут окисляться, переходя в гидроперекисы.

Процесс самоокисления жиров значительно ускоряется в присутствии катализаторов. Ими могут быть легко окисляющиеся металлы – железо, медь, олово, свинец, попадающие в жиры в процессе их технологической переработки, а также органические соединения, содержащие железо-гемаглобин, миоглобин и т.д. Очень активными катализаторами являются ферменты микроорганизмов, свободные жирные кислоты окисляются быстрее, чем жиры, из которых они выделены.

О содержании перекисных соединений в жире обычно судят по величине перекисного числа. **Перекисным числом** называют количество йода,

выделяемое в кислой среде из йодистого калия перекисями, содержащимися в 100 граммах жира.

В начальных стадиях окисления в жире происходят малозаметные изменения. Окисление жира в это время еще либо не протекает вовсе, либо же скорость этого процесса весьма незначительна. Этот период, имеющий различную продолжительность, называют **индукционным**. В этот период перекисное число практически не изменяется или изменяется очень мало. После окончания индукционного периода жир начинает быстро портиться. Существование индукционного периода, обусловлено наличием в составе природных жиров естественных антиокислителей: каротиноидов, токоферолов, лецитинов. Они препятствуют окислению жиров. Так, в свином жире очень мало каротиноидов и токоферолов, поэтому индукционный период свиного жира значительно короче, чем говяжьего. В результате окисления каротиноидов жир обесцвечивается, иногда приобретает зеленоватую (фисташковую) окраску. По этому признаку можно на очень ранней стадии окисления обнаружить начало окислительных изменений в окрашенных жирах.

Жир с перекисным числом до 0,03 % йода считается свежим; от 0,03 до 0,06 % непригоден для хранения, но его можно употреблять в пищу. При перекисном числе от 0,06 до 0,10 % йода жир считается сомнительной свежести, а при более 0,10 % - испорченным.

Гидроперекиси являются первичным молекулярным продуктом самоокисления жиров. Однако они являются неустойчивыми соединениями и вскоре после образования начинается их постепенный распад с появлением свободных радикалов. При этом протекают последующие разнообразные реакции, в результате которых накапливаются окиссоединения, альдегиды, кетоны, низкомолекулярные кислоты и др., т.е. возникают вторичные продукты. Все это способствует ускорению самоокисления и появлению разветвленных цепных реакций.

Первичный продукт окисления жира – гидроперекиси не обладают вкусом и запахом. Ухудшение органолептических показателей жира при окислительной порче его связано с образованием вторичных продуктов окисления, которые имеют неприятный вкус и запах.

Различают два основных направления окислительной порчи жиров – **прогоркание** и **осаливание** – в зависимости от преобладающего направления химических изменений окисляющегося жира. Обычно окисление идет в обоих направлениях, но при минусовых температурах, окисление протекает зачастую преимущественно в форме осаливания.

При прогоркании накапливаются главным образом низкомолекулярные продукты: альдегиды, кетоны, низкомолекулярные кислоты и др. Прогоркание обнаруживают органолептически по появлению в жирах прогорклого вкуса и резкого, неприятного запаха.

При осаливании преимущественно образуются оксикислоты, например диоксистеариновая кислота:



Образующиеся оксикислоты вовлекаются в процесс поликонденсации, в результате чего образуются высокомолекулярные соединения, и жир приобретает характерную салистую, мазеобразную консистенцию. Осаливающийся жир характеризуется также неприятным запахом и соляным вкусом.

4 Кровь

Кровь является жидкой тканью, которая циркулирует в артериях, венах и капиллярах организма. На долю крови приходится в среднем 7,5 % живой массы у крупного рогатого скота, 4,5 % - у свиней, 7 % - у овец и 8 % - у птицы.

Кровь вместе с лимфой и тканевой жидкостью, окружающей клетки, является внутренней средой организма, которая объединяет органы с тканями и выполняет ряд весьма важных функций.

Дыхательная функция крови состоит в переносе различных газов. Она доставляет к тканям кислород и удаляет из них углекислоту. Кровь транспортирует питательные вещества, поступающие из пищеварительного тракта к каждой клетке тела (**питательная функция**). **Выделительная функция** крови заключается в переносе ею конечных продуктов обмена к выделительным органам (легким, коже, почкам, кишечнику). Кровь выполняет и **защитные функции**, участвуя в борьбе организма со многими видами заболеваний: при попадании в организм чужеродных высокомолекулярных веществ (белков или полисахаридов – антигенов), в крови образуются антитела, которые связывают антигены. Лейкоциты крови, богатые протеолитическими и липолитическими ферментами, способствуют быстрому распаду и перевариванию микробов, попадающих в тело животных, и предохраняют организм от некоторых инфекций. Способность к свертыванию крови является одним из важнейших защитных механизмов организма от потери крови при повреждениях сосудов. Кровь участвует в регуляции обмена веществ, так как железы внутренней секреции выделяют свои гормоны непосредственно в кровь. **Регуляторная функция** крови заключается также в поддержании постоянства осмотического давления, рН среды, обмена воды, температуры тела.

Кровь сельскохозяйственных животных – ценное сырье для производства лечебной, пищевой и технической продукции.

4.1 Строение и физико-химические свойства крови

Как и другие ткани, кровь состоит из клеток и жидкого межклеточного вещества плазмы. Клетки крови называются **форменными элементами**. К ним относятся эритроциты (красные кровяные клетки), лейкоциты (белые кровяные клетки) и тромбоциты (красные пластинки). Соотношение составных частей крови у различных животных неодинаково: в крови крупного рогатого скота содержится 63 % плазмы и 37 % форменных элементов, у мелкого рогатого скота – соответственно 72 и 28 %, у свиней – 56 и 44 %.

Химический состав крови характеризуется довольно постоянным составом. Удивительное постоянство ее основных биохимических показателей, является важнейшей особенностью крови.

Кровь представляет собой водный раствор молекул и ионов многих веществ. Их суммарное осмотическое давление при температуре 37 °С постоянно и составляет 0,77 – 0,81 МПа. Наиболее осмотически активными веще-

ствами являются соли. В создании осмотического давления крови важную роль играют хлористый натрий и дикарбонат натрия. Около 90 % осмотического давления плазмы крови зависит от наличия в ней хлористого натрия: ион хлора легко проникает через клеточные мембраны и тем самым поддерживает постоянное осмотическое давление внутри клетки.

Для крови характерно также и постоянство концентрации ионов водорода; рН ее слабощелочная и колеблется в узких пределах от 7,3 до 7,4 и поддерживается на этом уровне буферными системами – карбонатной, фосфатной и белковой. Сдвиг рН крови в кислую сторону от нормы называется **ацидозом**, в щелочную – **алкалозом**.

Кровь имеет постоянную температуру замерзания и электропроводность. Температура замерзания крови на 0,6 °С ниже температуры замерзания воды (от – 0,58 до – 0,62 °С).

Плотность крови составляет 1,055 кг/м³, плазмы 1,030, эритроцитов 1,090 кг/м³. Эритроциты тяжелее плазмы, они могут оседать в ней. Этим свойством пользуются при отделении форменных элементов от плазмы методом отстаивания, центрифугирования или сепарирования крови.

Вязкость крови зависит от наличия в ней эритроцитов. Вязкость крови при 38 °С в пять раз выше вязкости воды.

4.2 Химический состав крови

4.2.1 Плазма крови.

В плазме крови содержится 90–91 % воды и 9–10 % сухого остатка. Большую часть сухого остатка составляют белки, а остальную часть – азотистые и безазотистые вещества, липиды и минеральные вещества.

В настоящее время в составе белковой плазмы выделено примерно до 40 различных белков. Основную часть составляют сывороточные альбумины, сывороточные глобулины и фибриноген. Содержание основных белковых фракций в плазме крови различных животных представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Содержание белковых фракций

Показатель	Содержание в плазме крови, %		
	сывороточный альбумин	сывороточный глобулин	фибриноген
Крупный рогатый скот	3,61	2,90	0,60
Баран	3,83	3,00	0,46
Свинья	4,42	2,20	0,65

Сывороточный альбумин является типичным альбумином. Изоэлектрическая точка этого белка лежит при рН 4,6. Сывороточный альбумин является полноценным и хорошо усвояемым белком. **Глобулины** плазмы крови представляют собой большую группу белков различной структуры. При электрофорезе глобулины крови разделяются на фракции α -, β - и γ - глобулины. Многие из α - глобулинов являются антителами. Изоэлектрическая

точка глобулинов лежит при рН 5,1 и 6,2. Глобулины полноценные и хорошо усвояемые белки.

Фибриноген по свойствам близок к глобулинам. Это растворимый, полноценный и хорошо усвояемый белок плазмы крови. Изоэлектрическая точка фибриногена находится при рН 5,5, Это важный компонент системы, обеспечивающий свертывание крови. Плазма без фибриногена называется **сывороткой**.

К белкам плазмы относятся и **ферменты**. В плазме обнаружены ферменты, относящиеся к классу гидролаз (амилаза, фосфотаза, липаза, протеаза) и ферменты, участвующие в свертывание крови и в окислении (каталазы, пероксидазы).

В плазме крови всегда присутствует некоторое количество **низкомолекулярных азотистых веществ** – конечных продуктов белкового обмена: мочевины, мочевая кислота, аммонийные соли, креатинин и др. Эти вещества образуются в тканях и поступают в кровь. Током крови они доставляют к почкам, оттуда попадают в мочу. Кроме конечных продуктов белкового обмена в крови содержатся также и промежуточные продукты распада белков и нуклеиновых кислот: аминокислоты, полипептиды, пуриновые основания.

Наибольшее количество небелкового азота плазмы крови приходится на долю мочевины. На втором месте находится азот аминокислот. Увеличение количества небелкового азота при хранении и переработке крови свидетельствует о гнилостном распаде белка.

К безазотистым веществам содержащимся в плазме крови, относятся питательные вещества, или промежуточные продукты их обмена: глюкоза, молочная кислота, триглицериды, свободные жирные кислоты, минеральные и другие вещества.

Моносахариды, в основном глюкоза, всегда содержатся в плазме крови животных.

Содержание глюкозы в плазме крови животных характеризуется следующими данными (в мг %)

Корова	40 – 100	Кролик	100
Овца	20 – 65	Курица	130 – 260
Коза	40 – 65	Индейка	170 – 210
Свинья	40 – 250	Утка, гусь	150
Лошадь	60 – 110		

У человека 80–120 мг %. Этот уровень отличается постоянством и поддерживается различными регуляторными механизмами.

Количество молочной, пировиноградной, янтарной и других кислот – продуктов промежуточного обмена (особенно молочной кислоты), в плазме крови неодинаково. В результате напряженной мышечной работы повышается распад гликогена, что ведет к увеличению содержания молочной кислоты.

Липиды представлены жирами и продуктами их распада (глицерин и жирные кислоты), фосфатидами, холестеридами и холестерином. Общее содержание липидов в плазме крови зависит от принимаемой пищи и в среднем

составляет у крупного рогатого скота 0,09 %, у мелкого рогатого скота – 0,13 %, у свиней – 0,19 %.

В плазме крови содержатся **минеральные вещества**. Они находятся либо в связанном состоянии с белками (в основном с альбуминами и глобулинами) – транспортная неактивная форма, либо в ионизированном состоянии – активная форма. У животных различных видов общее количество минеральных веществ в крови составляет примерно 0,9 %.

Важнейшей минеральной солью плазмы крови является **хлористый натрий**. Часть натрия находится в виде декарбоната, фосфатов, сульфатов. Кроме солей натрия в плазме содержатся **соли калия**, причем плазма более богата солями натрия, а эритроциты – солями калия.

В плазме присутствует также большая группа микроэлементов железа, йода, меди, цинка, кобальта.

Кровь транспортирует к тканям **витамины**, поступающие с пищей. В крови убойных животных в значительных количествах содержатся витамины группы В, а также витамины С, А, Д, Е и К.

У крупного рогатого скота плазма крови красно-желтая, а у свиней желтая и бесцветная. Окраска плазмы крови зависит от наличия в ней **пигментов** билирубина (золотисто-желтая) и беливердина (зеленая), которые являются продуктами распада гемоглобина. На окраску плазмы влияет и количество растительных пигментов – каротинов и ксантофиллов, придающих плазме красно-желтую окраску. Эти пигменты поступают в организм животных с пищей.

4.2.2 Форменные элементы крови. Основную массу форменных элементов крови составляют эритроциты. Их количество в 1 мм³ крови колеблется от 6 до 11 млн, количество лейкоцитов в 1 мм³ 200–600 тыс.

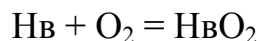
Эритроциты – высокоспециализированные клетки, выполняющие функции дыхания. Они быстро изнашиваются. Ядер эти клетки не имеют – делиться не могут. Длительность жизни эритроцитов 35-100 дней. Они разрушаются и образуются в костном мозге.

В состав эритроцитов входят вода (около 60 %), белки, ферменты, небелковые азотистые вещества, в том числе липиды. Из минеральных веществ в эритроцитах преобладает калий, а из микроэлементов обнаружены медь и цинк. После удаления воды из эритроцитов остается сухой остаток, который на 90 % состоит из белка гемоглобина. **Гемоглобин** – сложный белок из класса хромопротеидов. Красная окраска крови связана с наличием гемоглобина. Простетической его группой является гем – вещество, идентичное гему миоглобина. Белковая часть гемоглобина представлена белком глобином. Этот белок в составе гемоглобина имеет четвертичную структуру. Молекула его имеет четыре субъединицы, каждая из которых состоит из одной полипептидной цепи, в третичной структуре соединенной с гемом. Таким образом, одна молекула гемоглобина состоит из четырех гемов. (В отличие от миоглобина, где одна молекула белка (глобина) связана с одним гемом, у гемоглобина – с 4 гемами).

Изоэлектрическая точка гемоглобина лежит при рН 5,5. Гемоглобин разных животных различается по своей белковой части – глобину сочетанием аминокислот.

Гемоглобин способен легко соединяться с **кислородом** и другими газами, образуя производные гемоглобина.

Гемоглобин является переносчиком кислорода. В легких кислород соединяется с гемоглобином, образуя ярко-красный оксигемоглобин:



Эта реакция обратима, и в капиллярах тканей в условиях низкого парциального давления O_2 , комплекс HbO_2 распадается.

Углекислота переносится кровью от тканей к легким, главным образом в виде **дикарбонат – иона**, который образуется в эритроцитах.

Лейкоциты. Из белков в лейкоцитах обнаружены параглобулины, нуклеопротеиды, цитоглобулин и др. В лейкоцитах содержится значительное количество протеолитических и липолитических ферментов, из углеводов – гликоген и некоторое количество сахара.

Лейкоциты как самостоятельная фракция при промышленной переработке крови пока не используются, но входят в состав препаратов, изготовляемых из форменных элементов.

Тромбоциты представляют собой весьма нестойкие образования, которые при изъятии крови быстро разрушаются.

Разрушение тромбоцитов является начальным моментом свертывания крови, так как они содержат агенты, участвующие в этом процессе.

4.3 Биохимические превращения крови

4.3.1 Свертывание крови

Кровь после вытекания из кровеносных сосудов только короткое время сохраняет свойства жидкости; вскоре она свертывается, образуя сгусток. У различных животных самопроизвольно кровь свертывается с различной скоростью (в мин):

Крупный рогатый скот	6,5–10,0
Овца	4,0–8,0
Свинья	3,5–5,0
Лошадь	11,5–15,0
Птица	Менее 1,0

Свертывание крови связано с превращением растворимого белка плазмы фибриногена в нерастворимый белок фибрин. При этом превращении от молекулы фибриногена с помощью фермента тромбина отщепляются четыре пептида и получается фибрин, который полимеризуется в виде длинных тонких нитей. Нити фибрина образуют сеть, в которой застревают клетки крови (рисунок 4.1).

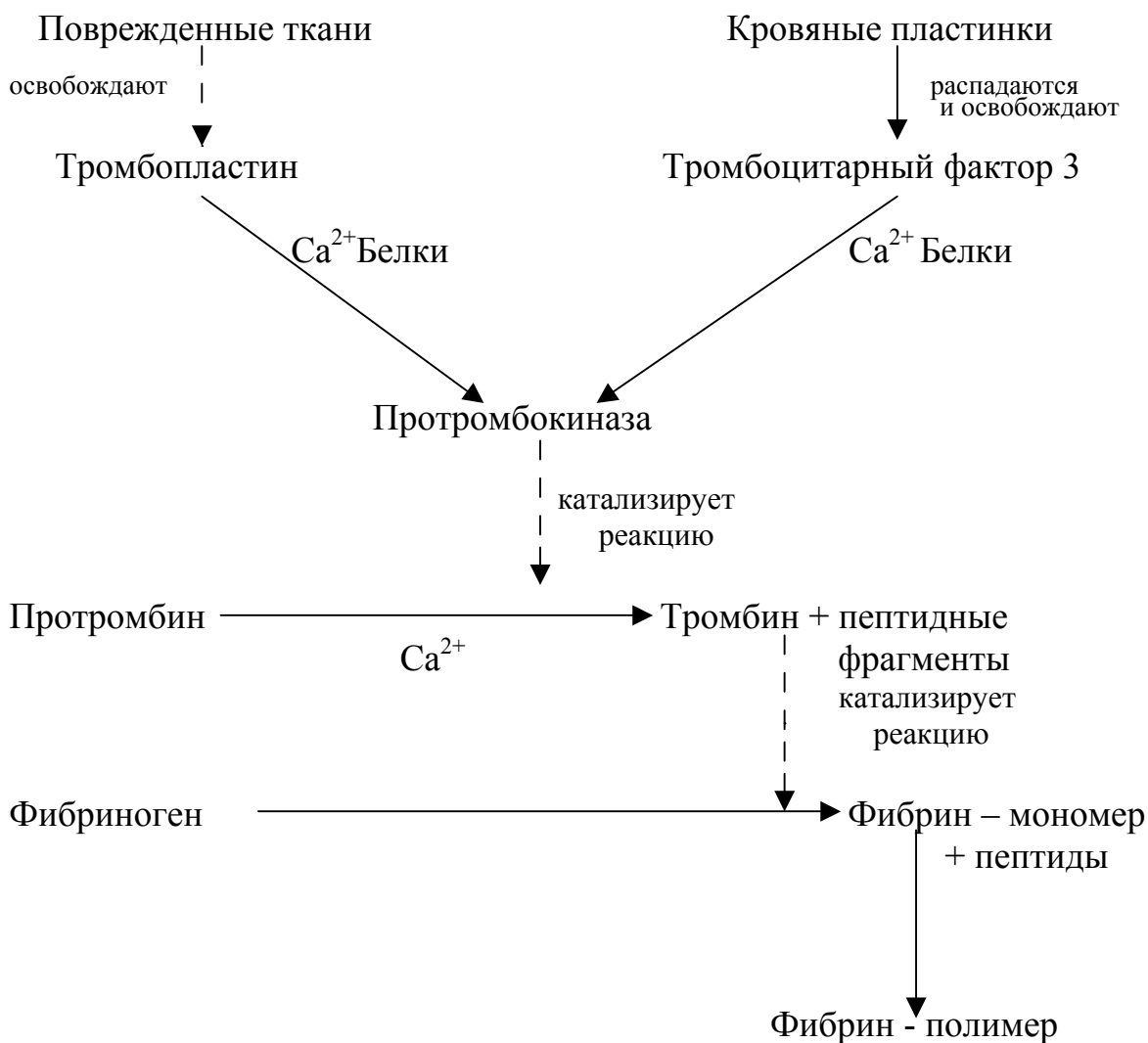


Рисунок 4.1 Последовательность реакций, проводящих к свертыванию крови

Механизм свертывания крови очень сложен. В нем участвуют различные вещества, содержащиеся в плазме и воздействующие в результате трех последовательных реакций. Каждая реакция катализируется ферментом, образующимся в результате предшествующей реакции.

«Пусковым механизмом» при свертывании крови служит освобождение от поврежденной ткани липопротеида, называемого **тромбопластином**.

В результате реакций тромбопластина с ионами Ca и белковыми факторами, содержащимся в плазме, образуется фермент **протромбокиназа**. Протромбокиназа катализирует реакцию расщепления **протромбина**. В результате образуется несколько фрагментов, один из которых представляет собой **тромбин**. Для этой реакции также необходимы ионы Ca .

Наконец тромбин, действуя как протеолитический фермент, отщепляет от фибриногена четыре пептида и превращает его в активный фибрин-мономер, полимеризация которого приводит к образованию длинных волокон нерастворимого фибрина. Сеть этих волокон и опутанные ею эритроциты, лейкоциты и тромбоциты образуют кровяной сгусток.

4.3.2 Стабилизация крови.

Процесс предотвращения свертывания крови путем введения в кровь химических веществ называется стабилизацией.

При жизни животного в большом круге кровообращения кровь не свертывается благодаря наличию в ней физиологических антикоагулянтов: **гепарина, антитромбопластина, антитромбина** и др.

Гепарин резко снижает активность тромбина, образуя неактивный комплекс с самим тромбином и тромбопластином. По химической природе гепарин является мукополисахаридом.

Препараты гепарина широко используют при переливании крови.

Антитромбин и антитромбопластин находятся в плазме, причем первый инактивирует тромбин, а второй – тромбопластин.

При убое животных вытекающая из кровеносных сосудов кровь свертывается и превращается в сгусток. Некоторые химические вещества – стабилизаторы, добавленные к свежесобранной крови, - предотвращают ее свертывание.

Кровь стабилизируют очень быстро, в момент взятия ее, пока она еще не успела свернуться. Стабилизация крови упрощает технологический процесс ее дальнейшей переработки. В составе жидкой крови остается полноценный белок фибриноген.

Стабилизация может быть обусловлена исключением одного из компонентов, входящих в систему свертывания крови:

1) пищевую кровь, предназначенную для колбасно-кулинарных целей, стабилизируют **хлористым натрием**, который угнетает тромбин и тормозит превращение фибрин-мономера в фибрин-полимер. В результате такой обработки кровь не свертывается;

2) при промышленной переработки крови широко применяют стабилизаторы, действие которых сводится к исключению ионов Са из системы свертывания. В качестве стабилизатора применяют **оксилаты, цитраты, фосфаты, сульфаты** и др. При этом образуются нерастворимые кальциевые соли этих кислот;

3) стабилизацию крови можно проводить с помощью **ионообменной адсорбции**. При пропускании крови через слой ионообменной смолы 50 % кальция крови заменяется натрием ионообменной смолы, что вполне достаточно для стабилизации;

4) высокой стабилизирующей способностью, как указывалось выше, обладает **гепарин**: 1 г гепарина способен стабилизировать 20 л крови. Его получают из легких крупного рогатого скота. Однако из-за сложности получения гепарин пока применяют лишь в медицине.

4.3.3 Дефибринирование крови.

Процесс удаления из крови фибрина называется дефибринированием.

В ряде случаев кровь животных, используемую на пищевые цели, фибринируют, т.е. от крови отделяют фибрин, пока она еще не образовала сгустков. Кровь взбивают мешалкой, и фибрин выделяется в виде нитей, которые удаляют.

4.3.4 Гемолиз крови.

Растворяясь в плазме, гемоглобин окрашивает ее в более или менее интенсивно красный цвет.

Это явление называется **гемолизом**, а полученная кровь – **гемолизированной**, или лаковой, так как она становится прозрачной.

Гемолиз наступает при разрушении оболочек эритроцитов. Причиной этому могут быть различные факторы, например: воздействие органических растворителей (эфир, спирт), поверхностно-активных веществ (мыло), механическое воздействие, замораживание. Гемолиз происходит при разбавлении крови водой. Оболочка эритроцитов полупроницаема; она пропускает воду, но не пропускает катионы. При добавлении воды концентрация солей в плазме уменьшается. Вследствие большой разницы осмотического давления внутри и вне эритроцитов, вода из плазмы быстро проникает внутрь эритроцитов. При этом эритроциты разбухают и лопаются, а гемоглобин переходит в плазму.

5 Нервная ткань

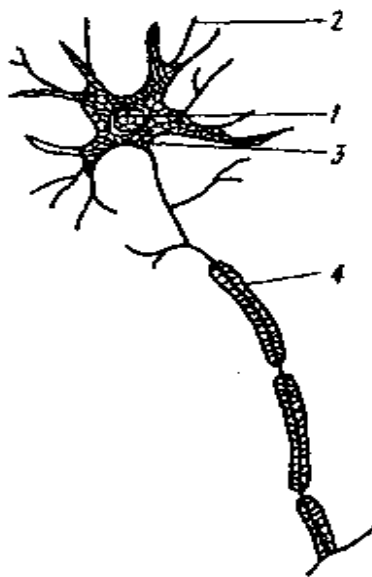
5.1 Функции и строение нервной ткани

Нервная ткань управляет организмом. Она объединяет различные части тела животных, согласовывает их работу. Ей принадлежит ведущая роль во взаимосвязи организма с внешней средой.

Центральными органами нервной системы являются **головной мозг**, расположенный в черепе, и **спинной мозг**, находящийся в позвоночном канале. Кроме того, существует **периферическая нервная система**, состоящая из отростков нервных клеток, которые, разветвляясь, пронизывают все органы тела животных густой сетью.

Головной и спинной мозг состоит из нервной ткани. Нервная ткань состоит из нервных клеток – нейронов и из мелких глиальных клеток, оплетающих и соединяющих нейроны.

Нейроны – наибольшие клетки организма. Их объём достигает от 10000 до 100000 nm^3 . Для сравнения объём эритроцитов составляет 90 nm^3 . Внутри тела нейрона, кроме ядра, в протоплазме имеется большое количество различных мембранных структур, митохондрий, рибосом (рисунок 5.1).



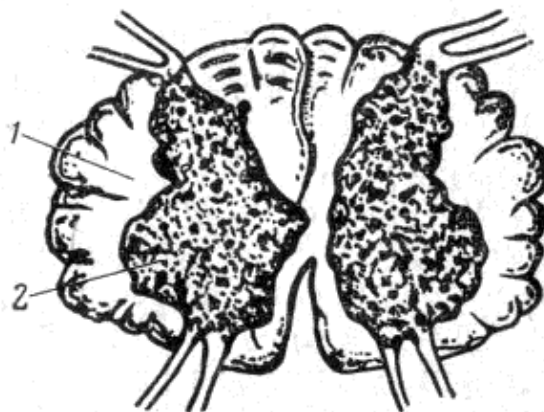
1 - ядро; 2 – дендриты; 3 – протоплазма; 4 – аксон

Рисунок 5.1 Строение нейрона

От тела нейрона отходят протоплазматические отростки двух типов: многочисленные древовидные разветвления – **дендриты** и один длинный отросток, нервное волокно – **аксон**. Аксон может достигать 1-1,5 м при толщине меньше 0,025 мм. Внутри он содержит аксоплазму и покрыт сложными миелиновыми оболочками, в которых много липидов. Нейроны окружены большим количеством мелких глиальных клеток, которые непосредственно соприкасаются с кровеносными капиллярами. Нейроны и их глиальные клет-

ки – сателлиты – образуют единую метаболическую систему. Нейроны в коре больших полушарий головного мозга составляют 12-13 % от общей массы.

При переработке животного приходится иметь дело только с нервной тканью головного и спинного мозга, так как периферическая нервная система не может быть выделена в виде самостоятельной ткани. Головной и спинной мозг являются ценным пищевым продуктом и сырьём для получения биологических препаратов. Мозг состоит из двух слоёв белого и серого вещества (рисунок 5.2).



1 – белое вещество (нервные волокна); 2 – серое вещество (нервные клетки)

Рисунок 5.2 Поперечный разрез спинного мозга

Серое вещество мозга образовано нервными клетками вместе с отростками. Белое вещество, также как и нервы тела животного, состоит только из нервных волокон. В головном мозге серое вещество образует наружный слой, называемый корой головного мозга. Белое вещество расположено под серым. В спинном мозге, напротив, серое вещество занимает среднюю часть, белое окружает серое вещество.

5.2 Химический состав нервной ткани

Химический состав белого и серого веществ мозга неодинаков. В белом веществе содержится около 70 % воды, а в сером 85 %. Белков в белом веществе мозга примерно 9,5 %, в сером 8 %.

Таблица 5.1 - Химический состав больших полушарий, % к сухому остатку

Показатель	Серое вещество	Белое вещество
Белок	44	27
Экстрактивные вещества	6	3
Липиды	44	67
Холестерин	6	17
Цереброзиды	6	17
Минеральные вещества	6	3

При этом в сером веществе (в коре) преобладают белковые вещества, а в белом – липиды. В мозге содержится глюкоза и гликоген. Минеральных и экстрактивных веществ, специфических для нервной ткани, не обнаружено. Из нервной ткани выделены ферменты, которые ускоряют превращения белков, липидов, углеводов и других соединений.

Мозг является органом, который потребляет кислорода больше, чем другие ткани. Непрерывное снабжение мозга кислородом – необходимое условие для его нормального функционирования при жизни организма.

Нервная ткань, в отличие от мышечной ткани, которая использует для этого главным образом гликоген, получает энергию в результате окисления глюкозы. В головном мозге глюкоза потребляется в несколько раз больше, чем в мышечной ткани и почках. Глюкоза окисляется в мозге до CO_2 и H_2O , поэтому недостаток кислорода, необходимый для окисления глюкозы, ощущается тотчас же.

Недостаточное снабжение центральной нервной системы глюкозой и кислородом приводит к серьезным нарушениям нормальной деятельности организма.

5.2.1 Белки.

Белки мозга представлены альбуминами, глобулинами, небольшим количеством эластина и коллагена. Большинство белков мозга образуют комплексы с липидами. Такие комплексы входят во внутриклеточные мембраны, но главная часть их участвует в построении сложных оболочек (миелиновых), покрывающих дендриты и аксоны. Белково-липидные комплексы различаются по способности к растворению. Комплексы, растворимые в воде и нерастворимые в органических растворителях, называют **липопротеидами**, а – нерастворимые в воде и растворимые в органических растворителях – **протеолипидами**. И те, и другие комплексы удается при соответствующем воздействии разделить на белковую и липидную части.

Специфическим белком нервной ткани является **нейрокератин**. Этот белок отличается от кератинов пониженным содержанием серы (1,0–3,0 %) и азота (до 8 %), аминокислотным составом, но сходен с ним плохой растворимостью и устойчивостью к действию трипсина. Вместе с липидами они входят в состав оболочек нервных волокон.

Значительная часть белков мозга содержит фосфор.

В состав мозга входят нуклеопротеиды с небольшим содержанием фосфора, среди них – нейроглобулин (содержит 0,5 % фосфора) – дезоксирибонуклеопротеид и нейростромин – рибонуклеопротеид. Белковые вещества мозга в целом отличаются большим содержанием глутаминовой кислоты (до 26 %) и устойчивостью к действию трипсина. Вместе с липидами они входят в состав оболочек нервных волокон.

Значительная часть белков мозга содержит фосфор.

В состав мозга входят нуклеопротеиды с небольшим содержанием фосфора, среди них – нейроглобулин (содержит 0,5 % фосфора) – дезоксирибонуклеопротеид и нейростромин – рибонуклеопротеид. Белковые вещества

мозга в целом отличаются большим содержанием глутаминовой кислоты (до 26 %).

5.2.2 Ферменты.

В мозговом веществе обнаружены разнообразные ферменты из группы гидролаз: амилаза, мальтаза, сахараза, липаза, лецитиназа, холинэстераза, протеаза, рибонуклеаза, аденозинтрифосфатаза и др. Из окислительно-восстановительных ферментов обнаружены пероксидаза, каталаза, цитохромы, а также ферменты гликолиза и др.

5.2.3 Липиды.

Наиболее характерной и весьма разнообразной составной частью мозга является его липидная часть. Липиды входят в состав структурных образований внутри клеток мозга и многочисленных отростков с их оболочками.

Они подразделяются на следующие группы:

- 1) фосфолипиды;
- 2) глюколипиды;
- 3) сульфатиды;
- 4) стерины.

Из общего числа липидов около половины приходится на группу **фосфолипидов** (холинфосфатиды, этаноламинфосфатиды, серинфосфатиды, ацетальфосфатиды, инозитфосфатиды).

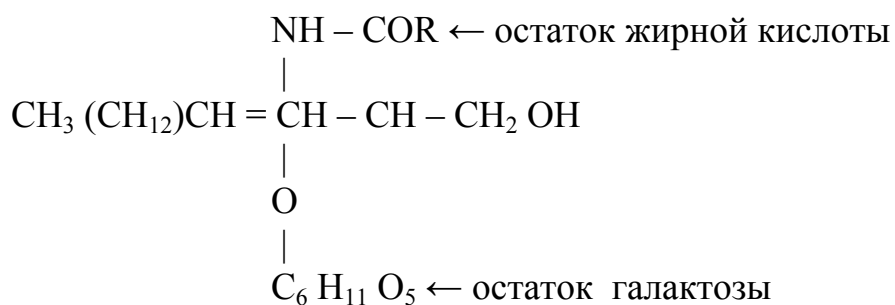
Следующей по количественному содержанию группой липидов являются **стерины**, представленные в основном холестерином.

Спинной и головной мозг убойных животных богат холестерином. В белом веществе содержится примерно 4 % холестерина, в сером 1 % в расчете на сырую ткань. Основная масса холестерина находится в мозге в свободном состоянии; небольшая часть, примерно 2 % от всего количества холестерина, находится в виде эфиров.

Холестерин очень термостабилен, плавится при температуре 147–148 °С, растворяется в эфире, хлороформе, бензоле, отчасти в растворах желчно-кислых солей.

Свободный холестерин может поглотить очень большое количество воды.

Своеобразной группой липидов мозга, весьма значительной по количеству, являются **глюколипиды**. Среди них в наибольшем количестве находятся различные по составу цереброзиды (цереброн, неврон, керазин и др.).



Цереброзид

В белом веществе мозга цереброзидов значительно больше, чем в сером. В спинном мозге крупного рогатого скота содержится 5,6 % цереброзидов в расчете на сырую ткань.

В группу **сульфатидов** входят производные цереброзидов и серной кислоты. В составе липидов мозга практически отсутствуют триглицериды.

В структуре липидов преобладают полиненасыщенные жирные кислоты. В различных участках серого вещества липиды неодинаковы по составу (ненасыщенные жирные кислоты) и строению. Значительная часть липидов мозга находится в связанном виде в комплексе с белками.

Жиры почти не встречаются в составе липидов нервной ткани.

5.2.4 Углеводы и экстрактивные вещества.

Содержание гликогена (свободного и связанного) в мозговой ткани невелико 70–150 мг %, причем распределен он весьма неравномерно.

Азотистые экстрактивные вещества сосредоточены, главным образом, в клетках серого вещества. У взрослых животных их больше, чем у молодых.

Из нервной ткани выделены аденозинтрифосфорная кислота, фосфокреатин, креатин, ацетилхолин, норадреналин, дофалин, серотонин, пуриновые основания, аммиак, глютаминовая кислота, а также глютамин. Последние составляют (в сумме около 200 мг %) - больше половины свободных аминокислот мозга. Специфической для мозга является γ -аминомасляная кислота.

Из безазотистых экстрактивных веществ в нервной ткани содержатся глюкоза (около 100 мг %), молочная кислота, инозит и др.

5.2.5 Минеральные вещества.

В головном мозге присутствуют в больших количествах:

- фосфор – 360 мг %;
- калий – 530 мг %;
- натрий – 312 мг %;
- хлор – 171 мг %;
- кальций – 15 мг %.

Для нервной ткани характерно высокое содержание калия. Кроме того обнаружены йод, медь, цинк, марганец. Эти элементы, особенно йод, распределены в ткани неравномерно. Для мозга характерно присутствие в сером веществе микроэлемента молибдена.

5.3 Биохимические процессы, протекающие в нервной ткани

Нервная ткань получает энергию за счет окисления глюкозы, причем главным образом за счет аэробного окисления, а не за счет гликолиза. Поэтому мозговые клетки очень активно поглощают кислород, доставляемый кровью. Так, в спокойном состоянии поглощение кислорода мозгом почти в 20 раз выше, чем мышечной тканью. Мозг и нервы потребляют 20–25 % всего кислорода, используемого организмом. Этой особенностью объясняется высокая чувствительность мозга к отсутствию кислорода (гипоксия). При введении наркотиков уменьшается потребление кислорода мозгом – происходит общее угнетение жизнедеятельности нервной ткани.

Торможение деятельности головного мозга животных имеет практическое значение. На мясокомбинатах применяют способ предубойного оглушения животных электрическим током. После убоя животного в мозговой ткани происходят автолитические процессы. Реакция среды сдвигается в щелочную сторону. Первые 24 ч после убоя животного рН мозговой ткани находится в пределах 6,3–6,0, а через 48 часов реакция сдвигается до 6,5.

В результате автолиза несколько снижается способность мозговой ткани к набуханию в воде: через 24–48 часов набухание ткани составляет 76–77 % к исходной, а в дальнейшем изменения этого показателя незначительны.

При продолжительном хранении головного мозга в охлаждённом состоянии его кулинарные достоинства частично снижаются. Эти изменения обусловлены и другими физико-химическими и биохимическими особенностями превращений ткани. Поэтому срок хранения охлаждённого мозга не должен превышать 3–5 суток.

5.4 Пищевая ценность мозга

В пищевом отношении головной и спинной мозг представляет большую ценность, так как содержит значительное количество необходимых для организма липидов, главным образом фосфатидов, особенно холина и инозитфосфатидов (холин и инозит являются витаминами), а также ненасыщенных жирных кислот. Однако большое количество холестерина в ткани несколько ограничивает её использование.

Благодаря большому содержанию липидов калорийность мозговой ткани выше калорийности других органов.

В белках мозга содержатся все жизненно необходимые аминокислоты, особенно такие дефицитные во многих пищевых продуктах, как лизин, метионин, валин, треонин.

Большинство белков мозга относится к полноценным. В составе мозга имеются ценные для питания микро и – ультрамикроэлементы.

Часть 2 Общие сведения о биосинтезе и прижизненных функциях тканей. Промышленное понятие о мясе. Дифференциация сырья

1 Биосинтез тканей

В клетках организмов протекает множество синтетических реакций. Не только у молодого растущего, но и у взрослого организма постоянно происходит синтез белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот и т.п. Эти вещества используются для построения новых клеток. Так, у взрослого человека каждый час отмирает миллиард эритроцитов, 5 миллиардов лейкоцитов и 2 миллиарда тромбоцитов крови. На смену им приходят новые клетки, вырабатываемые в костном мозге и селезёнке. В среднем в течение каждых 80 дней половина всех тканевых белков распадается и строится заново. Белки печени, например, обновляются на половину каждые 10 дней, белки мышц – каждые 18 дней.

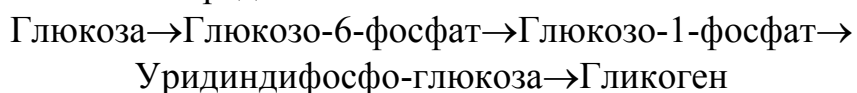
Можно сформулировать несколько основных принципов, которым подчиняются происходящие в клетке процессы биосинтеза. Каждая клетка обычно сама синтезирует для себя белки, липиды, полисахариды и другие сложные вещества, а не получают их в готовом виде от других клеток. Исключения составляют вещества, синтез которых выполняется специальными тканями. Например, гормоны синтезируются в железах, а затем кровью доставляются к различным клеткам тела.

Процессы биосинтеза требуют энергетических затрат. Значительная часть энергии, вырабатываемой в клетках тела, расходуется на процессы синтеза.

Исходным сырьём для процессов биосинтеза служат сравнительно немногие вещества, в том числе ацетил-КоА, пировиноградная кислота, рибоза, глицерин и др.

Процессы биосинтеза веществ в тканях могут происходить двумя путями: поэтапного и матричного синтеза.

1.1 Поэтапный синтез – это путь образования большинства сложных молекул в результате последовательных ферментативных реакций. Сложные молекулы невозможно получить сразу. Они строятся постепенно через ряд промежуточных стадий, этап за этапом. В организме образуются промежуточные продукты синтеза. Так, поэтапный синтез гликогена в печени, мышцах схематично можно представить так:



Синтез холестерина, например, процесс еще более длительный. Он складывается из более двух десятков ферментативных реакций. Каждая реакция (этап) биосинтеза катализируется отдельным ферментом.

1.2 Матричный синтез – это путь образования больших молекул нуклеиновых кислот и белков. Полимерные молекулы нуклеиновых кислот и

белков образуются из их мономеров-моонуклеотидов и аминокислот. Образование происходит на матрице, где мономеры располагаются и фиксируются в строго определенном, наперед заданном порядке. Роль матрицы выполняют молекулы нуклеиновых кислот. Матрица является той специфической поверхностью, которая связывает аминокислоты или нуклеотиды в нужном порядке и этим способствует синтезу определенной белковой молекулы или молекулы нуклеиновой кислоты.

«Сшивание» мономерных звеньев в полимерную цепь происходит ферментативным путем, и готовый полимер сбрасывается с матрицы. После этого матрица готова к «сборке» новой полимерной молекулы. Таким образом, молекулы белков и нуклеиновых кислот образуются без промежуточных стадий. Именно аминокислоты, а не короткие пептиды являются непосредственными предшественниками белков, а моонуклеотиды-непосредственными предшественниками нуклеиновых кислот.

Матричный тип реакции встречается только в живых организмах. Он является основой живого к воспроизведению себе подобных. Сложные молекулы синтезируются на основе матричного принципа быстро и точно.

1.3 Прижизненная динамика мышц

При жизни животного мышечная ткань совершает определённую работу, которая обусловлена мышечным сокращением и расслаблением. Для выполнения работы требуется энергия. Известно, что живые организмы не могут превращать тепло выделяемое в клетках при химических реакциях, в другие виды энергии. Непосредственным источником энергии для сокращения мышц является химическая энергия, выделяющаяся при расщеплении макроэргитических фосфатных связей АТФ, которая превращается в механическую.

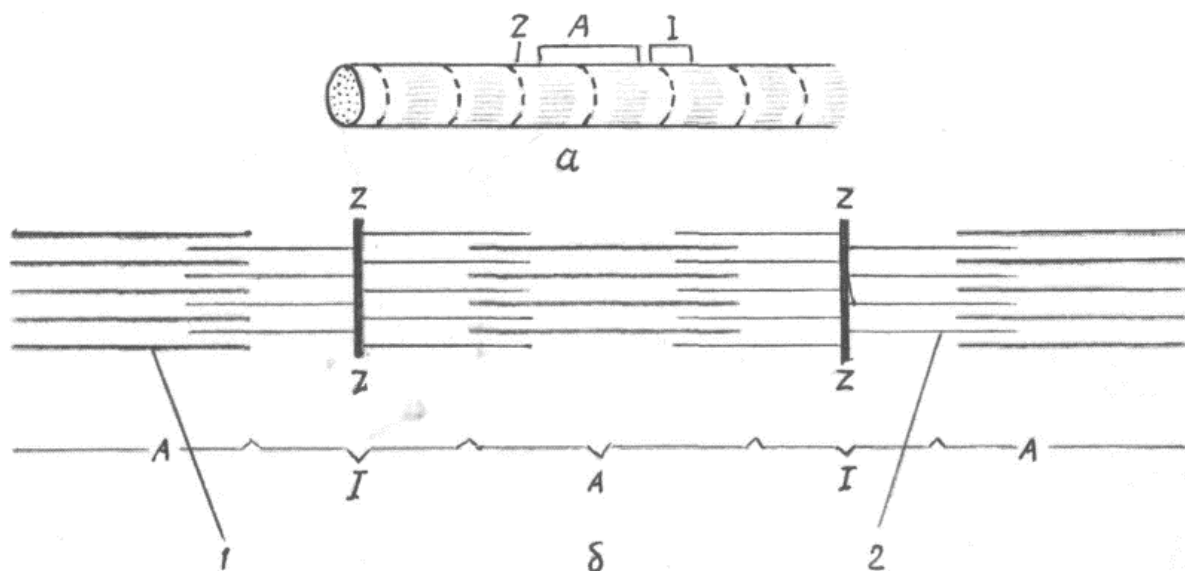
Основными сократительными элементами мышечного волокна (мышечной клетки) являются миофибриллы. Каждая миофибрилла состоит из многочисленных параллельных нитей, которые бывают двух типов: толстые и тонкие. Толстые нити состоят из белка миозина, а тонкие- из актина. В миофибрилле нити расположены таким образом, что длинные актиновые нити входят своими концами в промежутки между толстыми и более короткими миозиновыми нитями.

Миофибриллы показывают поперечную исчерченность, что связано с наличием анизотропных А – дисков и изотропных I – дисков (рисунок 1.1).

В I – дисках присутствуют только тонкие актиновые нити, а А – диски содержат толстые миозиновые и тонкие актиновые нити, что и обуславливает двойное лучепреломление. I – диски делятся пополам плотной поперечной Z – пластинкой. Вся повторяющаяся единица от одной Z – пластинки до другой Z – пластинки называется **саркомером**.

Тонкие нити гладкие, на толстых имеются выступы – это «головки» миозина. С помощью этих выступов толстые и тонкие нити могут соединяться поперечными мостиками через SH – группы миозина и OH – группы актина. Путём такого взаимодействия образуется актомиозин.

В расслабленной мышце нити актина и миозина не взаимодействуют между собой. Головки миозина находятся в перпендикулярном положении к толстым нитям и не соединены с тонкими.



а – миофибрилла; б – участок миофибриллы; 1 – толстые нити (миозин); тонкие нити (актин)

Рисунок 1.1 Строение миофибрилл

Тропомиозин блокирует нити актина, а тропонин ингибирует ферментативную активность миозина, препятствуя расщеплению АТФ и освобождению энергии, необходимой для мышечного сокращения.

Мышечное сокращение возбуждается нервным импульсом, передаваемым от нервных окончаний на мышечное волокно. Импульс повышает проницаемость клеточных мембран, в частности мембран эндоплазматической сети, в которой концентрация ионов кальция в 10000 раз выше, чем в саркоплазме мышечного волокна. Увеличение проницаемости приводит к тому, что концентрация ионов в цитоплазме возрастает. Ионы кальция связываются с комплексом тропонин-тропомиозин и инактивируют его. В результате освобождаются заблокированные реакционноспособные участки актина и головки миозина движутся к актиновым молекулам, прикрепляются к ним. При этом образуются поперечные миозиновые мостики, которые, как резинки, тянут на себя молекулы актина. Актиновые нити скользят между нитями миозина. Мышечное волокно сокращается.

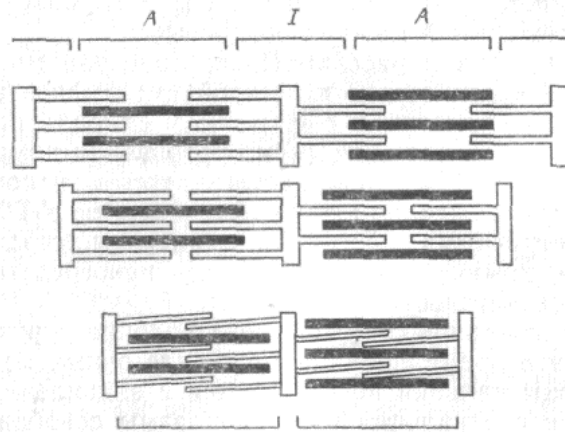
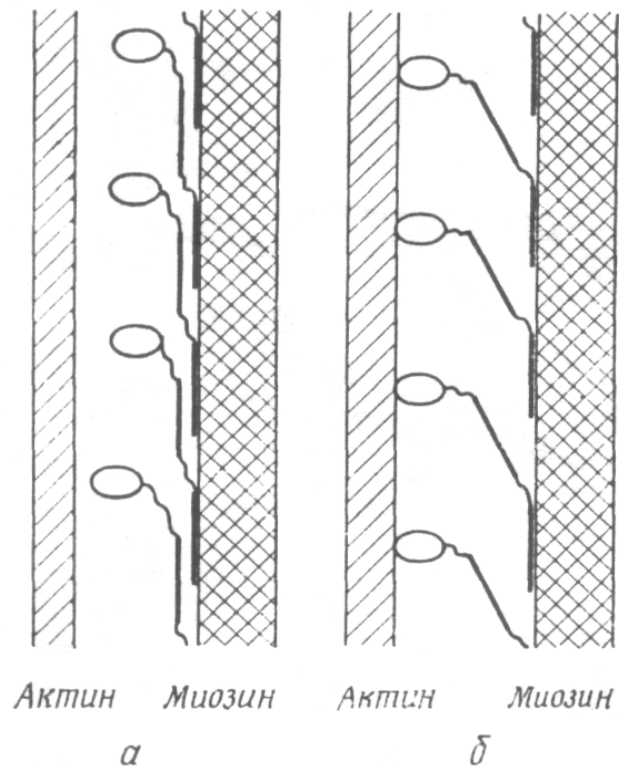


Рисунок 1.2 Модель сокращения мышц (модель скользящих нитей)



а – при расслаблении; б – при сокращении

Рисунок 1.3 Образование поперечных мостиков между актиновыми и миозиновыми нитями

На перемещение нитей используется энергия, выделяющаяся при гидролизе АТФ. Как оказывалось ранее, миозин обладает АТФ-азной активностью. Когда мышца расслаблена, тропонин ингибирует миозин АТФ-азу и энергия не образуется. Инактивация тропонина ионами кальция пробуждает активность миозина, освободившаяся энергия натягивает резинку поперечных мостиков. По мере использования энергетических запасов каждой молекулой АТФ связь миозина с актином разрывается, а на головке образуется новая молекула АТФ, гидролиз которой вновь заряжает

поперечный мостик энергией. Этот процесс повторяется многократно, приводя к более глубокому продвижению актиновых нитей между миофибриллами.

По сути дела, химическая энергия здесь непосредственно превращается в механическую. Единичное сокращение мышечного волокна длится от 0,01 до 0,1 с. За это время проницаемость клеточных мембран понижается. Ионы кальция возвращаются в эндоплазматическую сеть. Исчезновение кальция из саркоплазмы освобождает тропонин, который вновь ингибирует образование энергии. Мышца расслабляется.

Так как в процессе мышечной деятельности постоянно расщепляется АТФ, то для того чтобы мышца могла работать непрерывно, необходимо постоянное его пополнение.

Только благодаря постоянному воспроизводству, содержание АТФ в мышцах поддерживается на определённом уровне.

Источниками энергии, обеспечивающими образование АТФ являются гликолиз и клеточное дыхание. Хотя все мышцы позвоночных животных обладают как гликолитической, так и дыхательной активностью, они могут варьировать.

В высокоактивных, или красных, мышцах с высоким содержанием миоглобина (летательные мышцы птиц и мышцы конечностей млекопитающих) главным источником является аэробное окисление.

В относительно малоактивных, или белых скелетных мышцах, которые содержат мало миоглобина и цитохромов, главными источниками энергии для ресинтеза АТФ являются гидролиз и гликогенолиз, даже если такие мышцы хорошо снабжаются кислородом.

«Топливо», используемое для ресинтеза АТФ, может быть различным в зависимости от активности мышц. В покоящихся мышцах у млекопитающих, например во время сна, используются в основном жирные кислоты; при этом потребляется очень мало глюкозы из крови. Однако при максимальной активности главным «топливом» становится глюкоза.

При интенсивной работе, когда доступ кислорода к тканям затруднен, быстрое окисление с выделением энергии протекает по анаэробному пути (гликогенолиз). При жизни организма образовавшийся в результате гликогенолиза лактат с помощью регуляторных механизмов снова вовлекается в процесс метаболизма по схеме (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 Схема взаимодействия скелетных мышц и печени в процессе интенсивной мышечной работы

В период восстановления лактат, поступивший из мышц в кровь, превращается в печени в глюкозу крови. На образование одной молекулы глю-

козы из двух молекул лактата расходуется шесть молекул АТФ. Глюкоза поступает с кровью обратно в мышцы и откладывается в запас в виде гликогена.

Мышцы используют 20-40 % химической энергии, питательных веществ. Остальная энергия переходит в тепло, часть этого тепла используется для поддержания температуры тела. Если организм животного не производит мышечной работы, то образующего в организме тепла недостаточно, для того чтобы согреть тело в условиях холода. Тогда мышцы начинают непроизвольно сокращаться, появляется дрожь, и образующееся при этом тепло восстанавливает и поддерживает температуру тела.

2 Общие понятия о качестве и пищевой ценности мяса и мясопродуктов

Качество сырья и мясных продуктов характеризуется сложным комплексом химических, биохимических, физико-химических, гистологических и других характеристик.

Применительно к мясоперерабатывающей промышленности конкретное технологическое содержание понятия «качество» связано с такими критериями, как органолептические свойства, пищевая ценность, гигиенические и токсикологические состояния и технологические показатели.

Для анализа достижений промышленной практики в этой области необходимо:

1) знать требования, предъявляемые к качеству мяса, субпродуктов, пищевых топленых жиров, изделий из свинины, колбасных изделий, мясных полуфабрикатов и мясных консервов;

2) уделять внимание дефектам изделий, возникающим при их производстве и хранении;

3) совершенствовать технологические процессы и способы обработки, в результате применения которых достигается улучшение качества мяса и мясопродуктов (вкуса, аромата, запаха, цвета, нежности и др. показателей).

Качество мяса обусловлено различными факторами, среди которых первостепенное значение имеют порода, пол, возраст, упитанность, характер откорма животных.

В связи с возможностью накопления в мясе пестицидов необходимо создание способов обработки мясопродуктов, позволяющих снизить остаточное содержание пестицидов.

В формировании качества и товарного вида мяса важная роль принадлежит процессам первичной переработки скота, транспортировке животных, предубойной выдержке, методам и условиям оглушения, обескровливанию, съёмке шкуры, нутровке, распиловке, зачистке.

Автолитические процессы, происходящие в мясе после убоя животных – посмертное окоченение и созревание - оказывают влияние на качество мяса и его пригодность к последующей переработке. Технологию необходимо знать пути ускорения созревания мяса, в частности улучшения его консистенции, уметь описать процессы, происходящие в мясе под влиянием микроорганизмов и приводящие к его порче.

Обработка мяса и субпродуктов холодом и последующее их хранение при соответствующих низких температурах являются достаточно совершенным методом предупреждения или замедления порчи продуктов, обеспечивающим наиболее полное сохранение их первоначальных натуральных свойств.

На интенсивность автолитических и других процессов в мясе влияют способы, режимы и условия холодильной обработки при охлаждении мяса и хранении в охлаждённом виде, замораживании мяса и хранении в морожен-

ном виде. Именно поэтому специалист должен уметь интенсифицировать процессы холодильной обработки мяса и субпродуктов, создавать новые, более совершенные способы охлаждения, замораживания и размораживания, разрабатывать способы и условия хранения, обеспечивающие максимальное сохранения исходного качества продукта.

Качество топленых животных жиров зависит от свойств исходного сырья, способов и режимов хранения. Под воздействием окислительных и гидролитических процессов, происходящих в жирах при их производстве и хранении, изменяются их органолептические показатели.

Во время переработки мяса необходимо стремиться к сохранению пищевой ценности сырья. С целью получения готовых продуктов, полноценных по содержанию незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов.

На качество изделий из свинины, колбасных изделий определяющее влияние оказывают свойства исходного сырья, условия его подготовки и технологические процессы производства.

Под понятием «качество» подразумевают широкий спектр свойств, характеризующих пищевую и биологическую ценность пищевых продуктов, а также органолептические, структурно-механические, функционально-технологические, санитарно-гигиенические и прочие характеристики продукта, степень их выраженности.

Качество мяса объясняют комплексом показателей: сенсорных, санитарно-гигиенических и технологических, а также пищевой ценностью.

Между различными показателями существует тесная связь. Одни и те же свойства мяса могут влиять на различные показатели. Например, способность мяса к водосвязыванию определяет его пригодность для технологической переработки и пищевую ценность; содержание жира является технологическим, сенсорным показателем, характеризующим пищевую ценность продукта.

Показатели, определяющие качество мяса, можно разделить на четыре группы:

1) характеризуют пищевую ценность - содержание белков (кроме белков соединительной ткани), жира, витаминов (особенно группы В), углеводов, макро- и микроэлементов;

2) санитарно-гигиенические, определяющие безвредность продукта - отсутствие патогенной микрофлоры, солей тяжёлых металлов, нитрита, пестицидов;

3) органолептические: внешний вид, цвет, мраморность, структура, вкус, запах, консистенция, сочность;

4) технологические: водосвязывающая способность, консистенция, рН, содержание соединительной ткани, содержание и состояние жира.

К показателям товарного качества относятся характеристики, обеспечивающие удобство реализации продукции, а также признаки и свойства, по которым потребитель составляет первичное суждение о его качестве. К ним относятся: внешний вид, цвет, запах, масса образца, упаковка.

2.1 Факторы, влияющие на качество готовых мясных продуктов

Объединены в четыре группы:

1) **прижизненные факторы** - вид, порода, пол, возраст, характер откорма, состояние здоровья животных, условия транспортировки и предубойная выдержка;

2) **послеубойные факторы** - посмертное окоченение, созревание, глубокий автолиз, гниlostное разложение, гидролиз и окислительная порча жира, плесневение, изменение цвета, запаха и другие процессы;

3) **совокупность технологических процессов** - посол, измельчение, перемешивание, обжарка, варка, копчение, сушка и др., в результате выполнения которых получают продукт, готовый к употреблению;

4) **условия хранения мяса и мясопродуктов** - температура, относительная влажность, циркуляция воздуха, сроки хранения и др.

Качество и потребительские достоинства мяса и мясопродуктов обусловлены прежде всего свойствами исходного сырья, которые должны в максимальной степени приближаться к свойствам, присущим биологическим тканям в живом организме непосредственно перед убоем.

Определяющее значение имеют процессы производства, изменяющие свойства и состав исходного сырья.

2.2 Пищевая, биологическая и энергетическая ценность мяса и мясопродуктов

В понятие «пищевая ценность» входят количественное соотношение пищевых веществ в продукте и суммарная энергетическая ценность, органолептические характеристики изделия и способность веществ перевариваться и усваиваться организмом (рисунок 2.1).

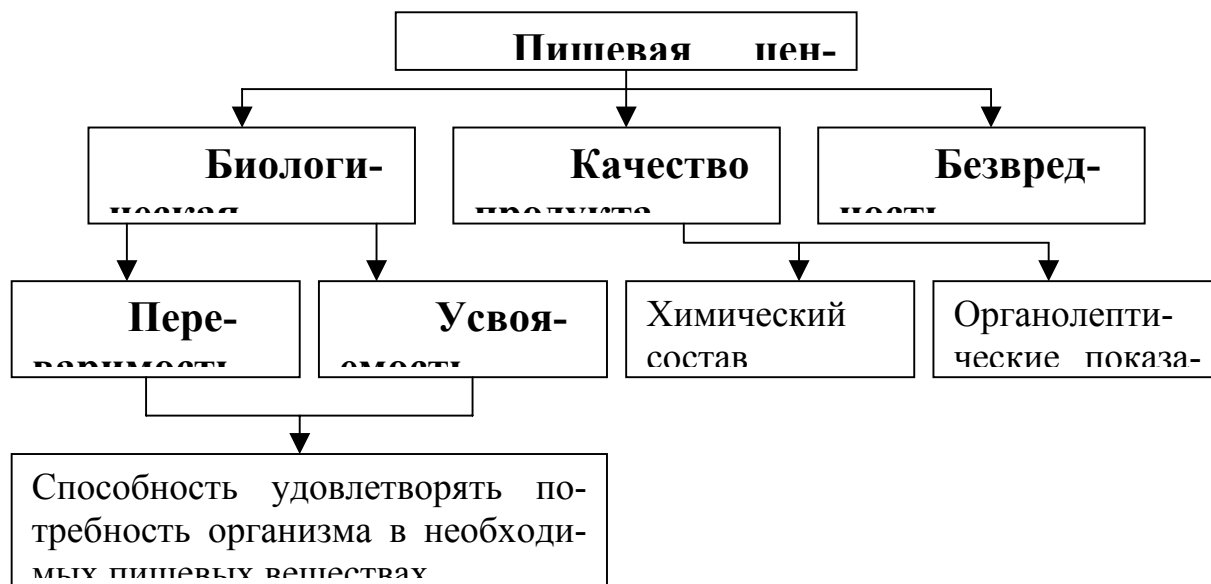


Рисунок 2.1 Показатели пищевой ценности

Пищевая ценность мясопродуктов определяется химическим составом - содержанием белков, жиров, углеводов, экстрактивных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, набором и содержанием в белковых веществах незаменимых аминокислот, содержанием в жире непредельных жирных кислот. Следовательно, пищевая ценность мясопродуктов зависит от со-

держания в них биологически важных составных компонентов, изменение которых в процессе обработки оказывает решающее влияние на качество готовых продуктов, она определяется степенью доступности этих компонентов к воздействию ферментов желудочно-кишечного тракта, способностью усваиваться и удовлетворять определённые физиологические потребности организма.

Вещества, которые не могут синтезироваться в организме человека и должны обязательно поступать с пищей, относятся к незаменимым факторам питания. Изучение химического состава пищевых продуктов послужило основой для разработки научных представлений об их пищевой и биологической ценности.

Биологическая ценность характеризует качество белковых компонентов продукта, связанных как с перевариваемостью белка, так и со степенью сбалансированности его аминокислотного состава.

В настоящее время под биологической ценностью понимают степень задержки азота пищи в теле растущих животных, зависящую от аминокислотного состава и других структурных особенностей белка.

В среднем взрослый человек в течение суток должен получать с пищей 1-1,2 г белка на 1 кг массы тела. Однако он нуждается не просто в белке, а в белке определенного состава. Белки, содержащиеся в различных продуктах, неравноценны. Из 20 аминокислот 8 являются незаменимыми, в отличие от других они не синтезируются в организме. По этой причине 30 % суточного белкового рациона человека должны составлять полноценные белки, содержащие все незаменимые аминокислоты, годовая потребность человека в полноценном белке – 20 кг.

Если в рацион входит несколько взаимообогащенных неполноценных белков, они должны поступать в организм одновременно и в определенном соотношении. В организме накопления аминокислот нет, а синтез белка происходит только при наличии всех незаменимых аминокислот в заданной количественной пропорции. Главным признаком полноценных белков является то, что в состав их молекул наряду с прочими аминокислотами входят радикалы незаменимых аминокислот (валина, лейцина, изолейцина, триптофана, метионина, лизина, фенилаланина, треонина). Четыре аминокислоты (тирозин, цистеин, аргинин и гистидин) считаются условно незаменимыми. Следует отметить, что дефицит незаменимых аминокислот в питании может привести к нарушению здоровья человека.

Вторым компонентом, количественно преобладающим в составе мяса, является жир, представленный в основном триглицеридами. Биологическая роль триглицеридов состоит в том, что они являются источниками энергии и, кроме того, содержат несинтезируемые в организме человека высоконепредельные жирные кислоты и жирорастворимые витамины, роль которых в физиологии весьма велика.

В суточном потреблении взрослого человека (80-100 г, в том числе 20-25 г растительных жиров) должно содержаться 2-6 г полиненасыщенных жирных кислот, 35 г олеиновой кислоты и 20 г насыщенных жирных кислот.

Соотношение между количеством полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот должно составлять 0,3:0,35.

При определении биологической ценности жиров большое значение имеет наличие и количественное содержание «триады» так называемых незаменимых жирных кислот. Подобно незаменимым аминокислотам они синтезируются ограниченно или не синтезируются в животных организмах совсем.

Из полиненасыщенных жирных кислот к биологически активным относятся линолевая, линоленовая и арахидоновая.

Перечисленные полиненасыщенные жирные кислоты являются жизненно необходимыми веществами, обладают витаминной активностью. Смесь этих кислот получила название витамина F.

Витамины, микро- и макроэлементы, а также вещества, стимулирующие секреторно-моторную деятельность пищеварительного тракта (экстрактивные вещества, ферменты), являются необходимой составной частью мяса, и поступление их с пищей – необходимое условие для нормального развития и функционирования организма.

В состав сырого мяса входит полный набор водорастворимых (В₁, В₂, Р, В₆, пантотеновая кислота, биотин, фолиевая кислота, В₁₂, С) и жирорастворимых (А, D, Е, К, F) витаминов, регулирующих рост и физиологические процессы.

Энергия, которая освобождается из пищевых веществ в процессе биологического окисления и используется для обеспечения физиологических функций организма, определяет энергетическую ценность пищевого продукта.

Необходимая энергетическая ценность пищи для людей разного пола, возраста, массы, рода деятельности колеблется от 2850 до 20875 кДж/сут. В зависимости от вида мяса и его состава мясные продукты имеют различную энергоемкость – от 147,5 до 1662,5 кДж на 100 г продукта.

Зная уровень усвоения пищевых веществ в организме (белок – 84,5 %, жир – 94 %, углеводы – 95,65 %) и величину теплоты сгорания компонентов пищи, можно рассчитать энергетическую ценность продукта.

Таким образом, зная общий химический состав и массу продукта, а также энергетическую ценность веществ, можно рассчитать пищевую ценность мясных изделий в энергетическом выражении.

Липиды мяса отличаются от липидов растительных продуктов; их активность как структурного материала для построения клеток в 10-20 раз выше растительных липидов.

Продукты, обладающие высокой пищевой и энергетической ценностью, определяемой химическим составом, не всегда являются ценными в питании, т. е. их потенциальная ценность не всегда соответствует реальной, т. к. она зависит не только от состава, но и от усвояемости и доброкачественности продуктов.

Усвояемость характеризуется показателем или коэффициентом усвояемости (0,7-0,9), определяющим степень использования организмом продукта в целом или отдельных содержащихся в нём веществ или элементов.

Важным показателем пищевой ценности продукта является доброкачественность, определяемая по органолептическим и химическим показателям (вкус, цвет, запах, консистенция, определённый химический состав, отсутствие посторонних примесей, особенно веществ, вредных для организма - солей тяжёлых металлов, ядов, канцерогенных веществ - или образующихся в продукте в результате его порчи, разложения и развития микрофлоры.

Влияние органолептических свойств на пищевую ценность продукта обусловлено воздействием на органы чувств человека, возбуждением (или подавлением) секреторно- моторной деятельности пищеварительного аппарата и зависит от укоренившихся навыков и вкусов. Аромат и вкус мясopодуKтов имеют столь большое значение, что в ряде случаев для их достижения применяют способы обработки, обуславливающие некоторое снижение значения других факторов пищевой ценности. Например, при копчении мясных продуктов усвояемость белковых веществ несколько снижается. При переработке способов обработки продуктов, могут существенно меняться при жёстких режимах технологической обработки, приводящих к изменению структуры молекул белка, а также в процессе длительного хранения. Определение биологической ценности позволяет классифицировать полезные качества белка в зависимости от ряда факторов, которые могут изменить усвоение продуктов организмом.

2.3 Влияние природных факторов на качество мяса

2.3.1 Влияние породы.

Качество мяса определяется породностью скота. Животные различных пород имеют значительные отличия не только по живой массе, но и по качеству мяса.

Многими исследованиями показано, что основные показатели качества мяса передаются по наследству. Проводимые в ряде стран работы позволили вырастить породы крупного рогатого скота и свиней с выраженными мясными свойствами.

Установлено, что показатель рН мяса передаётся по наследству и его можно регулировать селекцией.

Свиньи пород, чувствительных к стрессу, являются более тощими, величина рН мышц заднего окорока и филея значительно ниже.

Убойный выход гораздо выше у специализированных мясных пород (59-62 %) - герефордской, шортгорнской, абердин-ангусской, казахской белоголовой, чем у пород молочного и комбинированных направлений (50-55 %). Из литературы известно, что оптимальное соотношение мышечной и жировой ткани наблюдается у чёрно-пёстрого скота; симменталы отличаются лучшим развитием маскулатуры, в их тушах содержится больше мышечной ткани. Традиционные мясные породы дают туши с более высокими порциями наиболее ценных частей - поясничной и тазобедренной. Породная принадлежность определяет и количество мышечной ткани в туше.

Животные мясных пород отличаются хорошими мясными качествами, более высокой скороспелостью, широким туловищем, содержат наиболее ценное мясо. Для них характерны тонкий костяк и сильно развитые мускульная и жировые ткани, мышечная ткань развивается преимущественно в частях туши, дающих наиболее ценное мясо - в области спины и поясницы, в тазобедренной и грудной частях.

Скот мясных пород при хорошем кормлении в период роста даёт высокий выход мышечной и жировой ткани.

От животных мясных пород получают мясо более высокого качества, чем от животных других пород; такое мясо более сочное, нежное и вкусное. Мясо молочных и молочно-мясных пород по ряду показателей обладает более низким качеством, в нём завышено содержание костной и соединительной тканей, значительно меньше внутримышечного жира.

2.3.2 Влияние пола.

Пол животного влияет на качество и количество получаемого мяса. Мясо бычков характеризуется хорошо развитой мускулатурой, грубой, жёсткой консистенцией (из-за высокого содержания соединительной ткани), очень низким содержанием межмышечного жира, тёмной окраской и неприятным специфическим запахом. В нём содержание экстрактивных веществ выше; например, в 2 раза выше, чем в мясе коров. В мясе коров более высокое содержание ансерина. Пол животных оказывает влияние на химический состав мяса (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Влияние пола на химический состав мяса

Составные части	Содержание в мышечной ткани, %		
	бычка	вола	коровы
Белки	21,7	22,1	22,2
Жиры	1,1	2,5	3,4
Вода	75,9	74,3	73,2

В связи с низкими вкусовыми качествами мясо быков, хряков и некастрированных оленей в реализацию не допускают, а используют для промышленной переработки.

Мясо коров и свиней имеет тонковолокнистое строение мышечной ткани и более светлую окраску, чем мясо быков и хряков, отложения жира под кожей, между мускулами и в брюшной полости.

Исследования показали, что при равной массе кастраты являются более жирными, чем коровы и свиньи. Мясо волов нежнее мяса быков, с большим содержанием жира. Качество мяса волов, (за исключением старых, рабочих), выше качества мяса коров, что обусловлено более развитой и нежной мускулатурой, жир расположен в нём более равномерно.

При изучении влияния пола на свойства мышц установлено, что диаметр волокон длинной поясничной мышцы значительно больше у свиноматок, чем у хряков и кастратов.

Половые различия в раннем возрасте животных почти не сказываются на качестве мяса, они заметно проявляются у взрослых и старых животных.

Мясо кастратов превосходит мясо быков по белковому качественному показателю, т. к. в нём больше полноценных белков. Интенсивность окраски мяса выражена ярче у кастратов. По сравнению с кастратами у тёлочек больше внутримышечного жира. Мясо тёлочек является более нежным, ароматным, вкусным, оно содержит меньше неполноценных белков.

В ГосНИИМП установили, что у бычков выше содержание соединительно-тканых белков; значение же белкового качественного показателя выше у тёлочек. Оценивая качество мяса бычков и тёлочек по технологическим свойствам, установили, что мясо бычков отличается более высокой величиной рН, интенсивной окраской, высоким содержанием связанной влаги, несколько более высоким содержанием оксипролина и наименьшими потерями при тепловой обработке. Эти качества мяса следует учитывать при выборе сырья для колбасного производства.

Пол животных оказывает влияние на выход мышечной и жировой ткани: установлена прямая связь между процентным содержанием мяса в туше в пользу быков, за которыми следуют кастраты и тёлочки. При этом с повышением массы туши количество обезжиренного мяса снижается, а жира повышается.

2.3.3 Влияние возраста.

С возрастом изменяется интенсивность физиологических функций организма, его морфологическая и биохимическая структура, а следовательно, пищевая ценность. С увеличением возраста крупного рогатого скота до трёх лет повышается полномясность туш, содержание подкожного, межмышечного и внутримышечного жира. С возрастом животных повышается содержание мяса в туше: в 7 месяцев - 77,1 %, в 18 месяцев - 80,4 % и в 29 месяцев - 81,3 %.

В последнее время наметилась тенденция к снижению возраста реализации молодняка крупного рогатого скота на мясо при повышенной живой массе. Наиболее высокий среднесуточный прирост получен при откорме до 16 месяцев. Мясо высокого качества можно получить от КРС всех породных и половых групп при отправке их на убой в возрасте 15-18 месяцев. Установлено, что аминокислотный состав мяса, его вкусовые качества, нежность и прирост белка окончательно формируются у свиней к 8 месячному возрасту. В тушах свиней старше 8 месяцев увеличивается удельный вес жировой ткани, на образование которой расходуется больше кормов, чем на образование мышечной ткани.

Возраст животных влияет на морфологический состав отрубов туши; в отдельных частях (спинной, грудной, лопаточной) содержание мякоти увеличивается.

Размеры одной и той же мышцы туш животных одинакового качества, относящихся к одной породе и полу, отличаются в зависимости от возраста животного. Диаметр мышечных волокон молодых животных меньше, чем старых. С возрастом мясо становится грубее, т. е. мышечные волокна стано-

вятся толще, их диаметр возрастает с 59 до 71 мкм. С увеличением возраста животного до трёх лет не только укрепляются мышечные волокна, но и развиваются мышечные пучки; вместе с тем наблюдается снижение выхода жилованного мяса высшего и 1 сорта и повышение выхода мяса 2 сорта и жира.

Установлена связь между диаметром мышечных волокон и качеством мяса (нежностью) для различных групп мышц и одинаковых мышц от животных различного возраста и кормового рациона. Волокна филейной части имеют меньший диаметр и нежнее волокон шейной части и конечностей. Размеры мышц также изменяются с возрастом животного, снижается также сочность мяса.

С возрастом в мясе животных снижается содержание влаги и повышается содержание жира, изменяется белковый качественный показатель, увеличивается количество соединительных белков. В общем количестве белковых веществ мяса взрослых животных содержание коллагена и эластина выше, чем в мясе молодняка, коллагеновые волокна обладают большей жёсткостью.

Мышечная ткань очень молодых животных и истощённых старых животных отличается высоким содержанием соединительной ткани. Установлено, что в длиннейшей мышце спины телят количество оксипролина ~ в 2 раза выше, чем в мышечной ткани взрослых животных.

Возраст животных влияет на устойчивость коллагена к гидротермическому воздействию, способствуя повышению жёсткости мяса. Рост жёсткости мяса с возрастом животного объясняют увеличением межмолекулярных связей в коллагене животных. Растворимость коллагена в растворе CaCl_2 снижается; наблюдается небольшой рост усилия среза сырого мяса. Однако при исследовании варёного мяса установлено значительное увеличение усилия среза мяса.

Возраст животных и масса туш влияют на химический состав и некоторые качественные характеристики тканей. С возрастом в мышечной ткани свиного мяса увеличивается содержание белка и жира. У КРС с возрастом увеличивается содержание аргинина, валина, метионина, лейцина, изолейцина и фенилаланина в мышечном белке. Мясо молодняка отличается от мяса взрослых животных менее интенсивным запахом и вкусом.

Установлено повышение внутримышечного жира и снижение содержания влаги в мясе коров 9-летнего возраста по сравнению с животными в возрасте 4-6 лет. Влагосвязывающая способность мышечной ткани с возрастом повышается. Для коров установлено существенное влияние возраста и упитанности на pH и соотношение отдельных отрубов.

В первые месяцы убойный выход мяса телёнка относительно живой массы уменьшается, что обусловлено интенсивным развитием внутренних органов. У старых животных также снижается выход мяса и резко снижается его качество. При всех других одинаковых показателях туши взрослого скота оцениваются ниже, чем туши молодняка.

При откорме у молодых животных жира откладывается меньше, чем у старых, т. к. увеличение массы мяса происходит у них за счёт образования и

роста новых мускульных волокон, а у старых - за счёт утолщения прослоек соединительной ткани и отложения жира.

На величину убойного выхода влияют изменения соотношений между массой отдельных частей туши животных. До определённого возраста увеличивается доза мускулатуры и жира, уменьшается относительная масса головы, конечностей, внутренних органов. Основные изменения в распределении мышечной ткани, характеризующие коэффициентом роста, происходят у молодняка в первые 6 месяцев жизни животных в возрасте от 6 до 16 месяцев коэффициент роста мышечной ткани сохраняется практически на постоянном уровне.

В тушах молодых животных интенсивного откорма содержание мышечной ткани выше, чем в тушах старых, хорошо откормленных животных. После 15-месячного возраста у молодняка КРС относительное содержание мышечной ткани снижается вследствие увеличения отложения жировой ткани.

2.3.4 Влияние характера откорма и упитанности.

Жир свиней, в рацион которых входила кукуруза, обладает высокой стойкостью к окислению, а жир свиней, откормленных пищевыми отходами, отличается очень низкой стойкостью к окислению.

Окраска мышечной ткани свиней, получавших рацион из кукурузы с ячменем, более интенсивная, чем при откорме одной кукурузой.

Установлено, что введение в кормовой рацион свиней синтетического лизина благотворно влияет на образование мяса и его качество. Хорошая мясность животных формируется при бесперебойном обильном сбалансированном кормлении молодняка от рождения до убоя. От такого молодняка получают большой выход мяса высокого качества.

При откорме в жировой ткани увеличивается процентное содержание жира, а содержание воды падает. Количество воды в мышечной ткани, при условии отсутствия в ней жира в мышцах откормленных животных ниже, чем в мышцах тощих животных. В мышечной ткани по мере роста, степени откормленности животных понижается содержание влаги, повышается количество жира, содержание белка остаётся примерно на одном уровне.

Изучена пищевая ценность мяса свиней, которым вводили в корм токоферол и бутилокситолуол в целях повышения стойкости к окислению жира при хранении в замороженном виде, улучшения органолептических показателей свинины.

Упитанность животных определяется степенью развития мышечной и жировой тканей и их соотношения. От хорошо упитанных животных получают мясо с более высоким содержанием жировой ткани, с хорошими вкусовыми качествами и высокой энергетической ценностью.

Упитанность животных влияет на морфологический состав туши: с её повышением выход жира увеличивается, а выход мяса и костей уменьшается.

В мышечной ткани упитанных животных суммарное количество белковых веществ и жира больше, чем в тканях неупитанных животных.

Для определения пищевой ценности мяса предложен коэффициент соотношения двух аминокислот: триптофана и оксипролина. В этом соотношении триптофан характеризует содержание полноценных белков, а оксипролин - неполноценных.

Соотношение триптофан/оксипролин и содержание внутримышечного жира с понижением упитанности снижается, количество белков соединительной ткани возрастает. Интенсивность окраски и влагоудерживающая способность больше в мясе животных высшей упитанности. Мясо туши высшей категории упитанности имеет более нежную консистенцию. В процессе созревания различие в нежности мяса между категориями сглаживается.

2.3.5 Влияние откорма животных в условиях промышленных комплексов на качество мяса.

Перевод животноводства на промышленную основу, создаёт условия для управления качеством и позволяет увеличить производство мяса с наименьшими затратами труда и кормов.

Недостатком при промышленном откорме свиней является отрицательное влияние на качество мяса, которое обуславливается безвыгульным содержанием, высокими требованиями к продуктивности свиней, реализацией животных в одном возрасте. Хотя преобладающее количество поставляемых свиней отвечает требованиям мясной упитанности и высокому количеству мышечной ткани.

Исследованиями Л. Я. Бушковой было показано, что мясо свиней промышленного откорма по величине рН можно поделить на три группы: 1) 5-5,6(31-67%) ; 2) 5,7-6,2 (29-53%) ; 3) более 6,3(4-15%).

При производстве изделий из свинины во время посола сырья с различным рН диффузионно-осмотические процессы протекают неодинаково. Наибольшая скорость проникновения и последующего распределения NaCl установлена в сырье с рН 5,0-5,6. Влагосвязывающая способность сырья с рН 5,0-5,6 на 26% ниже по сравнению с сырьём с нормальным значением рН. Поэтому предлагается сортировка мяса свиней промышленного откорма с учётом величины рН с целью наиболее рационального его использования.

Установлено, что содержание свиней в промышленных комплексах увеличивает восприимчивость животных к стрессу, что определяет получение мяса с нежелательными свойствами. В таком мясе обнаружен ускоренный гликогенолиз, происходит быстрое наступление посмертного окоченения, что приводит к потере сока при охлаждении и переработке. В тушах стрессированных животных наблюдаются кровоподтеки в мускулатуре. Считают, что причиной этого является содержание животных в станках, ограничение движения.

Наиболее сильный стресс наблюдается при выгоне свиней из станков. Эффективным средством снятия стресса является направление животных в душевую установку с тёплой (45 °С) и холодной водой (12 °С).

Определяющими факторами качества мяса свиней являются условия содержания с момента рождения до убоя, кормовой рацион, порода животных.

За рубежом считается, что промышленный метод содержания свиней отрицательно влияет на качество мяса. В Германии отмечено, что неполноценные и нестандартные туши стали серьёзной проблемой, появились мало-выносливые и очень прихотливые типы свиней.

2.4 Повышение качества мяса и мясопродуктов

Повышение требований к качеству пищевых продуктов стало возможным в результате всестороннего изучения химического состава и свойств пищевых продуктов.

Качество мяса зависит от качества убойного скота. Важной тенденцией в получении мяса высокого качества являются:

- 1) селекция с/х животных, направленная на получение максимального содержания мышечной ткани при небольшом содержании жировой;
- 2) увеличение средней массы скота;
- 3) получение высоких выходов мяса при уменьшении выходов костности.

Для формирования качества мяса и мясопродуктов важное значение имеют строгое соблюдение режимов технологических процессов, предусмотренных технологическими инструкциями, разработка рациональных схем разуба туш для торговли и промышленной переработки, учитывающая пищевую ценность отдельных отрубов, и рациональное использование сырья.

В промышленность уже внедрён ряд разработок, направленных на улучшение качества мясопродуктов:

- 1) копильных препаратов, обеспечивающих исключение из копчёных продуктов канцерогенных веществ;
- 2) рекомендаций по снижению остаточного содержания нитрита;
- 3) разработок требований к качеству сырья, поступающего из промышленных комплексов;
- 4) разработок технологии производства ветчины в оболочке; сортировке мяса по величине pH и др.;
- 5) роботизированные и высокомеханизированные системы первичной переработки животных;
- 6) мясопродуктов длительного хранения;
- 7) вторичного мясного сырья;
- 8) продуктов детского питания;
- 9) мясопродуктов лечебно-профилактического и специального назначения;
- 10) рационального использования сырья и нового поколения мясопродуктов общего назначения.

Производство мяса и мясопродуктов высокого качества невозможно без соответствующего санитарно-гигиенического уровня их изготовления. Одной из важных задач его повышения является изыскание и разработка эффективных методов и средств санитарной обработки и профилактической де-

затрагивает безопасность продукции, вызывая заболевания и инфекции технологического оборудования и помещений производственных предприятий.

Для повышения качества мяса и мясопродуктов важное значение имеет контроль за качеством сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Необходимость контроля качества связана с:

- 1) растущей сложностью технологических операций;
- 2) возросшими требованиями к качеству мясопродуктов;
- 3) расширением ассортимента мясопродуктов; увеличением количества пищевых продуктов в мясопродукты.

При производстве мясопродуктов необходим контроль за:

- 1) качеством сырья и добавок при приёме на переработку;
- 2) поддержанием соответствующих условий хранения сырья;
- 3) соблюдением составления рецептур продуктов;
- 4) качеством продуктов на отдельных стадиях процесса изготовления продукта;
- 5) поддержанием соответствующего санитарного состояния оборудования, тары и производственных помещений;
- 6) соблюдением технологических режимов производства продуктов;
- 7) соблюдением режимов и условий хранения продуктов.

Организация контроля качества охватывает широкий круг вопросов, включающих подбор контролируемых параметров качества, унифицированных методов их определения, инструментальное обеспечение методов их контроля.

3 Тканевый и химический состав мяса

В собственном смысле слова мясом называют комплекс тканей животного, в состав которого входят мышечная, соединительная и жировая ткани. Кроме того, в мясе всегда присутствует небольшое количество нервной ткани (в виде периферийных нервов). При производстве мясных продуктов – консервов, колбас и т.д. – используют в основном скелетную мускулатуру животного. При направлении мяса в торговую сеть под термином «мясо» понимают комплекс состоящий из мышечной, жировой, собственно соединительной, хрящевой и костной тканей. Соотношение перечисленных тканей колеблется и зависит от вида скота, породы, пола, возраста животного, его упитанности, а также анатомического происхождения мяса.

Преобладающей в мясной туше является мышечная ткань. С повышением упитанности увеличивается количество жировой ткани. Количество соединительной и костной тканей увеличивается с возрастом животного.

У взрослого скота соединительная ткань более плотная, чем у молодых, т.к. с возрастом начинается интенсивный рост коллагеновых и эластических волокон. В свиных тушах соединительная ткань более мягкая, чем в говяжьих и бараньих.

Пищевая ценность мяса зависит от соотношения тканей, входящих в его состав которое при изготовлении мясopодуlтов может быть искусственно изменено. Мышечная ткань обладает наибольшей питательной ценностью и высокими вкусовыми достоинствами. Жировая ткань делает мясо высококалорийным продуктом. Чем больше в мясе соединительной ткани, тем меньше его пищевая ценность и тем больше жесткость.

Вместе с тем соединительная ткань улучшает пищеварение. Так, колбасные изделия, содержащие соединительную ткань, усваиваются лучше, чем изделия, состоящие только из мышечной ткани.

3.1 Химический состав и пищевая ценность компонентов мяса

Химический состав мяса зависит от вида, упитанности, возраста скота, анатомического расположения и многих других факторов.

Так, в мясе молодых животных много воды и мало жира. С возрастом количество жира увеличивается, а влаги уменьшается. Мясо гусей и уток содержит много жира, мясо кур и индеек – больше белковых веществ. Состав мяса различных животных представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Состав мяса животных

Компонент	Содержание (%) в			
	говядина	телятина	свинина	баранина
Белки	16,2-29,5	19,1-19,4	13,5-16,4	12,8-18,6
Вода	55-69	68-70	49-58	48-56
Жир	11-28	5-12	25-37	16-37
Минеральные вещества	0,8-1,0	1,0-1,3	0,7-0,9	0,8-0,9

3.1.1 Белки.

Мясо и мясопродукты характеризуются высоким содержанием белка, но общее содержание белков мяса недостаточно характеризует его пищевую ценность, т.к. наряду с полноценными белками (миозин, глобулин X и др.) в мясе присутствуют и неполноценные белки (коллаген, эластин). Чем больше в мясе полноценных белков, тем выше его пищевая ценность. Вместе с тем и белки невысокой пищевой ценности все же играют большую роль. Аминокислоты, освобождающиеся из неполноценных белков, в процессе пищеварения дополняют аминокислотные смеси, образующиеся из других белков.

В целом белки мяса содержат все незаменимые аминокислоты в значительных количествах и почти не уступают белкам яйца и молока, характеризующимся высокой биологической ценностью (таблица 3.2.).

3.2 - Содержание в мясе незаменимых аминокислот

Аминокислота	Содержание (в % к белку)				
	говядина	свинина	баранина	яйцо	молоко
Аргинин	6,6	6,4	5,9	6,4	3,5
Гистидин	2,9	3,2	2,7	2,1	2,4
Лизин	8,1	7,8	7,6	7,2	8,1
Лейцин	8,4	7,5	7,4	9,2	11,8
Изолейцин	5,1	4,9	4,8	8,0	6,5
Валин	5,7	5,0	5,4	7,3	6,2
Метионин	2,3	2,5	2,3	4,1	2,2
Треонин	4,0	5,1	4,9	4,9	4,8
Триптофан	1,1	1,4	1,3	1,5	1,4
Фенилаланин	4,0	4,1	3,9	6,3	4,6
Тирозин	3,2	3,0	3,2	4,5	5,5

Содержание незаменимых и полунезаменимых аминокислот в мясе различных животных представлены в таблице (для сравнения дан аминокислотный состав яйца и цельного молока).

Животные белки усваиваются полнее, чем растительные.

И.А. Смородинцев писал: «Составные части мяса ближе подходят к составу наших собственных тканей, чем объекты растительного происхождения, и потому, естественно, они быстрее и легче усваиваются нашими клетками и используются ими для целей пластики и энергетики».

Так, для покрытия минимальных потребностей в белках человеку требуется белков мяса вдвое меньше, чем растительных. Белки мяса усваиваются на 96-98 %.

3.1.2 Липиды.

С мясом в пищевой рацион вносится значительное количество жира. В мясе содержится 11-37 % жира. Липиды входят в состав мяса в виде внутриклеточного жира – мельчайших капелек в клеточной плазме, межклеточного жира – скоплений между мышечными волокнами в соединительной ткани в виде прожилок, образуя «мраморность» мяса, и в межмышечной жировой

ткани и подкожной клетчатке - мясного жира. Биологическая ценность жиров зависит от содержания в них незаменимых (полиненасыщенных) жирных кислот (линолевой, леноленовой, арахидоновой). Однако в животных жирах их содержится мало, больше их в растительных маслах. Среди животных жиров незаменимых жирных кислот больше в свином жире.

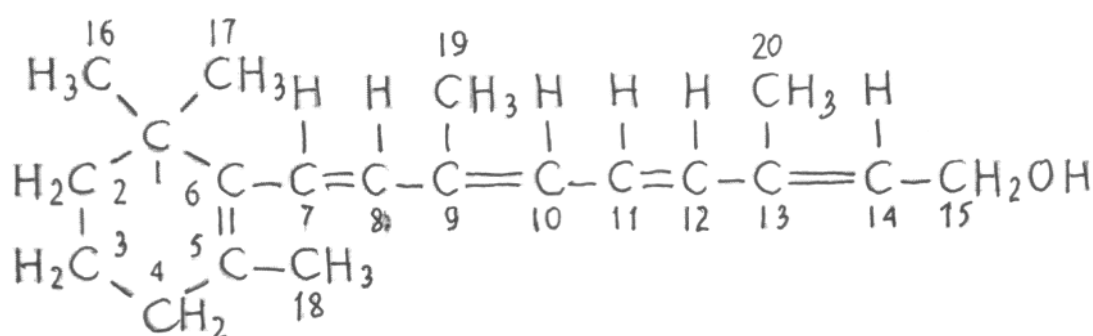
Пищевые жиры мало отличаются по калорийности друг от друга. Однако не все жиры усваиваются одинаково в виду их разного состава и свойств. Свиной жир лучше усваивается, чем говяжий и бараний: усвояемость свиного жира составляет 96-98 %, говяжьего – 76-94 %, бараньего – 80-90 %.

Из липидов в мясе присутствуют фосфолипиды, холестерин и холестериды. Наиболее богата фосфолипидами баранина.

3.1.3 Витамины.

В составе мяса имеются почти все водорастворимые витамины (витамины группы В и С). В жирах присутствуют такие жирорастворимые витамины, как А, D, Е и К, однако содержание двух последних незначительно.

Витамин А – один из немногих каротиноидов, найденных в тканях растений и животных. В этом различают витамин А₁, встречающийся в тканях всех животных и рыб, и А₂, встречающийся только в тканях пресноводных рыб. Структурная формула витамина А₁ представлена ниже:



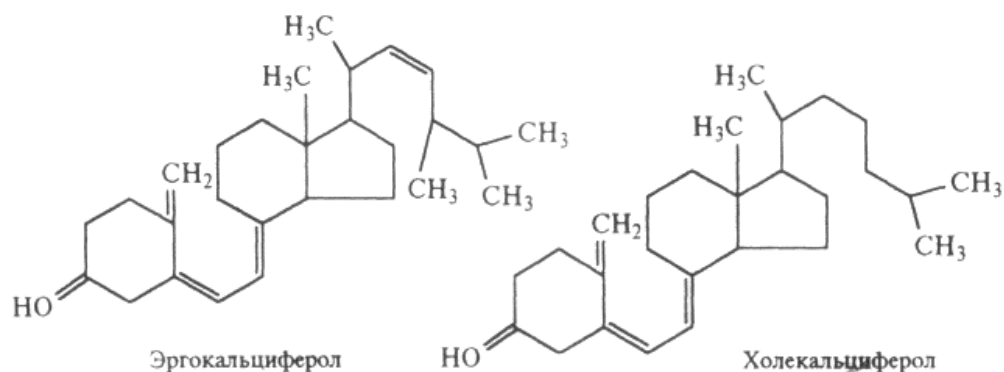
Структура витамина А₂ отличается от структуры витамина А₁ наличием добавочной связи в β-ионовом кольце между третьим и четвертым углеродными атомами. Биологическая активность витамина А₂ составляет 40 % биологической активности витамина А₁.

Витамин А₁ встречается в трех следующих формах: в виде спирта (ретинола), альдегида (ретинала) и кислоты (ретиеновой).

Витамин D (кальциферол) представляет собой ряд родственных соединений, обладающих антирахитической активностью. Известно несколько видов D: D₂, D₃, D₄, D₅, D₆, D₇, которые имеют сходное строение. Все они могут быть получены путем облучения определенных провитаминов D (стероидов) ультрафиолетовым светом.

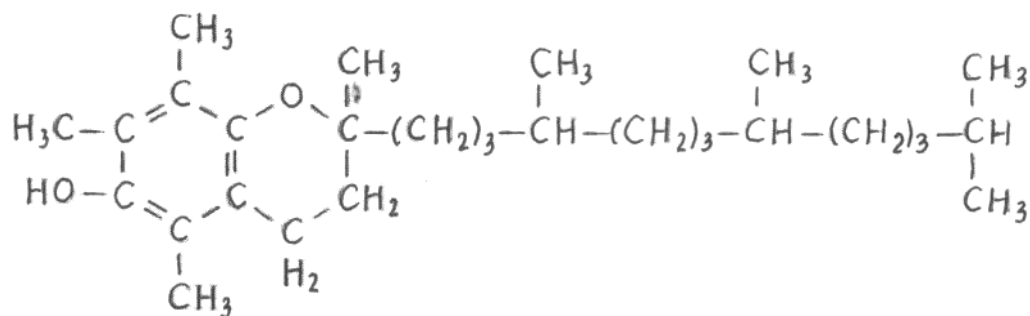
Наиболее распространенными витаминами являются D₂ (эргокальциферол) и D₃ (холекальциферол). Эргокальциферол образуется при облучении ультрафиолетовым светом эргостерола, а холекальциферол – при облучении

7-дегидрохолестерина. Структурные формулы витаминов D₂ и D₃ представлены ниже:



Эти две формы витамина D различаются по точкам плавления: витамин D₂ плавится при 388-390 К, а D₃ – при 355-358 К. Кальциферолы весьма чувствительны к действию кислорода воздуха и света, особенно при нагревании.

Витамин Е по химической природе представляет собой группу родственных соединений – токоферолов, молекулы которых состоят из двух компонентов: кольца, являющегося производным бензохинона, и изопреноидной боковой цепи, сходной с боковыми цепями витаминов А и К. Наиболее биологической активностью среди токоферолов обладает α-токоферол, структурная формула которого приведена ниже:



Токоферол представляет собой прозрачную мяслянистую жидкость светло-желтого цвета, нерастворимую в воде, хорошо растворимую в растительных маслах, этаноле, серном и петролейном эфирах.

Витамин К по химической природе представляет собой группу соединений, молекулы которых состоят из двух компонентов: циклической структуры хинонного строения, имеющей метильную группу (2-метил-1,4-нафтохинона), и боковой цепи. В природе встречаются витамины К с различным числом изопреновых звеньев в боковой цепи.

Длинная боковая цепь витамина К₁ является остатком высокомолекулярного алифатического спирта фитола, входящего в состав хлорофилла.

Витамин К₂ (мультипренилменахинон) синтезируется различными бактериями или трансформируется из нафтохинонов в организме. Биологиче-

ская активность витамина К₂ примерно в 2 раза ниже биологической активности витамина К₁.

Витамин К содержится в большинстве распространенных продуктов питания, причем в растениях присутствует витамин К₁, а в продуктах животного происхождения – различные формы витамина К₂. Чем больше в мясе жира, тем больше жирорастворимых витаминов и меньше водорастворимых. Суммарное содержание витаминных примесей служит показателем биологической ценности жиров.

3.1.4 Углеводы.

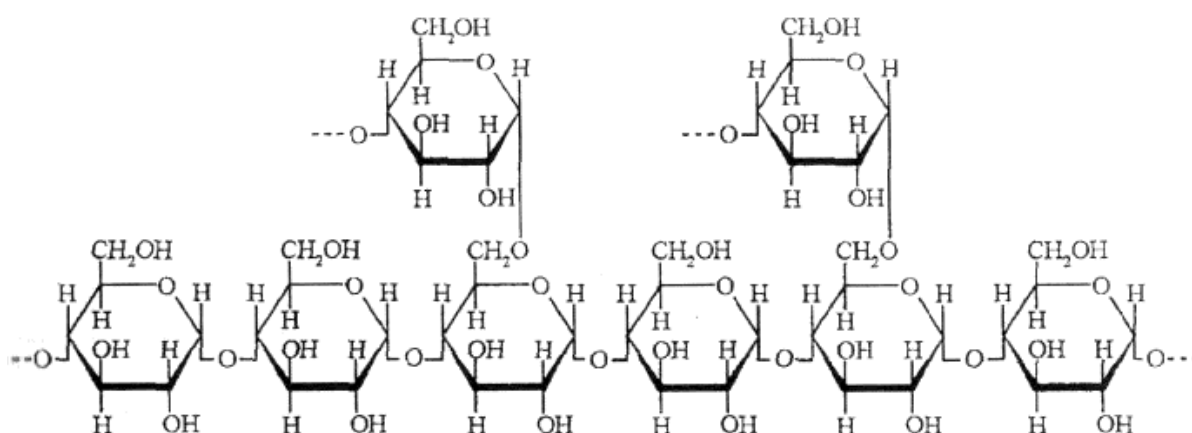
Содержание углеводов в мясе незначительно по сравнению с их нормой в рационе человека, поэтому мясо не может служить источником углеводов в питании. К числу наиболее важных углеводов животного происхождения относится гликоген.

Гликоген, содержащийся в мясе и мясопродуктах, служит резервным питательным веществом, вследствие чего за ним сохранилось название «животный» крахмал. Массовая доля гликогена в печени животных достигает 20 %, в мышцах – 4 %. Содержание углеводов зависит от степени упитанности животного. В мышцах плохо откормленных, истощенных, голодных и больных животных гликогена в 2-3 раза меньше, чем в мышцах животных нормального физиологического состояния.

Гликоген имеет много общих свойств с крахмалом. Например, гликоген дает цветную реакцию с йодом.

Гликоген сравнительно хорошо растворяется в горячей воде. Как и крахмал, гликоген высаливается из коллоидного раствора при 33 °С сульфатом аммония или сульфатом натрия, подобно белкам осаждается двойным объемом спирта и эфиром в виде белого хлопьевидного осадка.

Структурная формула гликогена идеально удовлетворяет его прижизненным функциям как глюкозное депо, служащее источником энергии.



В послеубойный период гликоген выступает фоном для развития аутолитических превращений мышечной ткани. Количество углеводов в созревшем мясе составляет около 1,0-1,5 %. Их роль в основном связана с участием в биохимических процессах созревания мяса, формирования вкуса, аромата, изменения консистенции, величины рН, нежности и т.д.

3.1.5 Экстрактивные вещества.

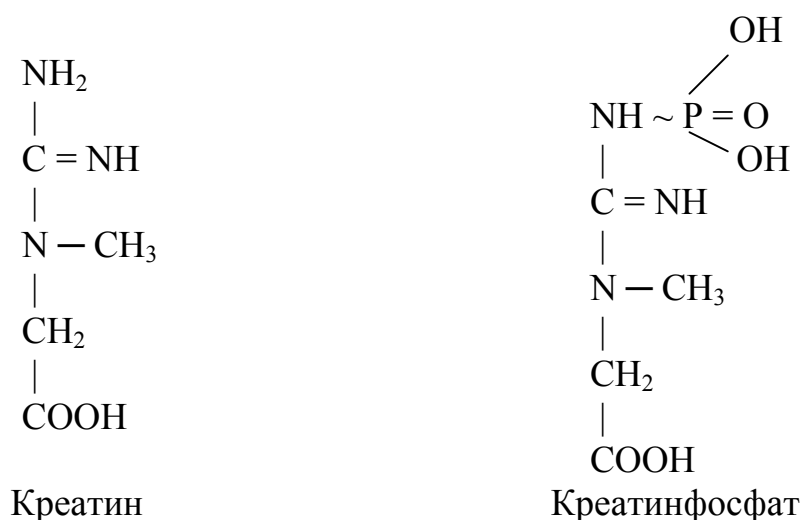
В мясе содержится около одного процента безазотистых экстрактивных веществ. Количество азотистых экстрактивных веществ составляет примерно 11 % всех азотосодержащих веществ мышечной ткани крупного рогатого скота.

Важная роль отводится органическим фосфатам.

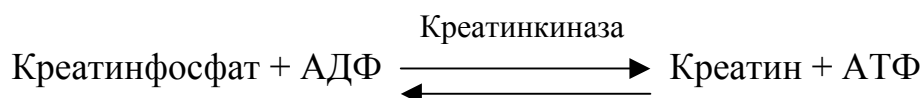
Фосфорорганические соединения при жизни животных играют роль запасников энергии. После убоя животных многие фракции этих веществ участвуют в образовании специфического вкуса мясных продуктов. Особая роль отводится креатинфосфату (КрФ), аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ) и их производным.

Креатин (метилгуанидинуксусная кислота) является обязательной составной частью поперечнополосатой мускулатуры. Содержание креатина в скелетных мышцах достигает 400-500 мг%, в сердечной мышце креатина в 2-3 раза меньше. Креатин присутствует также в ткани мозга (около 100 мг%) и в значительно меньших количествах в паренхиматозных органах (10-50 мг%).

В мышечной ткани креатин содержится как в свободном виде, так и в виде фосфорилированного производного (креатинфосфата, фосфокреатина) – макроэргического соединения, представляющего собой источник легкоутилизируемой энергии:



Креатинфосфат участвует в обратимом переносе фосфорилированного остатка с креатинфосфата на АДФ, реакция катализируется креатинкиназой:

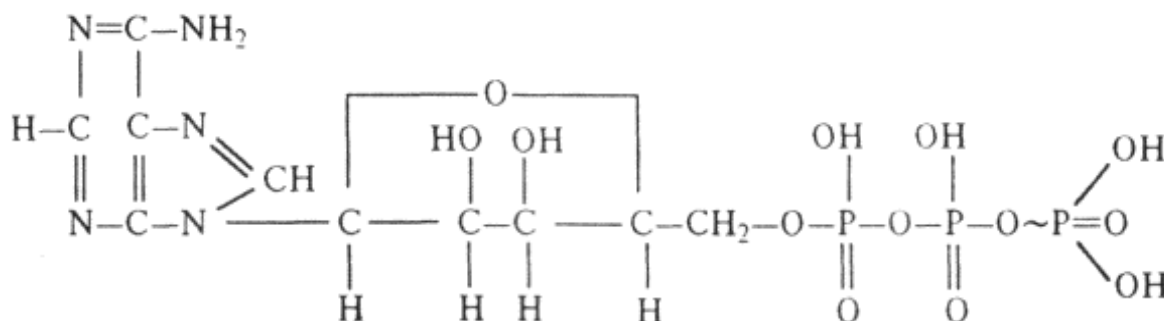


Это единственная ферментативная реакция, протекающая с участием креатинфосфата.

Соотношение количеств свободного креатина и креатинфосфата в мышечной ткани зависит от физиологического состояния мышцы. При сокращении происходит распад АТФ, но за счет креатинкиназной реакции при наличии креатинфосфата происходит ее регенерация, что в итоге приводит к увеличению свободного креатина и уменьшению креатинфосфата. В покое синтез АТФ превалирует над распадом и приводит к синтезу и накоплению в ткани креатинфосфата.

Креатинфосфат, являясь источником энергии для мышечных сокращений, представляет собой важнейший компонент мышечной ткани. По сравнению с АТФ креатинфосфат характеризуется более высоким потенциалом переноса высокоэнергетических фосфатных групп. Если имеющееся в мышце количество АТФ может поддерживать ее сократительную активность на протяжении долей секунды, то в целом резерва энергии АТФ и креатинфосфата хватает на 10-12 с мышечной работы. Дальнейшее понижение энергетического потенциала мышцы приводит к стимулированию гликолиза и гликогенолиза, цикла карбоновых кислот и окислительного фосфорилирования. В среднем концентрация креатинфосфата в скелетных мышцах позвоночных в 4-5 раз превышает концентрацию АТФ.

Уровень креатинфосфата зависит от упитанности животного и степени тренированности мышц. Определение креатинфосфата в мышцах имеет большое значение для выявления уровня физического развития и физиологического состояния животного. Массовая доля креатинфосфата в мышцах больных животных, как правило значительно снижается.



Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) являясь универсальным источником энергии для биохимических реакций, занимает центральное место в обмене веществ. Так, организм человека для гликолитических реакций расходует около 0,5 кг АТФ в сутки. При дефосфорилировании 1 моль АТФ освобождает 33,6-42,0 кДж энергии.

Массовая доля АТФ в мышцах составляет в среднем 30,0-45,0 мг%. Уровень АТФ является также показателем физического и физиологического состояния животного, снижаясь при мышечном утомлении и дегенеративных процессах. В послеубойный период эти вещества вносят существенный вклад в формирование вкуса мяса при созревании.

3.1.6 Минеральные вещества.

В мясе содержится значительное количество минеральных веществ (1-1,5 %), особенно много фосфора и железа. Исходя из потребностей человека

в минеральных элементах, мясо можно считать одним из основных источников фосфора. С мясом в организм человека попадают микроэлементы: цинк, алюминий, калий, натрий, магний и др. Они частично связаны с белковыми коллоидами мышечного волокна, частично с кислотами (ортофосфорной, серной, соляной, угольной), образуя электролиты. Некоторые из электролитов (соли угольной, фосфорной кислот) играют роль буферных систем мышечного волокна. Железо входит в состав миоглобина. Количество минеральных фосфорных соединений изменяется в связи с распадом органических фосфорсодержащих составных частей мышечной ткани. Медь, марганец, никель, кобальт и др. микроэлементы содержатся в мышцах в незначительных количествах (0,03-0,70 мг%). Они являются компонентами ферментных систем. Кроме перечисленных минеральных составных частей, в мышечной ткани содержится сероводород. Количество его обычно не превышает 0,5 мг%.

4 Основные свойства мяса

4.1 Цвет мяса

Цвет мяса является одним из основных показателей качества, по которому судят о товарном виде продукции, о степени работы определённых групп мышц, а также о некоторых химических превращениях, которые могут происходить в мясе. Цвет тканей мяса в зависимости от химического строения красящих веществ колеблется от белого (для свиного жира) до различных оттенков жёлтого, жёлто-коричневого, коричнево-красного и красного.

Считают, что мясо коров имеет ярко-красную окраску, молодняка крупного рогатого скота до 1,5 лет- бледно-красную, свиней-красную. На интенсивность окраски мяса влияют вид, порода, пол, возраст животного и способ откорма.

Цвет мяса в значительной степени зависит от рН. Изучение свойств говядины показало, что при величине рН 5,6 цвет обычно яркий, при повышении рН до 6,5 и выше цвет мяса темнеет. Установлено, что повышение рН мяса по мере варьирования цвета мышцы от светлого идо тёмного. Тёмная окраска мышечной ткани связана с меньшими потерями сока при последующем нагреве, т. е. Такое мясо обладает большой водо-связывающей способностью.

Имеется связь между содержанием воды в мясе и миоглобином, а также факторами, определяющими его концентрацию.

Миоглобин (Mb) и гемоглобин (Hb) являются хромопротеидами, т. е. соединениями, состоящими из 96 % белка и красящего компонента – гема (4 %). Основной красящей гемовой группой является протопорфирин, четыре пирольных кольца которого объединены в молекулу кольцевой формы. Цвет Mb определяется валентностью Fe (2 или 3).

Mb и Hb имеют подобные гемовые группы, поэтому влияние различных условий на их окраску примерно одинаковое. Mb и Hb имеют различную молекулярную массу: Mb - 17800 и Hb-67000. В молекуле Hb содержится 4 гемовых группы, в молекуле Mb- одна. Белковые группы Mb и Hb отличаются последовательностью аминокислот, величиной электрического заряда, растворимостью. Mb может связать в 6 раз больше кислорода, чем Hb.

Содержание Mb в мясе зависит от вида, породы, возраста животного, откорма.

Вид животного	Содержание Mb в длиннейшей поясничной мышце
Лошадь	0,71
Свинья	0,43
КРС	0,60
МРС	0,35
Кролики	0,02

Содержание Mb в мясе молодых животных в 2-8 раз меньше, чем в мясе взрослых животных.

При правильно проведенном обескровливании окраска мышечной ткани мяса обусловлена содержанием Mb.

В тушах животных имеется светлая и темная мускулатура, отличающаяся по содержанию Mb, что вызвано различными физиологическими функциями мускулов. Концентрация Mb зависит от активности дыхательных ферментов мышц. Особенно много Mb содержится в мышцах сердца. Окорочка свиней, мышцы которых перед убоем выполняли значительную физическую работу, имеют более темную окраску и жесткую консистенцию. Наиболее темные окорока получены от свиней с низким содержанием углеводов в кормовом рационе.

В мясе содержится несколько типов Mb, отличных по аминокислотному составу глобина. Эти различия не влияют на цвет мяса. Цвет мяса зависит от трёх факторов: концентрации Mb в ткани, связывания миоглобином кислорода и от заряда иона Fe:

- 1) с Fe ++, если не содержит кислорода, придаёт мясу пурпурно- и темно-красный цвет;
- 2) с Fe⁺⁺(MbO₂) при присоединении молекулы O₂, имеет светло-красную окраску;
- 3) с Fe ++ → Fe +++ образуется метмиоглобин (Me+Mb) коричневого цвета.

Три формы Mb и их соотношение определяют цвет мяса.

Потребитель предпочитает мясо со светло-красной окраской. Цвет поверхности мяса определяется содержанием MbO₂ и Me+Mb. В поверхностном слое мяса в результате соединения Mb с кислородом образуется оксимиоглобин, придающий мясу светло-красный цвет. В более глубоких слоях окраска мяса более темная, что обусловлено наличием восстановленного миоглобина.

Установлено, что pH является важным фактором, влияющим на скорость окисления Mb: при pH 5,2 Mb → MbO₂ при 4 °С; при pH 6,4 MbO₂ более устойчив. Подъём температуры до 10 °С ускоряет окисление Mb.

Количество образовавшегося MbO₂ в мясе, т. е. толщина светло-красного слоя мяса, определяется диффузией кислорода в ткань, которая зависит от температуры. Поверхность хранившегося неупакованного мяса имеет светло-красный цвет, обусловленный присутствием MbO₂. При нарезании мяса пурпурно-красный цвет его вследствие поглощения O₂ воздуха также приобретает светло-красную окраску, обусловленную образованием MbO₂.

В результате окисления Mb и Me+Mb при длительном хранении мясо приобретает коричневый оттенок. Скорость образования Me+Mb с понижением pH возрастает. Цвет мяса, pH которого быстро падает после убоя (с 7,0 падает до 5,6) спустя короткое время становится неудовлетворительным.

Скорость изменения цвета мяса из красного в коричневый в результате образования MetMb снижается со снижением температуры. Предполагается, что образование MetMb обусловлено тканевым дыханием.

Для выявления способности поверхности мяса сохранять цвет большое значение имеет свойство мышечной ткани восстанавливать коричневый MetMb в красный Mb. Восстановление MetMb различно у разных животных, возрастает с увеличением концентрации пигмента, величины рН (5,1-7,1) и температуры (30-35 °С); оно интенсивнее в измельчённой ткани, чем в кусках мяса.

Изменение окраски внешней поверхности мышечной ткани различных мышц происходит с различной скоростью. Например, широчайшая мышца спины относительно нестойка к образованию MetMb, в то время как длиннейшая мышца спины отличается высокой стойкостью. Это обусловлено различной активностью фермента, сокращающего образование MetMb в отдельных мышцах. Стойкость окраски говядины тем выше, чем ниже температура хранения. Чем дольше срок созревания мяса, тем менее стойкой будет окраска при последующем хранении в фасованном виде.

Изменение окраски внешней поверхности мясных туш (её потемнение) происходит также вследствие испарения влаги с поверхности и увеличения концентрации красящих веществ.

Введением аскорбиновой кислоты и аскорбата натрия достигается торможение окисления Mb и образования MetMb. Наиболее эффективно в течение продолжительного времени сохранение окраски достигается при введении этих веществ внутривенно до убоя.

Деятельность микроорганизмов может оказать косвенное влияние на цвет мяса. Появление зелёной окраски несолёного мяса обусловлено изменением порфиринового кольца под воздействием перекисей, образующихся в жире, а также сероводорода в результате образования сульфмиоглобина.

4.2 Вкус и аромат мяса

Обусловлены содержанием характерных для данного продукта химических соединений. Вкус и аромат косвенным путем влияют на пищевую ценность продукта, на его усвояемость.

Для придания нужного вкуса и аромата мясу ведутся исследования по выделению, разделению, концентрированию и идентификации веществ, придающих вкус и аромат. Это позволит улучшить вкусо-ароматические свойства продуктов, в частности, из низкосортного, длительно хранившегося сырья, а также продуктов, изготовленных по ускоренной технологии.

Новейшие методы исследования позволили установить, что в образовании запаха и вкуса мяса участвуют вещества, относящиеся к различным классам органических соединений, основными из которых являются карбонильные соединения, органические кислоты, амины, фенолы, эфиры. Эти вещества присутствуют в мясе в незначительных количествах.

В формировании специфического аромата и вкуса варёного мяса решающую роль играют экстрактивные вещества. При нагреве водной фракции мяса появляются вкус и запах, характерные для варёного мяса. При диализе водный экстракт теряет эти характерные свойства.

Вкус и аромат мяса обуславливаются летучими и нелетучими фракциями.

Считают, что нелетучие водо-растворимые вещества формируют основной вкус мяса при тепловой обработке. Специфический вкус говядины, свинины, баранины объясняется жирорастворимыми соединениями.

Раньше считали, что в формировании вкуса и аромата мяса участвуют продукты распада нуклеотидов и параллельно с улучшением вкуса и аромата мяса накапливаются инозиновая кислота и гипоксантин. Однако были проведены эксперименты по удалению инозиновой кислоты, инозина и гипоксантина из фракций с мясным ароматом и вкусом без влияния на их изменения.

Сейчас доказано, что компонентами фракции нелетучих водо-растворимых соединений, обладающих мясным вкусом, являются изомеры инозиновой, гуанозиновой кислот и моноглутаминат натрия.

Процессы деструкции азотистых соединений сопровождаются увеличением количества свободных аминокислот.

Исследованиями было установлено:

1) участие свободных аминокислот (серина, аспарагиновой кислоты, глутамината) в возникновении аромата варёного мяса;

2) накопление свободных аминокислот связано с нежностью мяса (установлена корреляция между 12 свободными аминокислотами в окороке и его ароматом).

Учёные отметили, что существует зависимость состава летучих оснований мяса от вида животных. Обнаружено от 3 до 10 летучих оснований (их постоянные компоненты метил- и диметиламины). В мышечной ткани изделий из свинины обнаружено увеличение числа летучих оснований (до 6-13) по сравнению с исходным мясом. При изготовлении, а также при тепловой обработке содержание метил- и диметиламинов снижается. При посоле и тепловой обработке увеличивается содержание аммиака.

В последнее время в образовании вкуса и аромата мяса всё большее значение придают участию липидных компонентов свободных жирных кислот, алифатических альдегидов, кетонов. Низкомолекулярные продукты превращения липидов преимущественно влияют на аромат.

Исследованиями установлено различие в жирно-кислотном составе липидов мышечной ткани различных видов животных: в свинине содержится больше каприловой и пеларгоновой кислот по сравнению с говядиной.

К веществам, участвующим в формировании аромата мясных продуктов, относят летучие карбонильные соединения и низкомолекулярные жирные кислоты. В мясе карбонильные соединения могут образовываться в ходе ферментативных, бактериальных, окислительных процессов и термического воздействия на его составные части.

По мере созревания свинины в ней увеличивается содержание карбонильных соединений, больше в свинине и жирных кислот в составе летучих соединений свиного жира по сравнению с говяжьим жиром. При тепловой обработке содержание карбонильных соединений увеличивается ~ в 1,5 раза, в том числе количество формальдегида, гликолевого и нонилового альдегида.

Большое значение в формировании аромата придают также летучим жирным кислотам, которые могут образовываться в мясе под воздействием

липолитических тканевых и микробиальных ферментов, в процессе окисления жиров и карбонильных соединений и за счёт дезаминирования аминокислот. Они не только сами участвуют в формировании аромата непосредственно, но, по-видимому, оказывают положительное влияние на поры чувствительности других веществ.

Жирные кислоты, подвергаясь превращениям при технологической обработке, могут оказать влияние на вкус и аромат продуктов. В свином мясе идентифицирована 7 ЛЖК с числом $C_2 - C_7$: уксусная, пропионовая, масляная, валериановая, изокапроновая, капроновая и гептановая. При тепловой обработке снижается ~ на 50 % содержание уксусной, пропионовой, масляной и капроновой кислот. Вместе с тем, тепловая обработка приводит к повышению содержания СЖК (~на 10 %) средней и высокой молекулярной массы.

В образовании специфического вкуса и аромата мяса большая роль принадлежит реакции меланоидинообразования. Начальный этап: взаимодействие аминокислот с РВ (сахара), а также другие соединения с карбонильной группой (уксусный альдегид, ацетон, ПВК и др.). В результате этой реакции образуются фурфурол, диацетил, формальдегид.

На накопление в мясе вкусовых и ароматических веществ влияют различные технологические факторы: нагрев, охлаждение, посол и др.

Вкус свежего мяса специфический, слегка сладковатый. Значительные различия во вкусе и аромате различных видов мяса могут быть объяснены количественным соотношением экстрактивных веществ. Установлено, что аромат и вкус, специфические для данного мяса, обусловлены веществами, растворимыми в липидах.

Вкус и запах мяса зависит от возраста животных и наличия жировой ткани, от количества и характера распределения жира в мясе (при содержании 20 % внутримышечного жира в сухой массе отмечаются высокие вкусовые качества).

Мясо молодых животных без выраженного вкуса и запаха, а мясо взрослых животных имеет более острый запах и менее приятный вкус по сравнению с мясом молодых животных. Предполагают, что это обусловлено более высоким содержанием миоглобина, создающего металлический привкус мяса.

Отличие вкуса и аромата между отдельными частями туши объясняют биохимическим состоянием мышц.

Привкус мяса зависит от кормового рациона, например, скармливание животным рыбных отходов придаёт свинине специфический рыбный привкус.

Учёными разрабатываются препараты, получаемые из аминокислот и углеводов соединений или фосфорной кислоты, улучшающие вкус и аромат мяса: гетероциклические тиопроизводные инозинфосфата и аллилксиозинфосфата; комплексный препарат, включающий алифатические кислоты, карбонильные соединения, летучие основания, нуклеотиды, аминокислоты,

углеводы, сернистые соединения, минеральные вещества, продукты распада фосфолипидов (Ю.Н.Лясковский)

За рубежом применяют глутаминовую кислоту, глутамат натрия или калия, гуаниловую кислоту, инозиновую кислоту, инозинат натрия или калия, гуанилат натрия или калия.

Для достижения лучшего вкуса и запаха мясных продуктов добавляют белковые гидролизаты, которые содержат все аминокислоты. Незаменимые аминокислоты облагораживают вкус и запах продукта в большей степени, чем заменимые. Эффективно также применение рибонуклеотидов.

4.3 Консистенция мяса

К основным положительным качественным показателям консистенции относят нежность, мягкость, сочность. Эти свойства могут быть обнаружены после кулинарной обработки продукта, однако они могут быть определены и в сыром мясе.

В настоящее время консистенция и нежность мяса оцениваются потребителем высоко, и он предпочитает их аромату, вкусу и окраске.

В связи с тем, что в мясном сырье вода является дисперсионной средой, его свойства находятся в прямой зависимости от её содержания и формы связи влаги с дисперсными частицами. Общеизвестно, что качество мяса характеризуется не общим содержанием воды, а её количеством в связанной форме.

Влагосвязывающая способность относится к числу важнейших факторов, определяющих качество мяса. Доказано, что сочность, нежность, вкус и другие технологические свойства во многом зависят от способности продукта удерживать воду.

Экспериментальными исследованиями установлена связь между окраской и сочностью мяса. Мясо с более тёмной окраской отличается большей сочностью и меньшими потерями сока при варке. Такое мясо имело более высокий рН, что увеличивает водосвязывание.

Нежность мяса уменьшается с увеличением содержания в туше тощего мяса или с сокращением мраморности. Мраморность не влияет на нежность мяса молодняка до 18 месяцев, однако для животных в возрасте 2-7 лет она способствует увеличению нежности мяса. Сочность мяса зависит от содержания жира внутри мышечных волокон, между мышцами и группами мышц. Мясо без мраморности отличается сухостью; на сочность мяса также влияет его консистенция.

Существует взаимосвязь между изменениями длины мышцы после убоя животного и нежностью говядины; максимальная жёсткость варёного мяса отмечается при сокращении мышечных волокон на 35-40 %. Увеличение же длины мышц на 25-30 % первоначальной длины значительно снижает его жёсткость. Установлена зависимость между длиной саркомеров и нежностью мяса. У вертикально подвешенных туш саркомеры имеют большую длину, чем у горизонтально подвешенных. При сокращении мышц длина саркомера сокращается, диаметр волокон возрастает и нежность снижается.

Существует связь между жёсткостью мяса и степенью сокращения микрофибрилл. Увеличение жёсткости мяса обусловлено сокращением мышц. Состояние сокращения мышечной ткани определяется длиной саркомеров. Изменение длины саркомеров при технологической обработке может изменять нежность в 40 % случаев.

Установлено, что если мышца во время окоченения находилась в растянутом состоянии, то её нежность после варки была более высокой. Степень растяжения воздействует не только на поперечные мостики, но и на диски g-z, на фрагментацию микрофибрилл и в конечном итоге на нежность мяса. Зависимость нежности от длины волокон может быть объяснена взаимным расположением нитей миозина: при увеличении длины волокон нити актина проскальзывают между нитями миозина.

За время посмертного окоченения возникают поперечные связи между миозином и актином и распад z- дисков саркомер. Изменения микрофибрилярной системы в значительно большей степени влияют на нежность, чем изменения соединительной ткани.

На длину саркомер влияет, в частности, способ подвешивания полутуш. Отвергается существующий способ подвешивания полутуш за ахиллово сухожилие как отрицательно влияющий на нежность мяса. Техника обычного подвешивания за ахиллово сухожилие позволяет всей массе длинных спинных мышц и задних конечностей сокращаться, в то время как поверхностные мышцы, например, поясничная, находятся в растянутом состоянии.

На нежность мяса влияют скорость и степень послеубойного гликолиза. При резком снижении величины рН белки саркоплазмы подвергаются частичной денатурации. При достижении рН 5,5-6,0 нежность уменьшается. Однако при увеличении рН более 6,0 нежность увеличивается, а при рН 6,8 нежность становится чрезмерной и мяса приобретает желеобразную консистенцию. Это обусловлено более высокой влагосвязывающей способностью мышечных белков и более высокой степенью их набухания. Основная роль в удержании влаги мышечной тканью принадлежит белкам микрофибрилл, растворимость которых зависит от рН. При нормальном рН мяса в раствор переходит 88,5 % белков микрофибрилл, а при низком рН – лишь 11 %.

Установлена связь между изменением рН непосредственно после убоя и нежностью мяса: мышечная ткань с рН 5,8-6,2 была более жёсткой и требовала более длительного созревания для существенного снижения жёсткостных характеристик, чем ткань с рН 6,7-7,1.

Механические свойства мяса определяются его химического составом. Из всех пищевых продуктов оно имеет наиболее сложную структуру. В мускулатуре трёх видов убойных животных имеется более 300 мышц, различных по составу и строению.

В интенсивно работающих мышцах содержание эластина больше, чем в мышцах, мало работающих. Нежность в пределах не только одной туши, но и одной мышцы может быть различной, например, боковые части длинной поясничной мышцы нежнее, чем срединные.

Мускулатура головы, нижней части конечностей, живота у КРС, частично грудная мускулатура содержит значительное количество соединительной ткани. Содержание эластиновых волокон в соединительной ткани довольно высокое в мышцах брюшной части и рёбер. Длиннейшая мышца спины содержит в 2,5 раза меньше белков соединительной ткани, чем полусухожильная и трапецевидная мышцы. Жёсткость мяса зависит не только от количества, но и от качества соединительной ткани. Соединительная ткань свинины содержит значительно меньше эластина, чем ткань говядины.

С возрастом животных нежность мяса и содержание соединительной ткани уменьшается. Это кажущееся противоречие, наблюдаемое до определённого возраста, объясняется тем, что соединительная ткань молодых животных содержит больше ретикулина и меньше поперечных связей, чем коллаген. Телятина отличается повышенной нежностью по сравнению с говядиной, хотя содержание соединительной ткани в ней выше.

Разработан ряд физических методов оценки нежности мяса, основанных на определении усилия резания, проникающего усилия, усилия раскусывания, измельчения, растяжения мяса, силы сжатия. С другой стороны, её необходимо оценивать органолептически, как сочность, мягкость, лёгкость пережёвывания и количество остатка после жевания.

4.4 Водосвязывающая способность мяса

Вода – важнейший компонент всех пищевых продуктов. Воду нельзя рассматривать просто как инертный компонент или универсальный растворитель для пищевых веществ. Она является не только преобладающим компонентом большинства пищевых продуктов, но и оказывает предопределяющее влияние на многие их качественные характеристики, особенно на сроки хранения.

Массовая доля влаги в мясе и мясных продуктах колеблется в широких пределах (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Массовая доля влаги в некоторых пищевых продуктах

Массовая доля влаги, %	Продукт
40-70	Копчености, свежие сосиски, ветчина, окорок, ливерная колбаса и немецкие колбаски
50-60	Жирное мясо
70-80	Свежие бобовые(фасоль, бобы, горох) и мясо (говядина, баранина, конина, птица). Рыбные продукты (рыба, моллюски, ракообразные)

Водосвязывающая способность определяет свойства мяса на различных стадиях его технологической обработки и влияет на водоудерживающую способность вырабатываемых из него различных готовых мясопродуктов, на их качество и выход. Поскольку преобладающими компонентами мяса явля-

ются мышечная и соединительная ткани, их водосвязывающая способность имеет наибольшее практическое значение.

Водосвязывающая способность мяса в первую очередь зависит от состояния белков, жиры лишь в незначительной степени способны удерживать влагу.

Основная часть воды мышечной ткани (около 90%) содержится в волокнах: больше ее находится в составе миофибрилл, меньше – в саркоплазме. Водосвязывающая способность мышечной ткани поэтому в первую очередь зависит от свойств и состояний белков миофибрилл (актина, миозина и актомиозина). В составе соединительной ткани воды меньше, в основном она связана с коллагеном.

Согласно классификации П.А. Ребиндера, в основу которой положена энергия связи, связь влаги с продуктом может быть:

- химической;
- физико-химической (адсорбционной, осмотической, структурной);
- механической (влаги в микро- и макрокапиллярных, средний радиус которых соответственно 10^{-7} м и менее и более 10^{-7} м, а также влаги смачивания, находящаяся на поверхности).

Влага смачивания и влага макропор имеет весьма непрочную связь с продуктом и может быть удалена механическими способами (отжатием на прессах или под действием центробежной силы в центрифугах). Такая влага называется свободной. Свободную влагу также можно удалить путем высушивания или вымораживания.

Свободная влага, являясь растворителем органических неорганических соединений, участвует во всех биохимических процессах, протекающих при хранении и переработке мясного сырья.

Химически связанная влага наиболее прочная и представляет собой воду гидратов, связанную в виде гидроксильных ионов, и конструкционную воду кристаллогидратов, связанную значительно слабее. Химическое связывание влаги в строго определенных молекулярных соотношениях происходит при химической реакции (гидратации). При этом вода входит в состав образованного вещества. При кристаллизации из раствора вода входит в структуру кристалла целыми молекулами. Для нарушения этой связи сушка недостаточно эффективна, необходимо применить прокалывание или химическое воздействие.

Связь влаги в продуктах часто осуществляется межмолекулярными силами (ван-дер-ваальсовы силы). По данным Б.В. Дерягина и И.И. Абрикосовой, ван-дер-ваальсовы силы взаимодействия имеют место на расстоянии до 0,1-1,2 мкм, т.е. значительно большем самих молекул. Энергия ван-дер-ваальсового взаимодействия колеблется в пределах 0,42-4,20 кДж/моль.

Особым видом межмолекулярного взаимодействия является водородная связь. Она проявляется между ковалентно связанным атомом водорода и электроотрицательными атомами (кислород, фтор, азот), которые принадлежат к той же или другой молекуле. Энергия водородной связи равна 21,0-29,4

кДж/моль, что лишь на один порядок меньше энергии химического взаимодействия.

Формы физико-химической связи воды с мясом разнообразны. Существует **адсорбционно-связанная, осмотически связанная и капиллярно связанная влага**.

4.4.1 Адсорбционная влага – это часть воды, которая удерживается в мясе за счет сил адсорбции главным образом белками. Диполи воды фиксируются гидрофильными центрами белков.

Водосвязывающая способность белков тем выше, чем больше интервал между величиной рН среды и изоэлектрической точкой (т.е. чем больше групп COOH и NH_2) будет ионизировано и окажется заряженными). Так, если животное перед убоем было подвергнуто воздействию стресса, например при перевозке, то автолитические, гликолитические процессы в мясе животных усиливаются и рН резко сдвигается в кислую сторону, т.е. приближается к изоэлектрической точке. Такое мясо теряет много сока, а также обладает пониженной гидратацией. Туша становится особенно водянистой при рН 5,2-5,5.

Число групп, фиксирующих влагу за счет адсорбции, зависит и от взаимодействия белков друг с другом, т.к. при этом происходит взаимная блокировка групп и уменьшение адсорбции. Такое взаимодействие происходит, например, при автолизе в процессе развития посмертного окончания, что связано с образованием актомиозина из актина и миозина.

Адсорбционная влага – это часть воды, которая находится в мясе в наиболее прочном состоянии. Адсорбция влаги сопровождается выделением теплоты, которая называется теплотой гидратации.

4.4.2 Осмотическая влага удерживается в неразрушенных клетках за счет разности осмотического давления по обе стороны клеточных оболочек (полупроницаемых мембран), и внутриклеточных мембран.

Осмотическая влага удерживается структурой мяса тем больше, чем больше остаются неразрушенными полупроницаемые мембраны или структурные образования, выполняющие их роль. Она частично выходит из мяса при погружении его в раствор с более высоким осмотическим давлением (посол), при тепловой денатурации белков. Количество осмотической влаги влияет на другие свойства тканей.

Осмотически связанная влага является свободной в том смысле, что ей соответствует весьма малая энергия связи. Влага присоединяется без выделения теплоты и сжатия системы.

4.4.3 Капиллярная влага заполняет поры и капилляры мяса и фарша. Эта часть воды находится в капиллярах (порах), средний радиус которых 10^{-7} мм и менее. Капиллярная влага перемещается в теле как в виде жидкости, так и в виде пара. Различают два состояния капиллярной влаги: стыковое, когда влага разобщена в виде манжеток (защемленная вода), и канатное состояние, когда клинья жидкости соединены между собой, образуя непрерывную жидкую пленку, обволакивающую дисперсные частицы тела.

Количество капиллярной влаги зависит от степени развития капиллярной сети в структуре материала. В мясе роль капилляров выполняют кровеносные и лимфатические сосуды. Капиллярная влага влияет на объем и сочность продукта. Чем больше величина капиллярного давления, тем прочнее капиллярная влага связана с материалом. Капиллярное давление в свою очередь определяется размером капилляров. Чем меньше диаметр капилляра (микрокапилляра), тем больше капиллярное давление и тем прочнее удерживается вода.

В технологической практике влагу по форме ее связи с мясом часто разделяют упрощенно на **прочно связанную, слабосвязанную и слабосвязанную избыточную**. К влаге, прочно связанной с продуктом, относят адсорбционную влагу, влагу микрокапилляров, а также часть осмотической влаги. Слабосвязанная полезная влага размягчает (пластифицирует) продукт, создавая благоприятную консистенцию, способствует усвоению пищи. Слабосвязанная избыточная влага – это та ее часть, которая может отделяться в процессе технологической обработки в виде бульона при варке колбас, при размораживании – в составе мясного сока. При изготовлении колбас прочно связанная влага должна составлять 1/3 всей жидкости. В этом случае продукт имеет хорошую консистенцию и выход. В случае изготовления колбасы, например, из длительно хранившегося мороженого мяса, часть влаги оказывается в виде слабосвязанной избыточной. В этом случае консистенция продукта будет хуже, имеет место отделение бульона и выход продукта меньше. Если прочносвязанная влага составляет более 1/3, то продукт получается чрезвычайно твердым. Чем больше прочно связанной влаги, тем меньше испарение. Так, при обжарке колбас потери за счет испарения могут составлять от 7 до 8 %.

Связанная влага по своим свойствам значительно отличается от свободной: она не замерзает при низких температурах (вплоть до минус 40 °С); имеет плотность, вдвое превышенную плотность свободной воды, не всегда удаляется из продукта при высушивании (химически связанная) и т.д. связанная влага в отличие от свободной недоступна микроорганизмам.

Поэтому для подавления развития микрофлоры в пищевых продуктах свободную воду полностью удаляют или переводят в связанную, добавляя влагосвязывающие компоненты (соли, функциональные добавки, полисахариды и т.д.).

4.4.4 Активность воды. Для характеристики состояния влаги в продукте все шире применяют показатель активности воды a_w , являющийся интегральной характеристикой. Активность воды влияет на жизнедеятельность микроорганизмов, на биохимические, физико-химические реакции и процессы, протекающие в продукте. От величины активности воды зависят сроки хранения мяса и мясopодуKтов, стабильность мясных консервов, формирование цвета и запаха, а также потери в процессе термообработки и хранения. Из общего количества воды, содержащейся в пищевом продукте, бактерии, плесени, дрожжи могут использовать для своей жизнедеятельности лишь определенную «активную» часть. Термин «активность воды», введенный Скот-

том в 1953 г. в отношении пищевых продуктов, позволил установить взаимосвязь между состоянием слабосвязанной влаги продукта и возможностью развития в нем микроорганизмов.

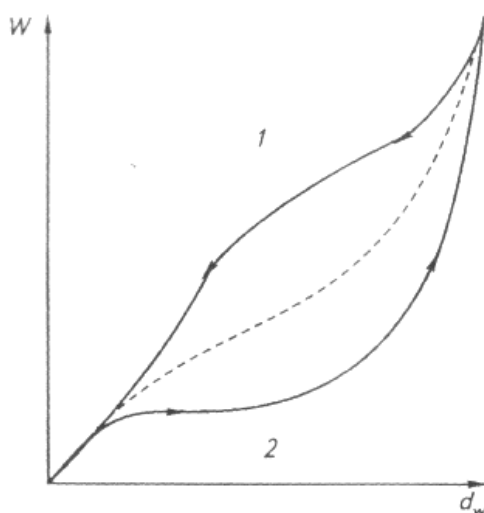
Активность воды определяется как отношение парциального давления водяного пара над поверхностью продукта к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре:

$$a_w = p/p_0 = \text{РОВ}/100,$$

где p – парциальное давление; p_0 – давление насыщенного водяного пара; РОВ – равновесная относительная влажность.

Активность воды – это характеристика самого продукта, обусловленная химическим составом и его гигроскопическими свойствами, РОВ – характеристика окружающей среды, находящейся в гигротермическом равновесии с продуктом. Активность воды служит качественной характеристикой связи влаги в продукте.

Зависимость активности воды от влагосодержания продукта $a_w = f(W)$ при постоянной температуре носит название изотермы (рисунок 4.1).



1 – десорбция; 2 - адсорбция

Рисунок 4.1 Пример зависимости равновесной влажности продукта от относительной влажности воздуха

При удалении влаги из продукта (десорбции) и получении влаги продуктом (адсорбции) изотермы совпадают только в начальных точках, т.е. имеет место сорбционный гистерезис.

При изменении содержания воды происходят глубокие изменения в специфических свойствах пищевой системы, что отражается на ряде показателей.

Для каждого вида микроорганизмов существуют максимальное, минимальное и оптимальное значение активности воды. Удаление a_w от оптимального значения приводит к торможению жизненных процессов, присущих микроорганизмам. При достижении определенной максимальной или минимальной величины активности воды прекращается жизнедеятельность мик-

роорганизмов, что не говорит о гибели клетки. Минимальные значения активности воды для различных микроорганизмов приведены ниже.

Микроорганизмы	Активность воды a_w
Грамотрицательная палочка	1,00-0,95
Большинство кокков и лактобацилл	0,95-0,91
Большинство дрожжей	0,91-0,88
Большинство плесеней	0,88-0,80
Большинство галофильных бактерий	0,80-0,75
Ксерофильные плесени	0,75-0,65
Осмофильные дрожжи	0,65-0,60

За 1,0 применяется активность дистиллированной воды. Активность воды для свежего мяса равна 0,99. Активность воды имеет большое практическое значение. В таблице 4.2 приведены ее числовые значения для некоторых мясопродуктов.

Таблица 4.2 – Значение активности воды для некоторых мясопродуктов

Продукт	Массовая доля влаги, %	Активность воды
Мясо	70-74	0,96-0,99
Колбасы:		
вареные	62-72	0,96-0,98
полукопченые	40-55	0,94-0,97
варено-копченые	40-43	0,90-0,93
сырокопченые	24-30	0,78-0,85

Активность воды можно изменять, подбирая сырье и рецептуры с учетом используемого количества поваренной соли и жира. Создание оптимальных условий обезвоживания колбас в процессе созревания является еще одной возможностью регулирования активности воды. В созревших колбасах рост нежелательных микроорганизмов сдерживается сочетанием низкой активности воды, анаэробной среды, низкого значения pH, наличием хлорида и нитрита натрия и молочнокислой микрофлоры.

5 Пищевые субпродукты

5.1 Классификация субпродуктов

Пищевые субпродукты имеют важное значение в снабжении населения мясом, являясь дополнительным ресурсом белкового питания и занимают в пищевом балансе существенное место. Более 50% субпродуктов направляются на выработку мясопродуктов, которые обладают своеобразным вкусом и пользуются большим спросом у населения. Все субпродукты являются ценным источником белка и витаминов.

К пищевым субпродуктам относятся:

1) внутренние органы, выполняющие при жизни животного специфические функции, не сопряженные с двигательными: **печень, легкие, почки, головной мозг, селезенка, вымя**. Каждый из них состоит из остова (основы) и паренхимы. Остов представлен в основном соединительной тканью, в которой проходят нервы, кровеносные и лимфатические сосуды. Соединительнотканый остов разделяет орган на отдельные участки. В них расположена паренхима (железистая ткань)- специфическая ткань органа, выполняющая его основную функцию при жизни.

2) органы, деятельность которых при жизни животных целиком или частично связана с двигательными функциями: **сердце, диафрагма, язык, желудок**. В составе их наряду с соединительной и специфической железистой тканью большую или меньшую долю составляет мышечная ткань (гладкая или поперечнополосатая).

3) наружные части туши животных: **голова, губы, ноги, хвост и уши**. Строение и тканевый состав этих частей приближаются к строению и составу мясной туши, отличаясь количественным соотношением в их составе мышечной, соединительной и жировой тканей.

К числу субпродуктов, отделяемых при разделке птицы, относят: **шею, крыло, ножки**.

Все субпродукты являются ценным источником белка и витаминов. По общему содержанию белковых веществ они почти не уступают мясу, однако по полноценности белков резко отличаются. По количественному содержанию полноценных белков на первом месте стоят печень, язык, сердце, почки; на последнем – уши, трахея. Значительное количество незаменимых аминокислот содержится в языке (лизин и лейцин), в сердце много метионина, в печени - триптофана.

Содержание жира в отдельных субпродуктах (мозг, язык) больше, чем в мясе. В состав жира субпродуктов входят в основном нейтральные жиры с большим количеством жироподобных веществ- фосфатидов, холестерина, церебразидов; наблюдается относительно высокое содержание арахидоновой и линолевой кислот.

Мозги, печень и сердце содержат большое количество фосфора, железа и витаминов (особенно группы В), поэтому они рекомендуются для лечебного питания.

5.2 Особенности химического и тканевого состава. Пищевая ценность, промышленное значение

Мышцы головы из-за значительного содержания в них соединительной ткани в основном мелкие, короткие и жесткие. Мясо голов крупного рогатого скота из-за значительного содержания эластина и коллагена обладает сравнительно небольшой пищевой ценностью. Оно используется для выработки мясопродуктов пониженной сортности (колбас, зельцев, студней). Мясо свиных голов мягче и содержит больше жира. Поэтому его употребляют для выработки и более высокосортной продукции.

Ноги являются хорошим сырьем для изготовления таких видов желатинизирующей продукции, как студни и зельцы, так как в составе их мякотной части преобладает соединительная ткань, содержащая много коллагена. При длительной варке ног большая часть коллагена соединительной ткани и кости вместе с жиром образует легко застудневающие бульоны.

Прекрасным сырьем для производства желатина является ахиллово сухожилие, отделяемое от ног крупного рогатого скота. Выход желатина к весу сырья достигает 15-20%.

Язык. Химический состав языка зависит от упитанности животных: с повышением упитанности в составе языка возрастает содержание жира и уменьшается содержание воды. Так, в составе языка упитанного крупного рогатого скота количество жира достигает 18 %, а количество воды снижается до 63-65 %.

Мышцы языка, представляющие собой поперечнополосатую мышечную ткань, хорошо развиты. Мышцы верхушки языка имеют более грубое строение. Значительное количество жировой ткани, которая располагается между мышечными волокнами преимущественно в теле языка, придает ему легкую, нежную консистенцию и приятный вкус.

Язык по своей пищевой ценности не уступает мясу. Продукция, вырабатываемая из языка, обладает своеобразным приятным вкусом.

Мышцы сердца отличаются темным цветом из-за большого содержания гемоглобина (до 2,4 % белков). Для повышения кулинарных достоинств продуктов, вырабатываемых из сердца необходима интенсивная механическая и длительная тепловая обработка (тушение).

Диафрагма представляет собой плоский пластинчатый мускул, в периферийной части которого находится хорошо развитая мышечная ткань, а в центральной - плоское сухожилие (сухожильный центр). Снаружи диафрагма покрыта соединительнотканной оболочкой. Мышечная ткань диафрагмы образована сравнительно короткими жесткими волокнами. Значительную часть белков диафрагмы составляет коллаген и эластин (до 30-40 %). Поэтому мясо диафрагмы имеет невысокую пищевую ценность.

В составе **желудков** (за исключением рубца и сетки крупного рогатого скота) преобладает прочная соединительная ткань. Из общего количества белковых веществ рубца и сетки, около 70-80 % приходится на долю неполноценных (в т. ч. 4-10 % на долю эластина). Поэтому желудок КРС и МРС

хотя и пригоден в пищу, но обладает очень низкой пищевой ценностью. Обычно их используют для выработки кормовой муки.

Промышленное значение сычугов определяется также возможностью выработки из их слизистой оболочки ферментных препаратов: пепсина, желудочного сока, сычужного фермента (из слизистой оболочки сычуга молочных телят).

Печень - крупный орган (около 1,5% массы тела животного). Она занимает центральное место во всех видах обмена веществ, так как первая получает из кишечника все поступающие в кровь вещества. Печень регулирует обмен углеводов, обмен липидов, принимает участие в белковом обмене.

В минеральном обмене печень играет роль депо железа. Печень является депо каротина, витаминов А, Е и К, а также всех витаминов группы В. Она влияет на обмен воды в организме, способствуя удалению избытка её из крови.

Вторая функция печени – кроветворная. В печени синтезируются все альбумины сыворотки крови, большая часть глобулинов, фибриноген, протромбин, протромбокиназа. Распад гемоглобина с образованием желчных пигментов билирубина и биливердина также происходит в печени.

Печень участвует в регуляции кровообращения, пропуская и задерживая кровь, а следовательно, регулируя объём крови, поступающей в кровяное русло. Одна из важнейших функций печени – секреция желчи.

Защитная функция печени заключается в её способности обезвреживать ядовитые и чужеродные организму вещества.

Химический состав печени, в %

Вода	70-75
Белки	12-24
Углеводов	2 - 5 (в мышце 0,3- 0,7 %)
Золы	1,6 -1,7
Липидов	4,5 - 6,5 (в мясе 1-3 %)
	в том числе:
Жиры	2,0
Фосфатиды	2,5
Холестерин	0,3

Основная масса белков печени относится к альбуминам. Глобулины представлены железосодержащими белками феррином и ферритином. Медьсодержащие белки представлены гематокуперинном. Белки плазмы крови - фибриноген, протромбины, альбумины синтезируются исключительно в печени.

Помимо этого в составе печени обнаружен пигмент гемосидерин, содержащий более 50 % железа, который находится в печени в виде нерастворимых в воде гранул. Эти вещества служат для пополнения органического железа, необходимого для синтеза гемоглобина.

Однако белки печени перевариваются пепсином хуже, чем белки мяса, а полноценных белков в ней меньше, чем в мясе.

Содержание витамина А в печени зависит от времени года, вида содержания (пастбищного или стойлового) и рациона кормления. Находится в прямой зависимости от поступления с кормом провитамина А- каротина. Содержание витамина А в говяжьей печени в весенне-летний период, когда скот пользуется зеленым пастбищем, возрастает в 2,5-6 раз.

В печени имеется также гепарин, препятствующий свертыванию крови. Печень богата самыми различными ферментами, в том числе протеазой, аргиназой, липазой, эстеразой, нуклеазой, амилазой, каталазой и др. Активность катепсинов печени в 60 раз выше активности мышечных катепсинов

Печень в отличие от других мясопродуктов не набухает в сыром виде, плохо удерживает воду и сильно уплотняется при варке, но обильно поглощает жир взамен выделяющейся воды. Печень нестойкий продукт, так как большое количество крови, остающейся в печени и высокое содержание воды благоприятствует развитию микробов. Кроме того, печень чаще других частей туши нестерильна, потому что в неё (как и в селезёнку) в первую очередь проникают бактерии по лимфатическим путям из кишечника.

Печень обычно используют для выработки изделий с мазеобразной консистенцией (ливерные колбасы, паштеты). Особенно ценится гусиная печень, содержащая много жира и обладающая нежной консистенцией и высокими вкусовыми достоинствами.

Легкие – это парный орган, составляющий около 1 % массы тела животного. Они осуществляют газообмен между внешней средой и кровью и участвуют в регуляции температуры тела. Легкие обладают сравнительно низкой пищевой ценностью и отличаются довольно жесткой консистенцией, мало изменяющейся и после варки. По химическому составу легкие отличаются от других органов высоким содержанием воды (80 %) и меньшим содержанием белков (15 %), из них коллагена около 5 %, эластина около 1 %.

Кроме белков в состав легких входят 2-5 % липидов, около 1 % минеральных веществ, витамины В₁, В₂, РР и др. Около 2 % состава легких выпадает на долю экстрактивных веществ, в том числе гепарина. Легкие используют для его получения. Катепсины легких почти в 40 раз активнее мышечных катепсинов.

Почки представляют собой парный орган плотной консистенции бобовидной формы. Функции их многообразны. Важнейшими из них являются выделение конечных продуктов обмена веществ и поддержание постоянства состава крови. В почках содержится 83 % воды и 17 % сухого вещества. Основную часть сухого остатка составляют белки (15-16 %), липиды (2-5 %), углеводы (1,1-1,2 %), минеральные вещества (1,1-1,2 %).

Около 2-2,5 % экстрактивных веществ, в том числе различных ферментов (протеазы, липазы, амалазы, оксидазы). Активность катепсинов почек в 70-80- раз выше активности мышечных катепсинов.

Почки после кулинарной обработки обладает своеобразным привкусом, обусловленным их физиологической функцией. Поэтому почки исполь-

зуют для выработки пищевой продукции, не смешивания с другими видами мясного сырья. Из них обычно вырабатывают деликатесные консервы.

В качестве пищевого субпродукта используется **вымя** только крупного рогатого скота. Пищевая ценность вымени из-за большого содержания неполноценных белков сравнительно невелика и в значительной мере определяется содержанием в ней жира. В связи с большим содержанием жира и коллагена вареное вымя плохо удерживает влагу. Поэтому его употребляют на выработку изделий с мазеобразной консистенцией.

В **селезенке** содержится иногда до 5 % железа к весу сухого остатка, которое входит в состав феррина, ферретина и гемосидерина. Пищевая ценность селезенки невелика, поэтому, как правило, из нее не вырабатывают пищевой продукции. Но в составе тканей селезенки содержится большое количество протеолитических ферментов и органического железа. Поэтому она может служить хорошим сырьем для выработки ферментных препаратов и препаратов, содержащих органическое железо.

Основа **мозга** – нервная ткань, состоящая из нервных клеток (нейронов) с отростками (нервными валочками). Нервные клетки вместе с отростками образуют серое вещество мозга; белое вещество мозга состоит из нервных волокон. Из общего количества белков, содержащихся в мозгах, 69 % находится в сером веществе. В составе головного мозга до 1,5 % минеральных веществ. В белом веществе мозга коллагена и эластина содержится значительно больше, чем в сером. Белковые вещества с липидами мозга образуют сложные соединения – липопротеиды.

Белковые вещества головного и спинного мозга из-за их небольшого содержания и плохой усвояемости (нейрокератин, коллаген) не имеют серьезного пищевого значения. Пищевая и промышленная ценность мозга в значительной мере определяется его липидным составом, и наличием органических фосфорных соединений.

Следует иметь в виду, что в большом количестве мозги плохо усваиваются организмом. При приеме в пищу только одних мозгов до 40% их количества проходит кишечник без усвоения. Головной и, в особенности, спинной мозг, обычно не употребляемый в пищу, может быть использован для получения препаратов (холестерина, лецитина и др.).

6 Кишечное, эндокринно-ферментное и кератинсодержащее сырье

6.1 Кишечное сырье

Натуральная кишечная оболочка по своим физико-химическим и биологическим свойствам близка к колбасному фаршу и поэтому она адекватно выдерживает все стадии технологической обработки. Одним из основных технологических преимуществ натуральных кишечных оболочек является высокая влаго- и дымопроницаемость, которые способствуют образованию у готовых изделий золотисто-коричневого цвета и обеспечивает получение приятного запаха и вкуса.

К кишечному сырью относят собственно кишечник, а также пищевод и мочевого пузырь. В состав комплекта взрослого крупного рогатого скота входят тонкие и толстые кишки, а также пищевод и мочевого пузырь.

Отдел тонких кишок

Отдел тонких кишок (*intestinum tenue*) состоит из двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишки. Стенка тонкого отдела кишечника построена из слизистой, подслизистой, мышечной и серозной оболочек.

Слизистая оболочка – бархатистая, покрыта мельчайшими ворсинками. Основу их составляет сетчатая (ретикулярная) соединительная ткань, пронизанная продольно идущими гладкими мышечными волокнами.

Мышечная оболочка состоит из двух слоев гладких мышц: внутреннего (кругового) и наружного (продольного).

В серозной оболочке различают ее основу и подсерозный слой.

Отдел толстых кишок

Отдел толстых кишок (*intestinum crassum*) состоит из слепой, ободочной и прямой кишок и заканчивается задним проходом – анусом.

Пищевод

Пищевод (*oesophagus*) представляет собой перепончатую мышечную трубку. Стенка пищевода состоит из трех слоев: наружной; средней (мышечной) и внутренней слизистой оболочек. Слизистая оболочка покрыта плоским эпителием и содержит маленькие железы.

Мочевой пузырь

Мочевой пузырь (*vesica urinaria*) имеет грушевидную форму. Он относится к системе органов мочевыводящих (накопление). В нем различают слизистую оболочку без желез, выстланную многослойным переходным эпителием: гладкую мышечную из трех слоев, серозную, покрывающую почти весь мочевой пузырь.

В слизистой оболочке тонких кишок вырабатываются ферменты, участвующие в процессе пищеварения, и, кроме того, энтеропептидаза, активизирующая трипсиноген и секретин – гормон, влияющий на отделение поджелудочного сока и желчи.

Слизистая оболочка кишечника вырабатывает следующие ферменты: дипептидазы, аминопептидазы и пролиназы, фосфатазу и ферменты, ускоряющие расщепление дисахаридов.

Кишечный сок двенадцатиперстной и следующей за ней тощей кишки представляет собой слабощелочную жидкость рН его 7,5. Слабощелочная реакция кишечного сока обусловлена присутствием бикарбоната. Сухой остаток составляет примерно 1 %. Ферменты кишечного сока ускоряют гидролиз продуктов распада белков и углеводов.

В толстом отделе кишечника процессы переваривания протекают слабо. В этом отделе всасывается вода и образуется кал. Он состоит не только из непереваренных, невсосавшихся остатков пищи, но и из продуктов обмена веществ. Кроме того, в нем содержится огромное количество разных бактерий – живых и мертвых. В толстых кишках происходит выделение минеральных солей, которыми обогащается слизь вырабатываемого ими сока. Ферментативная активность сока толстой кишки незначительна, поэтому пищеварение в толстой кишке почти не происходит.

Обработанное кишечное сырье используют в качестве оболочек для колбасных изделий, продуктов из свинины, говядины и других видов мяса.

В связи с большим содержанием в кишечном сырье протеолитических ферментов и остатков кормовой массы с большим содержанием гнилостной микрофлоры, уже через 2-3 ч после убоя животных заметно проявляются признаки его порчи. Поэтому содержимое кишок следует удалять не позднее чем через 30 мин после убоя животного.

Обработанное кишечное сырье используют в качестве оболочек при выработке колбасных изделий, продуктов из свинины, говядины и других видов мяса. Следует отметить, что бараньи и говяжьи черевы используют не только в колбасном производстве, но и являются сырьем для производства шовного хирургического материала, теннисных и музыкальных струн.

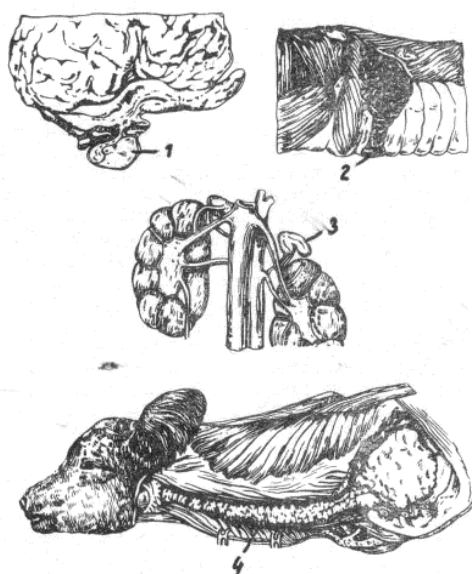
6.2 Эндокринно-ферментное сырье

К эндокринно-ферментному сырью относятся железы внутренней секреции, или эндокринные (греч. *endon* – внутри, *krino* – выделяю), лишённые выводных протоков и выделяющие свои секреты в кровь (рисунок 11.1).

При жизни животных некоторые органы и ткани способны накапливать и секретировать биологически активные вещества, которые выполняют важнейшие функции в поддержании жизнедеятельности. После убоя сельскохозяйственных животных из этих источников получают ферментно-эндокринное сырье, которое в дальнейшем идет на производство медицинских препаратов. Последние, в свою очередь, широко используются в теоретической науке, медицине, фармацевтической промышленности, сельском хозяйстве и при переработке пищевого сырья. По механизму действия, свойствам, физиологическому и лечебному эффекту эти вещества подразделяют на гормоны (гормональные препараты) и ферменты (ферментные препараты). Гормоны выделяют главным образом из эндокринных желез (желез внутренней секреции).

В настоящее время лишь немногие гормоны и ферменты можно получить синтетическим путем. Поэтому источником большинства гормонов и ферментов являются продукты убоя сельскохозяйственных животных.

У большинства гормонов нет видовой специфичности. Как правило, действие одноименных гормонов разных животных одинаково, поэтому гормоны животных одного вида приемлемы для животных другого вида (исключение составляет соматотропный гормон, получаемый из передней доли гипофиза).



1 – гипофиз; 2 – щитовидная железа; 3 – надпочечник; 4 – тимус
Рисунок 6.1 – Железы внутренней секреции

На производство гормональных и ферментативных препаратов направляют следующее сырье: эндокринное (гипофиз, парашитовидные железы, щитовидная, поджелудочная, половые железы, надпочечники), ферментативное (слизистая оболочка свиных желудков и сычугов крупного рогатого скота, молочных ягнят и телят и слизистая оболочка тонких кишок).

При сборе сырья и его обработке необходимо соблюдать все условия для того, чтобы максимально затормозить автолитические изменения и микробиальные процессы с целью сохранения всех активнордействующих веществ, находящихся в сырье при жизни животного.

После убоя животного в железах и тканях протекают интенсивные процессы автолиза. Происходит распад белковых структур. При этом вещества белковой природы теряют биологическую активность. Так, в поджелудочной железе имеется комплекс активных протеолитических ферментов. При автолизе поджелудочной железы происходит протеолиз белкового гормона инсулина и он быстро инактивируется. Кроме того, в ряде случаев продукты автолиза могут оказать неблагоприятное воздействие на организм, например, в задней доле гипофиза, вследствие автолиза, накапливаются такие вещества, присутствие которых в препаратах из задней доли гипофиза может оказать угнетающее действие на кровообращение. Продукты автолиза могут

уменьшать стойкость препарата при хранении и затруднять его очистку (например, инсулина).

Важнейшим условием правильной организации сбора эндокринно-ферментного сырья является быстрое извлечение его из туш животного, соблюдение условий, предотвращающих загрязнение и инфицирование. Общая продолжительность с момента извлечения до момента консервирования в среднем не должна превышать 1 ч (для поджелудочной и щитовидной желез – не более 30 мин; для слизистой оболочки желудков – не более 2 ч). Если эндокринно-ферментное сырье не используют для производства препаратов сразу же, то его необходимо быстро законсервировать: холодом (замораживают при температуре не выше $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), сушкой, сублимацией, а для ряда эндокринных желез – химическими реагентами (спиртом, ацетоном, поваренной солью).

Перерабатывать замороженное сырье также необходимо по возможности быстрее, так как при размораживании активность многих ферментных систем возрастает, что вызывает быструю инактивацию биологически активных веществ. При переработке эндокринно-ферментного сырья важно не только сохранить активность гормонов и ферментов, но и тщательно очистить их от примесей. Последнее особенно важно при производстве препаратов, вводимых под кожу, в мышцу или вену. Для очистки препаратов от примесей используют различные способы: адсорбционные, изоэлектрическое осаждение (при достижении рН, соответствующего изоэлектрической точке данного гормона или фермента, он целиком или почти целиком выпадает в осадок, тогда как белки, изоэлектрическая точка которых лежит при более низких или более высоких значениях рН, остаются в растворе), высаливание (гормон или фермент переводят из раствора в осадок, добавляя нейтральные соли; количество соли, необходимое для осаждения данного белка, постоянно и зависит от специфической природы белка и осаждающей соли). Если выделяемое активное вещество термостабильно, как, например, гормоны задней доли гипофиза, то балластные белки можно удалить кипячением.

Под каталитическим воздействием ферментов осуществляются процессы гидролиза, фосфолиза, переноса различных групп (метильных радикалов, остатков фосфорной кислоты и т.д.), окисление, восстановление и т.д. При посредстве ферментов реализуется влияние как внутренних, генетических, так и внешних, природных факторов на развитие организма. Незначительные различия в строении ферментов определяют видовые особенности организмов, а в нарушении биосинтеза некоторых из них лежат причины возникновения наследственных и других заболеваний.

Будучи выделены из клеток, ферменты не утрачивают способности выполнять каталитическую функцию. На этом основано их практическое применение в пищевой, легкой и фармацевтической промышленности. В связи с этим ткани животных, в которых активно синтезируются ферменты, имеют практическое значение в качестве источников для их получения. Определенный интерес представляют ткани низкой пищевой ценности, клетки которых синтезируют ферменты.

Традиционно с этой целью используют оболочки, богатые пищеварительными ферментами, которые в метаболизме животного организма выполняют функции гидролитического распада пищевых веществ: секрет слюнных желез – слюна (особое значение в функции которой принадлежит амилазе, а также лизоциму); желудочный сок, содержащий пепсин, ренин и липазу (первые два активируются соляной кислотой желудочного сока); секрет поджелудочной железы, желчь и кишечный сок, богатые трипсином, химотрипсином, липазой, амилазой, рибонуклеазой и др.

Пепсин, трипсин и химотрипсин выделяются железистыми клетками в виде неактивных предшественников – зимогенов: пепсиногена, трипсиногена и химотрипсиногена. Их активные центры блокированы фрагментами полипептидной цепи, после отщепления которых ферменты приобретают активность.

В группе протеолитических ферментных препаратов животного происхождения наибольший практический интерес представляют ферментные препараты, вырабатываемые из поджелудочной железы убойных животных, а также пепсин, вырабатываемый из слизистой оболочки сычугов крупного рогатого скота.

Поджелудочная железа содержит комплекс ферментов, около 50 % которых составляют трипсин и химотрипсин. Они выделены в кристаллическом виде и всесторонне изучены. Комплексный препарат ферментов поджелудочной железы называют панкреатином.

Отечественная промышленность вырабатывает достаточно широкий ассортимент ферментных препаратов для медицины, препаративной практики, пищевой и перерабатывающей промышленности.

Гормонами (от греч. «хормао» – побуждаю, возбуждаю, поощряю) называют группу химических соединений, вырабатываемых преимущественно железами внутренней секреции, неимеющими прямого пищевого значения и оказывающими регулирующее влияние на процессы обмена веществ и функционирование органов и тканей.

Они регулируют размножение, рост и развитие организма, влияют на дифференцирование тканей, формирование функций, на поддержание гомеостаза центральной нервной системы, участвуют в адаптационных реакциях на внешние раздражители (стресс) и т.д.

Гормоны взаимодействуют со специфическим для данного гормона рецептором (чаще всего это белки), вызывая ряд биохимических изменений в клетке. В зависимости от механизма взаимодействия гормонов с рецептором все гормоны можно разделить на две группы: гормоны, не проникающие в клетку и взаимодействующие с рецепторами на наружной стороне мембраны, и гормоны, проникающие внутрь клетки и взаимодействующие с рецепторами в цитоплазме клеток.

В клетке находятся специальные механизмы, которые прекращают действие гормонов, т.е. влияют на обратимое соединение гормон-рецептор. Разрушение гормонов происходит в печени.

Эндокринные заболевания возникают не только при гипер- или гипофункции желез, но также при интенсивном распаде гормонов или при нарушении функции рецепторов, без которых гормон не проявляет своего действия.

Гормоны интегрируют обмен веществ, регулируют соподчиненность и взаимосвязь разнообразных химических реакций в различных органах, тканях и организме в целом. В свою очередь, деятельность желез внутренней секреции, продуцирующих гормоны, контролируется центральной нервной системой.

Гормоны действуют в организме следующим образом: изменяют проницаемость мембран для определенных веществ, например глюкозы и аминокислот; регулируют активность отдельных ферментов путем аллостерического воздействия; регулируют синтез ферментов, действуя на генетический аппарат клетки; влияют на образование белковой части ферментов (или на распад ферментов) и образование коферментов.

По химической природе гормоны млекопитающих можно разделить на три большие группы: белки и полипептиды; стероиды; прочие гормоны, в том числе амины, образующиеся в ходе метаболизма из аминокислот.

Гипофиз (hypophysis), или мозговой придаток, - небольшая железа, круглой формы, серовато-красноватого цвета, покрыта плотной фиброзной оболочкой. Помещается она в ямке клиновидной кости на основании промежуточного мозга. На продольном срезе гипофиза различают железистую – переднюю, промежуточную и нервную – заднюю доли.

Передняя доля построена из тяжелой железистой эпителиальных клеток разделенных прослойками соединительной ткани, богатой кровеносными сосудами. Она выделяет до 12 гормонов. Промежуточная доля образована плотными клеточными тяжами эпителиальных клеток. Задняя доля состоит из нейроглиальной ткани, среди волокон которой расположены отдельные звездчатые и веретенообразные клетки нервной ткани и нервные волокна.

Гипофиз используют для получения ряда препаратов. Наиболее важна передняя доля гипофиза для выработки адренокортикотропного гормона (АКТГ). Содержание АКТГ в гипофизах животных различных видов неодинаково. В большом количестве он содержится в гипофизе свиней, меньше – в гипофизах мелкого и крупного рогатого скота и лошадей. Препараты АКТГ применяют для лечения ревматоидных заболеваний, бронхиальной астмы, некоторых болезней крови и кожного покрова.

Из передней доли гипофиза получают также лактогенный гормон пролактин, применяемый для стимуляции лактации при недостатке молока у кормящих матерей.

Из средней доли гипофиза получают гормон интермедин, который используют для лечения глазных болезней. Часто сырьем для этого препарата служит остаток измельченных гипофизов после извлечения АКТГ и пролактина.

Из задней доли гипофиза убойных животных получают препарат питуитрин – очищенный экстракт, активным началом которого являются окси-

тоцин и вазопрессин. Питуитрин в качестве компонента входит в препарат мамофизин, который используют в акушерской практике.

Щитовидная железа (gl. thyreoidéa) состоит из двух долей (у свиней не разделена на доли), расположена на передней и боковых наружных поверхностях первых 2-3 колец трахеи, ее гормон – тироксин.

Поверхность железы покрыта соединительной капсулой. Построена она из пузырьков – фолликулов (диаметр 0,02-0,6 мм).

У лошадей и крупного рогатого скота имеются добавочные щитовидные железы. Они лежат у краниального (переднего) конца главной железы, у мелкого рогатого скота могут встречаться на всем протяжении трахеи.

Щитовидную железу используют для производства тиреоидина. Его получают из высушенных и обезжиренных желез убойных животных. Применяют при лечении заболеваний, связанных с гипофункцией щитовидной железы.

Околощитовидные железы (gl. parathyreoidea) – две пары – маленькие образования (не более 0,3-0,5 см) овальной или округлой формы, расположенные около щитовидной железы (иногда на самой железе под капсулой). Эти железы называют еще эпителиальными тельцами. Они регулируют кальциевый обмен веществ.

Паращитовидные железы служат сырьем для производства гормонального препарата паратиреоидина (паратиреокрин). Это водный раствор гормональных веществ, полученных при гидролизе паращитовидных желез крупного рогатого скота, очищенный путем осаждения активной фракции в изоэлектрической точке. Препарат применяют при различных формах тетании (судорожные припадки), астме и других заболеваниях.

Надпочечная железа (gl. suprarenalis) – небольшая парная железа, овальной или бобовидной формы, она связана с почками кровеносными сосудами. В надпочечнике два слоя: корковый (по периферии) и мозговой (в центре).

Гормоны коры надпочечника участвуют в регуляции водносолевого обмена.

У крупного рогатого скота надпочечники красно-коричневой окраски. Правый из них сердцевидной формы, левый – бобовидной, размер 4-6 см, масса 13-14 г. У мелкого рогатого скота надпочечники напоминают фасоль – размер 2-2,4 см, масса 1,4 г. У лошади надпочечники красно-коричневые, удлинённой формы, с бороздами, размер 5-8 см, масса 3-6 г.

Из надпочечников получают препараты адреналина. Гормон экстрагируют подкисленным спиртом из измельченных тканей железы и препарат очищают от примесей. Адреналин легко окисляется в водных растворах при pH выше 5,0. Раствор при этом приобретает красный цвет. Окисление усиливается под влиянием солнечных лучей, поэтому при изъятии, очистке и хранении надпочечников необходимо избегать действия солнечных лучей, порезов и других нарушений целостности органа, чтобы не произошло окисления адреналина кислородом воздуха. Его применяют при понижении кровяного давления, кровотечениях и других заболеваниях.

Из коркового слоя надпочечников убойных животных экстракцией органическими растворителями получают препарат кортин – смесь гормонов. Препараты кортина применяют при бронзовой болезни, заболеваниях глаз, кожи и др.

Поджелудочная железа (pancreas) по строению сложная, альвеолярная, состоит из двух в функциональном отношении разных тканей: экзокринной (выделяющей поджелудочный сок) и эндокринной (продуцирующей гормоны – глюкагон и инсулин).

Внешнесекреторная часть железы наиболее сильно развита и обуславливает внешний вид ее. Она построена из альвеол, их выводных протоков и имеет дольчатое строение. Внутрисекреторная или островковая часть железы состоит из мелких эпителиальных клеток, образующих островки между альвеолами, которые являются ее эндокринной частью. Железа лежит в брыжейке двенадцатиперстной кишки. Разделяется она на правую, левую и среднюю доли, неодинаково развитые у разных животных. У крупного рогатого скота железа весит 350-500 г, у овец – 50-70 г, у свиней – 110-150 г, у лошади – 250-350 г.

Из поджелудочной железы получают гормональные и ферментативные препараты. Для этого используют размельченную поджелудочную железу. Содержание инсулина и его выход при переработке зависит от вида и возраста животного, времени года. Наибольшее количество инсулина получают из поджелудочной железы свиней. Инсулин – гормон белковой природы. В поджелудочной железе имеется целый комплекс активных протеолитических ферментов, которые быстро разрушают гормон. Чтобы предотвратить автолитический распад инсулина, поджелудочную железу перерабатывают в свежем виде или замороженном при низких температурах. Инсулин экстрагируют подкисленным спиртом, что также тормозит действие протеолитических ферментов поджелудочной железы.

Из поджелудочной железы получают и ферментные препараты: медицинский панкреатин, применяемый при нарушении секреторной деятельности желудочно-кишечного тракта, и технический панкреатин, используемый в кожевенной промышленности в качестве мягчителя кож. Для промышленного изготовления ферментных препаратов можно использовать остаток ткани поджелудочной железы после извлечения из нее гормонов, а также поджелудочные железы, подвергшиеся автолизу и потому непригодные для производства инсулина.

Зобная или вилочковая, железа (thymus) развита у плодов и молодых животных. Она состоит из непарного грудного отдела, лежащего впереди сердца, и парного шейного отдела, проходящего в виде выростов по бокам трахеи, достигая гортани. С возрастом железа начинает рассасываться, а затем исчезает. По строению она сходна с лимфатическим узлом, является железой роста внутренней секреции и одновременно лимфоидным органом, регулирует обмен кальция. Тимус у свиньи исчезает к 2-3 годам; у крупного рогатого скота – к 6 годам, у овец – к 2 годам, у лошадей – к 2-2,5 годам.

Половые железы служит сырьем для выработки препаратов, используемых в качестве лечебных средств при заболеваниях, связанных с недостаточной функцией яичников и семенников. Препараты мужских половых гормонов получают из семенников половозрелого крупного и мелкого рогатого скота. Выделение эстрогенов (женских половых гормонов) из тканей желез затруднено, но половые гормоны обнаруживаются не только в половых железах, но и в некоторых других тканях и особенно в жидкостях организма (моче, крови, желчи). Поэтому их получают из мочи. Наибольшее содержание эстрогенов обнаруживают в моче к концу беременности, в связи с чем для промышленного получения препаратов эстрогенов используют мочу беременных кобыл. Препараты прогестерона получают из желтого тела самок всех видов убойных животных. Применяют для поддержания беременности.

Слизистая оболочка свиных желудков и сычугов крупного рогатого скота является сырьем для производства пищевого и медицинского пепсина и желудочного сока.

Из слизистой желудка (сычугов жвачных) молодых животных выделяют сычужный фермент – ренин или химозин. При промышленном получении препарата пепсина измельченную ткань слизистой оболочки желудка автолизуют в присутствии соляной кислоты при 42° С.

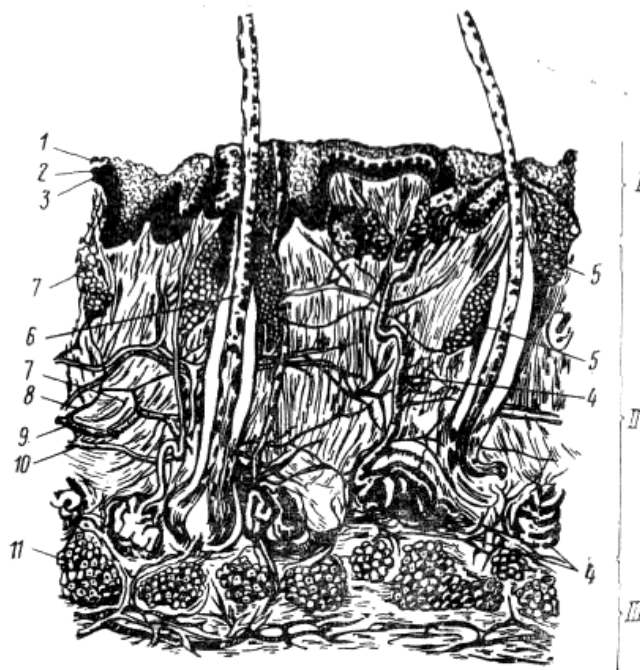
В процессе автолиза под действием пепсина ткань слизистой оболочки растворяется и пепсин переходит в раствор. Перешедший в раствор пепсин выделяют методом высаливания, отделяют от продуктов распада белков и высушивают.

Пищевой пепсин применяют для свертывания молока при изготовлении сыров. Медицинский пепсин применяют как лечебный препарат при нарушении нормального выделения желудочного сока. Препарат ренин катализирует свертывание молока и используется в сыроделии.

6.3 Кератинсодержащее сырье, шкуры животных

Кожный покров (*integumentum commune*), или кожа (шкура), - наружная оболочка тела животного, покрытая у млекопитающих волосом, у птиц – перьями. В нем различают, помимо собственно кожи, ряд производных, к которым относят: волос, перья, мякиши, роговые наконечники пальцев (когти, копытца, копыта), рога.

В кожном покрове различают три пласта различного строения и происхождения: эпидермис (*epidermis*) – наружный пласт; основу кожи – средний пласт, или дерму (*corium, s. derma*), и подкожный слой – подкожной клетчатки (рисунок 6.2).



I – надкожица, или эпидермис; II – основа кожи, или собственно кожа; III – подкожный слой; 1 – роговой слой; 2 – зернистый слой; 3 – производящий слой; 4 – потовые железы; 5 – сальные железы; 6 – волос; 7 – пучки коллагеновых волокон и сеть эластических волокон; 8 – нервные волокна; 9 – венозные кровеносные сосуды; 10 – артериальные кровеносные сосуды; 11 – жировые клетки

Рисунок 6.2 – Схема строения шкуры

Дерма представляет собой основную толщу шкуры, из которой после освобождения от эпидермиса, волоса и подкожной клетчатки на кожевенных предприятиях получают выделанную кожу.

Дерма является плотной соединительной тканью в которой крепкие пучки коллагеновых волокон переплетаются (рисунок 6.3). Прочность кожи обусловлена именно этим слоем.



Рисунок 6.3 – Схема переплетения пучков коллагена в дерме

Подкожный слой также является соединительным образованием, типичной рыхлой соединительной тканью, вследствие чего он мягок, легко подвижен и служит для связи дермы с глубже лежащими частями тела.

Эпидермис является самым поверхностным слоем кожного покрова. Он построен из эпителиальной ткани и состоит из многих слоев клеток, из которых верхние ороговели, а внутренние сохранили протоплазматическую природу. У животных эпидермис большей частью пигментирован, пигмент содержится в нижнем производящем слое. Различная окраска кожи зависит от различного распределения в клетках одного и того же пигмента меланина, биосинтез которого протекает путем окисления тирозина и триптофана.

Для эпидермиса характерно ороговение. Оно связано с омертвением клеток и периодической сменой ороговевшего слоя новым роговым слоем, образующимся из клеток глубинных слоев, поднимающихся на поверхность. Для правильного развития процесса ороговения необходим витамин А.

В процессе ороговения клеток образуется кератин (греч. *keras* – рог), который сообщает клеткам большую твердость, увеличивающуюся по мере его накопления. В состав рогового слоя входят жирные вещества; рН рогового слоя 4,5-5,0; при такой реакции среды микробы не размножаются. В нижележащих слоях эпителия рН изменяется в щелочную сторону и, наконец, в самом нижнем прилегающем к дерме, он становится слабощелочным – 7,2-7,4, т.е. таким же, как и в самой соединительной ткани. После убоя животного вследствие автолиза соединительного слоя кожи наблюдается изменение величины рН, постоянно достигающей 5,6.

Кератины являются белками, относящимися к группе склеропротеинов. Они входят в состав рогового слоя эпидермиса и всех эпидермальных образований (рогов, копыт, шерсти, волос, пера, пуха и др.) и являются структурными белками этих образований.

Кератины различного происхождения отличаются по аминокислотному составу (таблица 6.1), но в основном они содержат значительное по сравнению с другими белками количество аминокислот, в состав которых входит сера. Кератины характеризуются высоким содержанием серы (2-5,6 %).

Таблица 6.1 - Аминокислотный состав кератинсодержащего сырья

Аминокислота	Содержание (в % от массы безводного и беззольного белка) в кератине		
	щетины	шерсти	пера
1	2	3	4
Аланин	-	4,1	5,4
Глицин	-	6,5	7,2
Валин	5,9	4,6	8,3
Лейцин	8,3	11,3	8,0
Изолейцин	4,7		6,0
Пролин	9,6	9,5	8,8

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
Фенилаланин	2,7	3,7	5,2
Тирозин	3,5	4,7	2,2
Триптофан	-	1,8	0,7
Серин	7,6	10,0	10,2
Треонин	6,3	6,4	4,4
Цистин	14,4	11,9	8,2
Метионин	0,5	0,7	0,5
Аргинин	10,9	10,4	7,5
Гистидин	1,1	1,1	0,4
Лизин	3,8	2,8	1,3
Аспарагиновая кислота	8,0	7,2	7,0
Глутаминовая кислота	17,9	14,1	9,7

Кератин не растворяется в холодной и горячей воде и отличается высокой устойчивостью к различным реактивам и внешним воздействиям (изменениям температуры, свету и др.); он не растворяется в растворах солей, спирте, эфире, разведенных кислотах. При действии щелочей кератин гидролизуются и в раствор переходят образовавшиеся продукты распада кератина. При этом отщепляется значительная часть серы, входящей в молекулу кератина. Кератин не расщепляется ферментами желудочно-кишечного тракта.

Высокая устойчивость кератина к химическим реагентам, ферментам и внешним воздействиям обусловлена большим числом поперечных дисульфидных связей (-S-S-) между его пептидными цепями. Гидролиз, восстановление или окисление кератина приводят к образованию растворимого продукта, расщепляющегося протеолитическими ферментами, вследствие разрыва поперечных дисульфидных связей кератина.

Хотя кератины являются устойчивыми белками и не подвергаются такой быстрой порче, как белки мяса и крови, но все же их устойчивость ограничена. Вследствие наличия крови, эпидермиса, особенно его нижних слоев, клетки которых сохранили протоплазматическую природу, а также повышенной влажности и температуры могут развиваться микробиологические процессы, в результате которых образуются продукты гнилостного распада.

Из кератинсодержащего сырья получают пенообразователь, аминокислоты, кератиновый клей.

Пенообразователь применяют для тушения огня. Его получают методом неглубокого щелочного гидролиза.

В связи с тем, что аминокислотный состав кератина отличается полным набором и большим процентным содержанием незаменимых аминокислот, кератин используют для получения чистых аминокислот.

Часть 3 Автолитические изменения животных тканей

1 Понятие автолиза

После убоя животного, в организме развивается комплекс посмертных изменений.

Состав и свойства отмирающих тканей не остаются неизменными. Общее направление их изменений может быть охарактеризовано как распад биологических систем, образующих живые ткани. Исходная причина этого распада – дезорганизация обмена веществ в тканях в результате прекращения поступления кислорода и приостановки процессов синтеза и выработки энергии. Вследствие этого обратимые прижизненные химические процессы становятся необратимыми, а деятельность тканевых ферментов приобретает разрушительный характер. Начинается самораспад, или автолиз тканей.

В результате развития автолиза мясо приобретает нежную консистенцию и сочность, хорошо выраженный специфический аромат и вкус. Такое мясо хорошо переваривается и усваивается.

В России первые обширные исследования в области созревания мяса, создание теории созревания, обоснование практического значения этого вопроса принадлежат И.А. Смородинцеву.

По данным И.А. Смородинцева созревание мяса обусловлено деятельностью ферментов самого мяса, т.е. является автолитическим процессом.

Таким образом **автолиз** (греч. – саморастворение) – распад тканей, при котором происходит деструкция клеточных белков, углеводов и жиров под действием собственных ферментов клеток.

Происходящие в мясе в послеубойный период биохимические процессы можно разделить на две основные группы: к первой относятся изменения белковых веществ, обуславливающие изменение консистенции (нежности) мяса. Вторую группу процессов составляют изменения экстрактивных веществ, вызывающие образование и накопление продуктов, сообщающих мясу определённый вкус и аромат. Эти две группы процессов взаимосвязаны.

Некоторые органические экстрактивные и минеральные вещества оказывают определённое влияние на механические свойства белков мяса. Одновременно изменения экстрактивных веществ связаны не только с распадом углеводов мяса, но и с появлением и накоплением продуктов распада белков- свободных аминокислот и прочих.

В результате выдержки в течение определённого времени при низких положительных температурах мясо приходит в состояние зрелости, которое характеризуется более высокими пищевыми достоинствами.

Посмертные изменения имеют важное практическое значение и оказывают большое влияние на пищевую ценность мяса. К их числу относятся: изменение жесткости мяса, его водосвязывающей способности, аромата и вкуса, устойчивости к действию пищеварительных ферментов, способности

противостоять деятельности гнилостной микрофлоры. Уровень развития автолитических процессов определяет целесообразность использования мяса в том или ином направлении (промышленная переработка, реализация, хранение).

Посмертные изменения мышечной ткани (мяса) автолитического происхождения однотипны для всех теплокровных животных и птиц, с некоторыми отличиями в деталях и скорости течения. Однако технологическое значение автолитических изменений больше для мяса животных и меньше для мяса птиц.

Некоторое влияние на ход, скорость и глубину автолитических изменений мяса оказывает состояние животных перед убоем (упитанность, усталость, заболевания и пр.) и условия развития автолитических процессов (в первую очередь температура).

Развитие автолитических процессов в мышечной ткани происходит в определенной последовательности в соответствии с основными этапами автолиза: парное мясо → посмертное окоченение → разрешение посмертного окоченения и созревание (глубокий автолиз).

Качественные показатели мяса при этом существенно отличаются.

1.1 Посмертное окоченение

Мясо в парном состоянии – это мясо непосредственно после убоя и разделки (до 0,5 ч для мяса птицы и 2–4 ч для говядины). В таком мясе мышечная ткань расслаблена, реакция среды 6,8-7,0. Мясо характеризуется мягкой консистенцией, сравнительно небольшой механической прочностью, высокой влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью. Однако вкус и аромат такого мяса выражены недостаточно. Примерно через 3 ч после убоя начинается развитие посмертного окоченения – *rigor mortis*, развивающееся с мышц шеи. По мере развития этого процесса мясо теряет свою эластичность и становится жестким, трудно поддается механической обработке (обвалке, резанию, жиловке). Такое мясо сохраняет повышенную жесткость и после варки. Максимум изменения прочных свойств мяса совпадает с максимальным окоченением. В процессе окоченения резко уменьшается его влагосвязывающая способность, достигая максимума к моменту наиболее полного развития окоченения.

Аромат и вкус мяса в состоянии окоченения плохо выражены. Реакция мышц, близкая при жизни животного к нейтральной (рН 7,2 -7,3), становится кислой (рН 5,5 - 5,6), вследствие накопления молочной кислоты. Посмертное окоченение при более низком рН в мышце быстрее наступает и скорее прекращается. В мышцах, богатых плазмой, окоченение проявляется резче.

Скорость наступления и завершения посмертного окоченения в мышцах связана с температурой. Так, например, для крупного рогатого скота при температуре близкой к нулю, окоченение наступает через 18 - 24ч, свиней 16-18 ч, кур 4-5 ч, индеек через 8 ч. Окоченение вдвое быстрее развивается при 15-18 °С, а при 37 -38 °С - в четыре раза.

При быстром охлаждении развитие окоченения задерживается и оно менее глубоко. То же наблюдается в мясе больных животных. Быстрее развивается окоченение в мышце молодых животных, чем старых, медленнее в мышцах упитанных животных. Оно выражается наиболее ярко в скелетных мышцах, менее в сердечных и почти незаметно в гладких.

Механизм сокращения мышечных волокон в период окоченения сходен с механизмом их сокращения при жизни, однако имеются и существенные различия. Вместо организованного и регулируемого сокращения группы волокон под влиянием нервного импульса они беспорядочно сокращаются по всему объему мышц. Процесс протекает не синхронно, отдельные волокна находятся в разной стадии сокращения. Неравномерность перехода в сокращенное состояние обнаруживается даже по длине одного и того же волокна – одна часть его может быть расслаблена, тогда как другая – сокращена. В структуре волокон развивается большое напряжение. Число сокращенных волокон нарастает и достигает максимума в момент наиболее интенсивного посмертного окоченения.

В зависимости от характера и степени выраженности деформации мышечных волокон, а также степени их сокращения, в развитии посмертного окоченения различают три этапа.

Первый этап, начинающийся через 3 – 6 часов после убоя, характеризуется начальной степенью развития посмертного окоченения, деформация в мышцах проявляется зигзагообразной складчатостью волокон, большинство из которых находится еще в расслабленном состоянии.

Второй этап, начинается через 6 – 12 часов после убоя, характеризуется средней степенью развития посмертного окоченения. В этот период наряду с сохранившейся местами зигзагообразной волнистостью отмечается появление в отдельных мышечных волокнах значительных дугообразных и S – образных изгибов и различного рода выпячиваний. Встречается много сокращенных волокон, отличающихся прямолинейным расположением и сближенной поперечной исчерченностью.

Третий этап, начинающийся через 12 – 24 часа после убоя, характеризуется сильной степенью развития посмертного окоченения, в этот период происходит постепенное выпрямление мышечных волокон. При максимальном развитии посмертного окоченения сокращено наибольшее количество волокон, однако встречаются отдельные волокна еще не полностью сократившиеся, или находящиеся уже в стадии расслабления.

В целом поперечная исчерченность большинства мышечных волокон в это время сильно сближена и выявляется плохо. Мышечные волокна раздвинуты и между ними обнаруживаются небольшие пространства. В связи с этим хорошо выявляются границы волокон, ядра которых овальной формы с хорошо выраженной структурой хроматина.

Замечено, что степень изменения прочностных свойств мяса при окоченении бывает более высокой при хранении мясных полутуш в не подвешенном состоянии, т. е. когда отсутствует влияние собственной массы туши.

Такие кулинарные показатели мяса, как нежность, сочность, вкус, аромат и усвояемость, еще не достигают своей оптимальной величины и являются при дальнейшем развитии автолитических процессов.

Во время развития окоченения развариваемость коллагена (его переход в глютин) при нагреве снижается, достигая минимума к моменту его наибольшего развития, и затем снова увеличивается. Такое мясо плохо переваривается пепсином и почти лишено присущих ему в варёном состоянии аромата и вкуса.

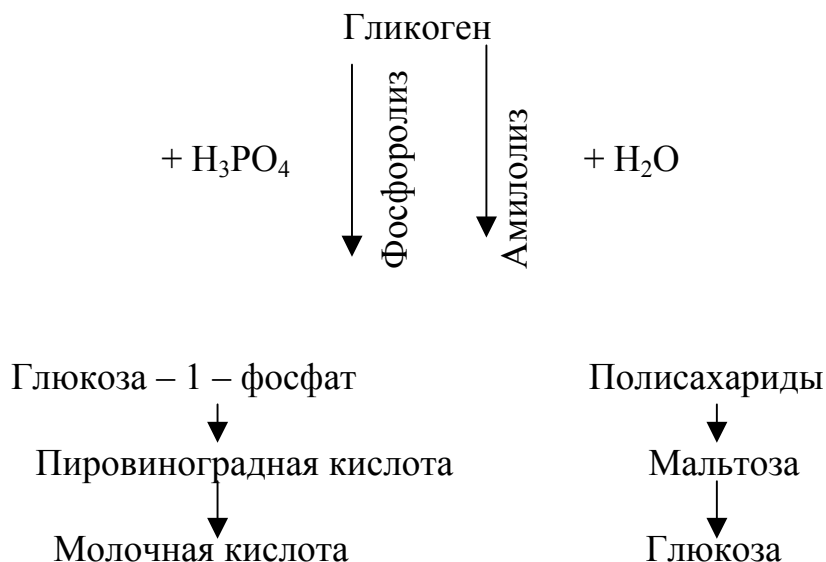
Посмертное окоченение мышц обусловлено развитием сложных биохимических процессов:

- 1) распад гликогена;
- 2) распад креатинфосфорной кислоты (КФ) и АТФ;
- 3) ассоциация актина и миозина в актомиозиновый комплекс;
- 4) изменение гидратации мышц.

Некоторые из этих процессов являются непосредственной причиной наступления окоченения, другие оказывают на него косвенное влияние.

1.1.1 Гликолиз.

В связи с отсутствием поступления кислорода в организм, ресинтез гликогена в мясе после убоя идти не может, и начинается его анаэробный распад. Он протекает по пути **фосфоролиза** и **амилолиза** с образованием молочной кислоты и глюкозы по такой сокращенной схеме:



Распад гликогена происходит путем фосфорилирования с участием АТФ. Гликоген через ряд промежуточных реакций превращается в молочную кислоту, которая накапливается в мышечной ткани (рисунок 1.1).

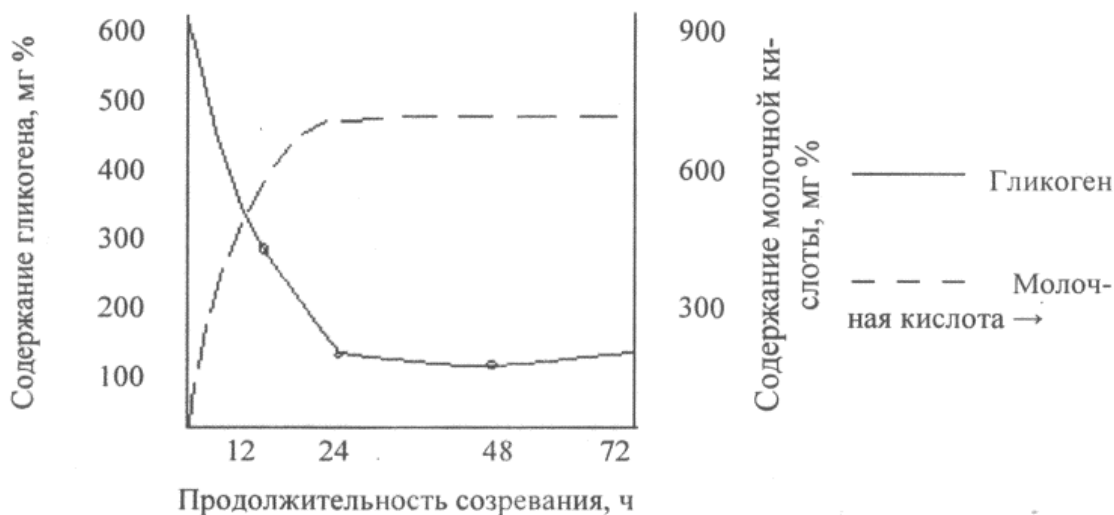


Рисунок 1.1 Изменение содержания гликогена и молочной кислоты при созревании мяса

В изменении количества молочной кислоты отмечены три периода: сравнительно медленный рост в самом начале автолиза, быстрый рост в период развития окоченения и некоторое снижение ее количества по мере разрешения окоченения. Первый очень непродолжительный период медленного накопления обусловлен наличием в мышцах оксимиоглобина, кислород которого способен окислять пировиноградную кислоту (см. схему) до конечных продуктов: H_2O и CO_2 . Его длительность и влияние на дальнейшее накопление молочной кислоты связаны с содержанием миоглобина в мышцах. В мышцах с более светлой окраской образуется больше молочной кислоты и меньше редуцирующих сахаров, чем в мышцах с более темной окраской, содержащих больше миоглобина. Вследствие этого, например рН среды в мышцах быка имеет большую величину, чем в мышцах коровы. В темных мышцах свиней (широчайший мускул спины) гликолиз протекает с такой же скоростью, как и у крупного рогатого скота, тогда как в светлых (длиннейшая мышца спины, полуперепончатая, глубокая грудная) скорость гликолиза очень высока и конечная рН достигается значительно раньше.

Одновременно из промежуточных фосфорных соединений освобождается и накапливается фосфорная кислота. Изменения содержания гликогена, глюкозы, молочной и фосфорной кислот, происходящее в процессе созревания мяса, характеризуются данными таблицы 12.1.

Таблица 1.1 - Динамика изменения рН, содержания углеводов фракций и неорганического фосфора в мышечной ткани говядины

Продолжительность хранения, ч	рН мышечной ткани	Содержание, мг %			
		гликогена в пересчете на глюкозу	ГЛЮКОЗЫ	МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ	неорганического фосфора
1	2	³	4	5	6
1	6,21	325	89	358	229
12	5,94	257	95	667	246

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
24	5,56	152	113	777	242
48	5,68	102	123	769	242
72	5,82	105	115	742	299
120	5,68	68	123	735	298
240	5,75	84	138	723	284

Большое значение имеет количество гликогена в мышцах перед убоем животного, которое может колебаться в пределах от 250 до 1000 мг % и более. Соответственно этому меняется и содержание молочной и ортофосфорной кислот в мышцах к моменту полного развития окоченения, а отсюда и величина рН. В результате накопления в мясе молочной и фосфорной кислот в среде увеличивается концентрация ионов водорода, вследствие чего к 24 ч рН снижается до 5,6 и ниже. В мышцах здоровых отдохнувших животных она лежит в пределах 5,5-5,7, в мышцах утомленных или истощенных (в том числе болезнью) животных - 6,2-6,8. По этой причине рН мышечной ткани плохо откормленных животных выше, чем упитанных.

Физические нагрузки на мышцы приводят к увеличению запаса мышечного гликогена. Поэтому при убое животных пастбищного содержания получают мясо с более низкой конечной величиной рН, чем при убое животных стойлового содержания, а следовательно, такое мясо более устойчиво при хранении.

В мышцах мелкого рогатого скота распад гликогена протекает несколько медленнее, чем в мышцах крупного рогатого скота, а величина рН несколько выше. В мышцах птицы, наоборот, распад гликогена протекает быстрее: в мясе молодых кур минимальная величина рН 5,8-5,9 достигается через несколько ч.

Молочная кислота играет существенную роль в процессе созревания мяса и для ее образования необходимым условием является достаточное содержание гликогена.

Роль кислот при созревании мяса заключается в том, что вследствие более кислой реакции среды создаются неблагоприятные условия для развития микроорганизмов и изменяется физико-химическое состояние белков. Поэтому от утомленных, больных или возбужденных перед убоем животных, содержащих в мышечной ткани мало гликогена, получается мясо нестойкое при хранении, рН такого мяса через сутки после убоя больше 6,0.

После убоя животных в мясе скорость гликолиза можно регулировать. Например, введение хлорида натрия в парное мясо подавляет процесс, применение электростимуляции – ускоряет.

Это широко применяется в практике производства мясопродуктов.

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

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

Накопление молочной кислоты приводит к смещению рН мяса в кислую сторону от 7,2-7,4 до 5,4-5,8, в результате чего:

1) увеличивается устойчивость мяса к действию гнилостных микроорганизмов;

2) снижается растворимость мышечных белков (их изоэлектрическая точка при рН 4,7–5,4), уровень их гидротации, водосвязывающей способности;

3) происходит набухание коллагена соединительной ткани;

4) повышается активность катепсинов (оптимум рН 5,3), вызывающих гидролиз белков на более поздних стадиях автолиза;

5) разрушается бикарбонатная система мышечной ткани с выделением углекислого газа;

6) создаются условия для интенсификации реакций цветообразования вследствие перехода в миоглобине двухвалентного железа в трехвалентное;

7) формируются предшественники вкуса и аромата мяса;

8) активизируется процесс окисления липидов.

Амилолиз гликогена. Наряду с развитием гликолиза установлен также амилолитический распад гликогена в мышечной ткани. Амилолизу подвергается ~ 0,1 части гликогена. На первых стадиях автолиза мышц параллельно с распадом гликогена и накоплением молочной кислоты наблюдается лишь незначительное образование мальтозы, глюкозы и несбраживаемых полисахаридов. На более глубоких стадиях окоченения, после 24 ч. хранения мяса, дальнейший распад гликогена обусловлен в основном амилолизом.

1.1.2 Распад АТФ и креатинфосфата (КФ).

Распад АТФ и КФ играет важную роль в автолитических процессах, происходящих в мясе. Под влиянием миозиновой аденазинтрифосфотазы АТФ гидролизуется с образованием АДФ и свободного неорганического фосфата Р, а освобождающаяся химическая энергия превращается в механическую энергию мышечного сокращения. В разных мышцах животного содержится неодинаковое количество КФ. В наибольшем количестве он содер-

жится в мышцах, выполняющих при жизни животного большую физическую работу. Сразу после убоя до появления первых признаков окоченения происходит распад КФ.

Учитывая значение АТФ в развитии гликолиза и при сокращении мускулов, установлено, что скорость развития окоченения зависит от количества АТФ, содержащейся в мускулах. АТФ непрерывно синтезируется в процессе гликолиза в количестве 1,5 моля на каждый моль образующейся молочной кислоты. Однако этот синтез в некоторой степени уравнивается расщеплением АТФ миозином. Поэтому при наличии в тканях резервов гликогена не может произойти полный распад АТФ, и мускул не переходит в состояние полного окоченения. При высоком содержании гликогена в мышцах распад АТФ задерживается из-за большой продолжительности гликолитического цикла, поэтому развитие процесса окоченения задерживается.

1.1.3 Образование актомиозинового комплекса.

После прекращения жизни животного происходит резкое уменьшение количества экстрагируемого миозина в течение первых суток хранения мяса. Непосредственно после убоя при достаточно высоком содержании АТФ актин находится в глобулярной форме и не связан с миозином. При этом волокна мышечной ткани расслаблены, сократительные белки обладают высокой степенью гидратации, что объясняется большим количеством свободных гидрофильных центров в их структуре. Процесс образования актомиозина в результате взаимодействия актина с миозином сопровождается снижением числа гидрофильных центров в их молекулах в результате взаимной блокировки активных групп белков. Это обуславливает снижение водосвязывающей способности мышечной ткани соответственно снижению реактивности гидрофильных кислых и основных групп в белках мышц.

При развитии окоченения начинается укорочение микрофибрилл в результате втягивания нитей актина между нитями миозина. Образуется комплекс актомиозин и происходит дальнейшее сокращение миофибрилл. Развитие посмертного окоченения сопровождается изменением микрофибрилл - уменьшением длины и увеличением толщины саркомеров. Уменьшение длины саркомеров происходит в результате снижения длины g-дисков и А-дисков. Реактивность SH- и дисульфидных групп снижается до минимума при максимальном развитии окоченения. Отдельные волокна мышечной ткани неравномерно переходят в состояние посмертного окоченения, что обусловлено различной локализацией ферментов.

1.1.4 Изменение гидратации мышц.

После убоя мышцы находятся в состоянии очень глубокой гидратации. В процессе развития посмертного окоченения происходит сильное падение водосвязывающей способности мышечной ткани. Изменения гидратации мяса определяют направленность его переработки и оказывают влияние на его жёсткость. Мясо с минимальной степенью гидратации обладает наибольшей жёсткостью. В окоченевшем состоянии содержание в мясе прочно удерживаемой воды уменьшается с 90 до 72-75 % к общей влаге мяса.

Если способность парного мяса поглощать воду принять за единицу, то изменения характеризуются следующими цифрами.

Время после убоя животного, ч	2	24	48	144
Изменение влагопоглощаемости	1,0	0,74	0,78	0,87

Минимум гидротации белков мышечной ткани отмечается примерно к 20-24 ч после прекращения жизни животного. Водосвязывающая способность мяса после разрешения окоченения продолжается очень медленно, увеличивается в течение всего срока его хранения при плюсовых температурах. Но она не достигает первоначального уровня парного мяса, а максимум доходит до 85-87 % этого уровня.

Снижение водосвязывающей способности мышечной ткани в течение первых суток после убоя обусловлено снижением рН и образованием актомиозина. Оно вызывает снижение выхода при тепловой обработке мяса и изделий из него. Это является одним из важнейших практических последствий окоченения.

Различные мускулы к.р.с. отличаются по содержанию гликогена, АТФ, КФ, по начальной и конечной величинам рН. Это обуславливает различие в продолжении периода развития окоченения и зависит от различных функций мускулов в организме животного. Вместе с тем направленность биохимических процессов одинаковая при окоченении мускулов различных видов животных. Однако развитие процесса окоченения и сопутствующие ему биохимические изменения несколько отличаются в мясе различных видов животных.

Посмертное окоченение непосредственно включается в процесс созревания мяса.

1.2 Созревание мяса

Процесс созревания мяса – это совокупность изменений его свойств, обусловленных развитием автолиза, в результате которых мясо приобретает хорошо выраженный аромат и вкус, становится мягким и сочным, более влажным и более доступным действию пищеварительных ферментов в сравнении с мясом в состоянии посмертного окоченения.

Практически для говядины при 0 °С максимум окоченения достигается к 24-28 ч.

По истечении этого времени начинается **разрешение окоченения**: мускулатура расслабляется, уменьшаются прочностные свойства мяса, увеличивается его влагосвязывающая способность.

В процессе разрешения окоченения наблюдается удлинение саркомеров вследствие увеличения длины изотропных дисков. Саркомеры миофибрилл удлиняются до первоначальной величины и более, при одновременном уменьшении в диаметре.

В этот период ослабляются агрегационные взаимодействия белковых макромолекул.

Большинство мышечных волокон в этот период расслаблено. Причина и механизм этого явления еще недостаточно ясны. Очевидно, это связано с ослаблением поперечных связей между актином и миозином с последующей ассоциацией комплекса. Полной диссоциации комплекса не происходит, однако частичного распада актин – миозин достаточно, чтобы волокна растянулись.

В производственных условиях этот процесс обычно происходит при выдерживании говяжьих туш в остывочных камерах при температуре 2-4 °С.

Значительное снижение жесткости мяса при низких положительных температурах достигается в период между 48 и 72 ч после убоя животных, и это зависит от распада миофибриллярных структур при созревании мяса.

При распаде актомиозина увеличивается число гидрофильных центров миофибриллярных белков, что обуславливает рост водосвязывающей способности мышечной ткани. После 6 дней выдержки она достигает 85-87 % водосвязывающей способности парного мяса и в дальнейшем не изменяется.

При созревании в мясе под действием ферментов самого мяса происходит ряд биохимических и физико-химических процессов, которые приводят к появлению перечисленных признаков.

Чтобы лучше оценить значение процесса созревания, следует сравнить качество пищи, приготовленной из незрелого и зрелого мяса.

Таблица 1.2 - Органолептическая оценка мяса на разных стадиях автолиза

Наименование продукта	Несозревшее мясо	Созревшее мясо
Вареное мясо	Жесткое, сухое, отсутствует специфический приятный вкус и аромат	Нежное, сочное, со специфическим приятным вкусом и запахом
Бульон	Мутный, отсутствует специфический приятный вкус и аромат бульона	Прозрачный, со специфическим приятным вкусом и ароматом

Происходящее при созревании дальнейшее размягчение мяса обусловлено разрушением структурных элементов мышечного волокна протеолитическими ферментами.

Увеличение в мышцах протеолитической активности происходит из-за высвобождения протеолитических ферментов - катепсинов из лизосом. Наиболее заметные изменения наблюдаются у белков саркоплазмы. Ограниченному протеолизу подвергаются и миофибриллярные белки. Расщепление небольшого количества пептидных связей в этих белках достаточно для разрушения структур и увеличения нежности мышечной ткани.

В изменении нежности мяса важную роль играют количество и состояние компонентов соединительной ткани. В мясе в состоянии окоченения

белки соединительной ткани (коллаген, эластин) и основное вещество становятся менее лабильными по сравнению с их состоянием сразу после убоя. Лабильность компонентов соединительной ткани увеличивается в период созревания мяса, когда из лизосом высвобождаются гидролитические ферменты. Это в значительной степени определяет гидротермическую устойчивость коллагена: чем более лабильно основное вещество, тем легче разваривается коллаген. Обнаружена лёгкая деполимеризация коллагена при хранении в течение 21 дня, которая обусловлена изменением его молекулярной структуры.

При равных условиях созревания различных отрубов мяса одного и того же животного, а также одинаковых отрубов разных животных нежность оказывается различной. Это связано с неодинаковой степенью превращений различных компонентов мяса. В мясе, содержащем много соединительной ткани, нежность относительно невелика. Такое мясо требует более длительного созревания.

Созревание мяса молодых животных протекает быстрее, чем старых. В мышцах молодняка более интенсивны превращения внутриволоконных и соединительно-тканых белков, что обуславливает повышение нежности мяса в более короткие сроки.

Например, необходимая нежная консистенция достигается при температуре 0-2 °С у говядины от взрослых животных через 10-12 суток созревания, а говядины молодняка - через 3-4 суток. Схожие причины определяют более медленное созревание мяса быков по сравнению с мясом коров.

Показатель степени созревания мяса a по величине его нежности в виде индекса характеризует отношение работы среза продукта (W) к максимальной силе резания (F_m): $a=W/F_m$. Во время сокращения мышц $a=0,5-0,6$; после созревания $a=0,15-0,20$.

Автолитические изменения в мясе больных и усталых животных менее глубоки и менее выражены, чем в мясе здоровых и отдохнувших животных.

При созревании одновременно с увеличением нежности улучшаются вкусовые и ароматические свойства мяса и полученного из него бульона.

Важная роль в образовании вкуса мяса принадлежит глютаминовой кислоте, обладающей как и её соли, специфическим вкусом мясного бульона. Глютаминовая кислота образуется при дезаминировании её амида - глютамина как в процессе созревания, так и при варке мяса. Особенно интенсивный распад глютамина с образованием глютаминовой кислоты происходит при нагревании мяса. В течение всего срока хранения при плюсовой температуре в мышечной ткани происходит увеличение аммиачного азота за счёт дезаминирования адениловой кислоты и глютамина.

В процессе созревания мяса существенно увеличивается содержание свободных аминокислот: гистидина, аспарагиновой кислоты, глицина, треонина, тирозина, фенилаланина и др. Увеличивается также содержание моносахаридов: глюкозы, галактозы, рибозы.

Изменение белковых веществ, вкусовых и ароматических свойств мяса при созревании, а также расщепление белковых систем под действием

тканевых ферментов делают мясо более доступным действию пищеварительных ферментов, поэтому созревшее мясо лучше переваривается и усваивается. По мере созревания мяса повышаются его сокогонные свойства, в результате чего сокращается скрытый период желудочного сокоотделения с 17 минут для мяса односуточного хранения, до 8 минут для того же мяса через 7 дней созревания. В результате этого созревшее мясо быстрее переваривается в желудке (6 часов 30 минут для односуточного мяса и 4 часа 10 минут для 10-суточного).

Созревшее мясо имеет более высокую пищевую ценность, чем находящееся в состоянии окоченения.

Установлены оптимальные сроки созревания, гарантирующие максимальную нежность мяса и его наилучшие вкусовые и ароматические свойства.

Сроки созревания мяса зависят от вида животного, части туши, упитанности, температурного режима хранения.

Как правило, в мясе с нормальным развитием автолиза его нежность и водосвязывающая способность достигают своей оптимальной величины в следующие сроки: для говядины при 0-5 °С - 12 суток, при 8-10 °С - 5-6 суток, при 16-18 °С - 3 суток.

В технологической практике нет установленных показателей полной зрелости мяса. Это объясняется прежде всего тем, что важнейшие свойства мяса при созревании изменяются неодновременно. Так, жесткость наиболее заметно уменьшается на 5-7 сутки после убоя (при 0 -4 °С) и в последующем, хотя и медленно, продолжает уменьшаться. Органолептические показатели достигают оптимума на 10-14-е сутки. В дальнейшем улучшение аромата и вкуса не наблюдается. Тому или иному способу использования мяса должен соответствовать определенный и наиболее благоприятный уровень развития автолитических изменений тканей. О пригодности мяса для определенных целей судят по свойствам и показателям, имеющим для данной конкретной цели решающее значение.

На практике для различных направлений использования мяса рекомендуют различные сроки созревания. При использовании мяса в кулинарии рекомендуют более продолжительные сроки созревания 10-14 суток. За это время мясо приобретает оптимальные органолептические свойства. Продолжительность выдержки может быть сокращена до 1-2 суток, если переработка мяса предполагает на первых этапах автолитического процесса – посол при производстве изделий из свинины и колбасных изделий. Если же ферментативные процессы приостанавливаются в самом начале переработки (в консервном производстве) или же мясо реализуется в нарезанном виде (фасованное мясо, полуфабрикаты), рекомендуется выдержка в течение 5-7 суток.

При посоле парного мяса изменяется направление автолитических превращений. Ионы хлора, связываясь с актином и миозином, препятствуют их ассоциации и подавляют АТФ-азную активность миозина. Благодаря этому сохраняется высокая гидратация указанных белков и тормозится развитие

окоченения. Однако в присутствии соли ускоряется амилолиз гликогена, в результате чего в мясе увеличивается содержание редуцирующих сахаров.

1.3 Характер переработки мясного сырья в зависимости от развития автолитических процессов

Если характер переработки не исключает развития автолитических процессов на ее первых этапах (посол, производство колбасных изделий), то можно использовать не вполне зрелое мясо. Хотя вкус и аромат парного мяса далеки от оптимальных, парное мясо рекомендуется использовать для производства вареных колбас и соленых изделий из свинины. Белки парного мяса обладают наибольшей влагосвязывающей и эмульгирующей способностью, развариваемость коллагена максимальна. Это обстоятельство предопределяет высокий выход готовой продукции и снижает вероятность образования дефектов при тепловой обработке. В первые часы после убоя мясо бактерицидно и содержит незначительное количество микроорганизмов. С экономических позиций применение парного мяса также дает существенные преимущества вследствие снижения потребности в объемах холодильных камер и связанных с их эксплуатацией энергетических затрат.

В процессе производства колбас продолжают развиваться процессы созревания и проявляются вкус и аромат.

Однако работа с парным мясом требует как высокой оперативности в технологическом процессе (интервал от момента убоя до стадии термообработки готовых изделий не должен превышать 3 ч.), так и применения специальных приемов, направленных на задержку гликолиза и процесса взаимодействия актина с миозином.

В частности, такими способами являются:

- быстрое замораживание обваленного парного мяса (без или после предварительного измельчения) путем введения твердой углекислоты;
- обвалка парного мяса, быстрое измельчение и посол с введением 2-4 % хлорида натрия;
- введение рассолов через кровеносную систему одновременно с обескровливанием при убое животных;
- инъектирование рассолов в отруба непосредственно после разделки парных туш;
- применение сублимационной сушки парного мяса.

Указанные приемы дают возможность устранить или свести до минимума развитие или последствие посмертного окоченения.

Если характер переработки исключает развитие автолитических процессов уже на первых стадиях, например нагревание, то нельзя использовать незрелое мясо. Так, не допускается использование парного мяса для выработки консервов, полуфабрикатов, фасованного мяса. Мясо в стадии посмертного окоченения для технологических и кулинарных целей непригодно.

В настоящее время вопрос направленного использования сырья с учетом хода автолиза приобретает особое значение, так как существенно возросла доля животных, поступающих на переработку, у которых после убоя в мышечной ткани обнаруживаются значительные отклонения от обычно раз-

вития автолитических процессов, причину возникновения которых связывают с прижизненным стрессом.

В соответствии с этим различают мясо с высоким конечным рН (DFD) и эксудативное мясо (PSE). Мясо с признаками DFD имеет через 24 ч после убоя уровень рН выше 6,3, темную окраску, грубую структуру волокон, обладает высокой водосвязывающей способностью, повышенной липкостью и обычно характерно для молодых животных крупного рогатого скота, подвергавшихся различным видам длительного стресса до убоя. Вследствие прижизненного распада гликогена, количество образовавшейся после убоя молочной кислоты в мясе таких животных невелико и миофибриллярные белки в мясе DFD имеют хорошую растворимость.

Высокие значения рН ограничивают продолжительность его хранения, в связи, с чем мясо DFD непригодно для выработки сырокопченых изделий. Однако благодаря высокой влагосвязывающей способности, его целесообразно использовать при производстве вареных колбас, соленых изделий, быстрозамороженных полуфабрикатов.

Мясо PSE характеризуется светлой окраской, мягкой рыхлой консистенцией, выделением мясного сока вследствие пониженной водосвязывающей способности, кислым привкусом. Признаки PSE чаще всего имеет свинина, полученная от убоя животных с интенсивным откормом и ограниченной подвижностью при содержании. Появление признаков PSE может быть обусловлено также генетическими последствиями, воздействием кратковременных стрессов, чрезмерной возбудимостью животных. Наиболее часто мясо с признаками PSE получают в летний период времени.

В первую очередь эксудативности подвержены наиболее ценные части туши, длинная мышца и окорока. После убоя таких животных в мышечной ткани происходит интенсивный распад гликогена, посмертное окоченение наступает быстрее. В течение 60 минут рН мяса понижается до 5,2-5,5 однако поскольку температура сырья в этот период сохраняется на высоком уровне, происходит конформация саркоплазматических белков и их взаимодействие с белками миофибрилл.

Характерные признаки PSE и DFD мяса с рекомендациями по использованию приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Мясо с признаками PSE и DFD

Специфика автолиза в мясе	Характерные признаки мяса	Причины образования	Рекомендации по использованию
1	2	3	4
NOR (нормальное)	Яркий краснорозовый цвет, упругая консистенция, характерный запах, высокая ВСС, рН 5,6-6,2	Нормальное развитие автолиза	Производство всех видов мясопродуктов (без ограничений)
PSE (бледное, мягкое, водянистое)	Светлая окраска, рыхлая консистенция, кислый привкус, выделение мясного сока, низкая ВСС, рН 5,2-5,5 через 60 минут после убоя	Встречается у свиней с малой подвижностью, отклонениями в генотипе, под действием кратковременных стрессов	Использование: в парном состоянии после введения хлорида натрия; в сочетании с мясом DFD, в комплексе с соевыми изолятами; с введением фосфатов; в комбинации с мясом с нормальным ходом автолиза повышенной сортности
DFD (темное, жесткое, сухое)	Темно красный цвет, грубая волокнистость, повышенная липкость, низкая стабильность при хранении, высокая ВСС, рН выше 6,2 через 24 ч после убоя	Наиболее часто у молодняка крупного рогатого скота после длительного стресса	Использование: при изготовлении эмульгированных колбас, соленых изделий с коротким периодом хранения, в сочетании с мясом PSE; при изготовлении замороженных мясопродуктов

Мясо с признаками PSE из-за низких рН (5,0-5,5) и водоствязывающей способности непригодно для производства вареных колбас, вареных и сырокопченых окороков, так как при этом ухудшаются органолептические характеристики готовых изделий (светлая окраска, кисловатый привкус, жесткая консистенция, пониженная сочность), снижается выход. Однако, в сочетании с мясом хорошего качества либо с соевым изолятом или другими белками оно пригодно для переработки в эмульгированные и сырокопченые колбасы, рубленные и панированные полуфабрикаты и другие виды мясных изделий.

Контроль качества сырья, получаемого при первичной переработке скота, осуществляют путем определения величины рН мяса через 1-2 ч после убоя. При этом в ряде стран дополнительную сортировку сырья на категории ведут с учетом уровня рН: I – 5,0 – 5,5; II – 5,6 – 6,2; III – 6,3 и выше.

В норме же мясо убойных животных претерпевает характерные изменения в соответствии с периодами, отмеченными выше.

1.4 Механизм и химизм посмертных изменений

Хотя до настоящего времени нет еще общепринятой всеобъемлющей теории автолитических изменений в мышечной ткани, данные современных научных исследований позволяют сформировать более или менее отчетливые представления о механизме и химизме важнейших процессов автолиза.

Посмертные изменения мышечной ткани связаны с деятельностью ферментов, поскольку с прекращением жизни животного ферменты не инактивируются. Ферментативная природа посмертных изменений мышечной ткани была впервые установлена И.А. Смородинцевым еще в начале 30-х годов.

В автолитических изменениях мышечной ткани наиболее важное значение имеет деятельность двух основных ферментных систем. Одна из них связана с функцией движения. Эта ферментная система управляет сокращением и расслаблением мышц. Другая катализирует непрерывный распад главных структурных элементов мышечного волокна вследствие деятельности гидролитических ферментов.

Деятельность обеих ферментных систем, так же как и других ферментных систем мышечной ткани, взаимосвязаны. Но роль каждой из них на разных стадиях автолиза различна. В период развития и разрешения окоченения главную роль играет ферментная система, регулирующая процесс сокращения - расслабления мышечных волокон.

В дальнейшем, после разрешения окоченения все более заметными становятся изменения, связанные с гидролитическим распадом.

Система сокращения – расслабления мышечных волокон включает изменения сократительного аппарата – миофибрилл, распад АТФ – вещества, непосредственно поставляющего энергию сокращающимся миофибриллом и совокупность веществ, несущих в себе запас энергии, обеспечивающих синтез АТФ – это углеводная система, и в первую очередь гликоген.

Изменения углеводной системы были рассмотрены ранее. Рассмотрим изменение состояния белков.

1.4.1 Изменение состояния белков в процессе автолиза.

Решающее значение для свойств мышечной ткани в период развития и разрешения посмертного окоченения имеет изменение состояния белков миофибрилл в связи с актом сокращения. Как рассматривалось выше, в основе посмертного окоченения лежит тот же механизм мышечного сокращения, что и в живой мышце. Как известно, мышцы сокращаются за счет энергии распада АТФ. В процессе мышечной деятельности АТФ постоянно расходуется, но ее содержание в мышцах поддерживается на определенном уровне благодаря ее постоянному ресинтезу. Начальные стадии окоченения также

резко зависят от уровня содержания АТФ. Непосредственно после прекращения жизни животного количество АТФ достаточно велико и мышцы расслаблены. Содержание АТФ в автолизирующих мышцах характеризуется суммарным результатом двух процессов распада и синтеза.

Однако процессы распада преобладают над процессами синтеза, и уже к 24 ч после убоя в мышцах, хранившихся при 3-4 °С, АТФ обнаруживается в очень небольших количествах. Причинами этого является ферментативный распад АТФ в мышечной ткани под действием аденозинтрифосфатазы, который начинается сразу после убоя животного, и расход АТФ в различных биохимических реакциях.

Основным источником пополнения АТФ в автолизирующих мышцах является анаэробный распад гликогена, а также глюкозы, образующейся в процессе амилолиза гликогена. Особенно интенсивно образование АТФ протекает в начальных стадиях автолиза. Ее содержание в мышцах в этот период остается примерно на одном уровне. Это задерживает развитие сокращения. Таким образом, в течение первых 5-6 ч после убоя посмертное окоченение заметно не развивается.

Наряду с гликолитическим распадом, одной из реакций, пополняющих количество АТФ, является реакция между креатинфосфатом и АДФ:



Однако креатин восстанавливается до креатинфосфата в аэробных условиях. Поэтому эта реакция возможна лишь до тех пор, пока не израсходованы запасы КРФ.

Соответственно скорости уменьшения количества АТФ и развиваются признаки посмертного окоченения, максимум которого наступает к моменту ее почти полного исчезновения.

В прижизненных условиях сигналом для сокращения мышц служит нервный импульс, под влиянием которого ионы кальция диффундируют внутрь волокна. Появление ничтожных количеств ионов кальция в присутствии ионов магния вызывает быстрый ферментативный распад АТФ и сокращение миофибрилл.

При посмертном сокращении передача нервных импульсов, регулирующих сокращение – расслабление, исключается. Фактором, инициирующим посмертное сокращение, является переход значительной части Ca^{++} из связанного состояния в свободное в результате структурных изменений белков саркоплазмы. Непосредственно после убоя ионы кальция связаны с саркоплазматической сетью мышечного волокна, актин находится в глобулярной форме и не связан с миозином. Сдвиг рН мяса в кислую сторону запускает механизм превращений миофибриллярных белков:

- изменяется проницаемость мембран миофибрилл;
- ионы кальция выделяются из каналов саркоплазматического ретикулума, концентрация их возрастает. Под их действием повышается АТФ-азная активность миозина;

- глобулярный Г – актин переходит в фибриллярный (Ф – 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.

Максимум посмертного окоченения в зависимости от вида животных и внешних условий наступает к 18-24 ч.

В процессе развития окоченения происходит накопление кислых продуктов (молочной, фосфорной, пировиноградной и других кислот) обуславливая изменения, способствующие большому межмолекулярному взаимодействию белков – их агрегации.

После разрешения посмертного окоченения большинство волокон расслаблено. Это связано с ослаблением поперечных связей между актином и миозином.

Разрешение окоченения в процессе автолиза мышц также сопровождается специфическими конформационными изменениями белков. Одновременно ослабляются агрегационные взаимодействия. В определенной мере играет роль и протеолитический распад миофибриллярных белков под действием гидролаз, освобождающихся из лизосом, и усилением их активности с подкислением среды.

К лизосомальным протеолитическим ферментам относятся **катепсины**, которые во втором периоде автолиза освобождаются из лизосом и активируются кислой реакцией среды клетки. Катепсины – гетерогенный комплекс, разделяющийся на фракции, которые отличаются специфичностью к гидролизу белковых субстратов, действуя на разные субстратные фрагменты, катепсины оказывают существенное влияние на структуру белковых компонентов.

Катепсины – кислые протеиназы, проявляют максимальную активность при рН 2,0-5,0, находятся в органах, тканях и локализованы в лизосомах, которые представляют собой внутриклеточные пузырьки диаметром около 5,5 мкм, ограниченные мембраной.

Катепсины являются типичными протеиназами и вызывают деструкцию высокомолекулярных белков. С деятельностью катепсинов, которые во втором периоде автолиза освобождаются из лизосом и активируются кислой реакцией среды клетки, тесно связаны изменения свойств белков, предшествующие релаксации мышц.

В настоящее время в мышечной ткани идентифицирован ряд ферментов эндопептидазного действия – катепсины В₁, D, H, L, G и экзопептидазы – катепсины А, В₂ и С.

Катепсин В₁ – тиоловая эндопептидаза, активируется SH-соединениями, имеет оптимум активности при рН 6,0, проявляет более высокую по сравнению с коллагеназой способность к гидролизу коллагена в кислой среде и напоминает папаинтиоловую протеиназу растительного происхождения, широко используемую для мягчения мяса.

Катепсин D – карбоксильная эндопептидаза, проявляющая активность при pH 2,8-4,0, расщепляет низкомолекулярные пептиды, имеет сродство к пептидным связям, образованным гидрофобными боковыми радикалами, и поэтому сходен с пепсином – пищеварительным ферментом, выделяемым слизистой оболочкой желудка. Катепсин E отличается от катепсина D субстратной специфичностью, более кислым характером и лабильностью. Катепсин H относится к эндоаминопептидазам, способен гидролизовать белки и пептиды с максимальной активностью при pH 6,0.

Катепсин L – тиоловая эндопептидаза, присутствует в лизосомальной фракции, гидролизует различные белки с максимальной активностью при pH 5,0.

Лизосомальные экзопептидазы были открыты позднее эндопептидаз. В настоящее время установлено, что они наиболее активны на последних стадиях расщепления белковых молекул, когда под действием эндопептидаз образуется много новых концевых групп.

Катепсин A – лизосомальная карбоксипептидаза, проявляет наибольшую активность по отношению к пептидам при pH около 5,6-6,9, не способен гидролизовать крупные молекулы белка, однако вместе с катепсином D проявляет синергизм по отношению к белкам мышц. Отличительной чертой катепсина A является способность гидролизовать синтетический субстрат карбобензоксипептидаза-L-глутамил-L-тирозин.

Катепсин B₂ – относительно неспецифическая карбоксипептидаза, активируемая сульфгидрильными соединениями; гидролизует полипептиды до свободных аминокислот с оптимумом pH 5,5-5,6, осуществляет глубокий гидролиз полипептидных фрагментов, образующихся в результате действия эндопептидаз.

Катепсин C – типичная тиоловая экзопептидаза, которая расщепляет пептиды и их производные с оптимумом pH 5,0-6,0. Являясь своеобразной аминопептидазой, принимает участие в деградации белка в комплексе с другими катепсинами или выполняет функции трансфераз.

В саркоплазме, митохондриях и рибосомах клеток выделен ряд протеиназ, проявляющих максимальную активность в нейтральной среде (pH 7,0-8,0) при наличии ионов калия. Кальцийзависимые тканевые протеиназы получили название кальпаинов.

Лизосомальные протеиназы – катепсины и кальцийзависимые протеиназы – кальпаины участвуют в автолитической деструкции тканей двояким образом: непосредственно воздействуя на основные компоненты клеточных элементов и путем активации других протеолитических ферментов.

Главенствующую роль в деградации белков играют катепсины L, B, H и D, при этом важное место в процессе внутриклеточного протеолиза отводится катепсину D.

Действуя на разные субстратные фрагменты, катепсины оказывают существенное влияние на структуру белковых компонентов. Это вносит определенный вклад в диссоциацию образовавшихся на этапе посмертного окончания белковых агрегатов, ведет к появлению свободных сульфгидриль-

ных групп и частичному восстановлению свойств мышечной ткани, утраченных в процессе окоченения.

В результате действия катепсинов на белки при правильном развитии автолитических процессов мясо приобретает нежность, сочность, выраженный вкус и аромат. Характер и глубина автолитических изменений в мясе влияют на его качество и пищевую ценность.

Изучение и целенаправленное использование биохимических свойств тканей ферментных систем необходимы для регулирования и интенсификации технологических процессов получения свежего мяса и продуктов его переработки.

1.4.2 Накопление веществ, обуславливающих аромат и вкус.

Важным и завершающим послеубойным процессом является созревание мяса, в результате которого оно приобретает сочность, характерные вкус и аромат.

Свежее мясо имеет незначительные специфические вкус и аромат. В процессе созревания в результате автолитических превращений белков, липидов, углеводов и других составных частей мяса образуются низкомолекулярные вещества, участвующие в образовании аромата и вкуса мяса.

Однако отчетливо выраженные вкус и аромат мяса появляются лишь после его тепловой обработки. Отсюда следует, что в процессе автолиза в мясе образуются и накапливаются не носители, а потенциальные «предшественники» аромата и вкуса, формирующиеся при кулинарной обработке.

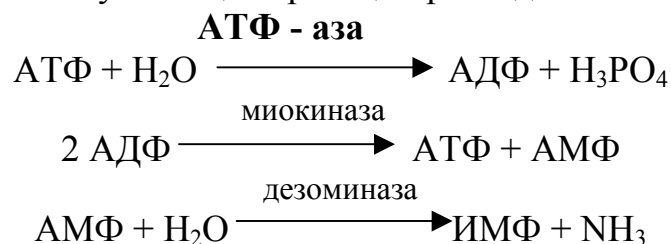
Слабовыраженные вкус и аромат парного мяса и мяса в стадии посмертного окоченения объясняются тем, что на этих этапах автолиза еще не накопилось достаточного количества веществ, участвующих в образовании вкуса и аромата мяса при его кулинарной обработке.

Аромат и вкус становятся ясно ощутимыми через 2-4 суток после убоя при низких положительных температурах. Спустя 5 суток они выражены хорошо. Наибольшей интенсивности аромат и вкус достигают на 10–14 сутки. При температурах выше 20 °С оптимальные органолептические характеристики наблюдаются уже через 2–3 суток.

Предшественниками аромата и вкуса являются аминокислоты и их амиды: гистидин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, глутамин, глицин, треонин, фенилаланин, лейцин, а также другие аминокислоты, хотя и в меньшей степени. Эти вещества образуются и накапливаются в процессе автолиза при распаде белков, а также пептидов относящихся к экстрактивным веществам мышечной ткани (глутатион, карнозин, ансерин).

В процессе автолиза в мясе увеличивается содержание моносахаридов, которые, как известно, обладают вкусом. Глюкоза образуется при распаде гликогена, галактоза появляется в результате распада липидной системы из цереброзидов, пентозы являются одним из конечных продуктов распада клеточных нуклеиновых кислот и нуклеотидов.

Примером может служить цепь реакции распада АТФ:



Как видно из схемы, аденозинтрифосфат теряет молекулы фосфорной кислоты и превращается в аденозинмонофосфат, при ферментативном дезаминировании которого образуется инозинмонофосфат (ИМФ).

Через несколько часов после смерти животного в мышечной ткани обнаруживается инозин, а через двое суток гипоксантин.

Инозиновая кислота (ИМФ) обладает вкусом мяса.

В процессе автолиза накапливаются органические кислоты (молочная, пировиноградная и другие, летучие жирные кислоты – муравьиная, уксусная, масляная, капроновая и другие), кетокислоты (кетоглутаровая, щавелевоуксусная и т.п.) и карбонильные соединения (альдегиды, кетоны и другие).

1.5 Глубокий автолиз

При хранении созревшего мяса в асептических условиях при низких положительных температурах под влиянием внутриклеточных ферментов будут продолжаться автолитические процессы. Эту стадию называют глубоким автолизом. На этой стадии происходит распад основных частей тканей-белковых веществ и жиров. Во время созревания при распаде не происходит существенного уменьшения количества белковых веществ. В течение глубокого автолиза тканевые ферменты - катепсины и пептидазы усиленно катализируют разрыв пептидных связей, разрушая тем самым белки. При распаде белков некоторые их продукты имеют токсические свойства. При глубоком автолизе под действием липаз происходит интенсивный гидролитический распад липидов. Процессы распада белков и липидов приводят к снижению пищевой ценности мяса. При распаде белковых веществ происходит разрушение морфологических структурных элементов мышечной ткани, что обуславливает снижение жёсткости мяса и увеличение отделения мясного сока. Изменяются окраска и вкус мяса; мясо приобретает коричневый оттенок и неприятный кислый вкус. На определённом этапе глубокого автолиза мясо может стать непригодным для употребления в пищу. В промышленности и торговле глубокий автолиз практически не встречается, т. к. микробиальная порча наступает раньше глубокого автолиза.

1.6 Автолитические процессы в жировой ткани мяса

Послеубойные изменения жирсырья обусловлены теми же причинами, что и автолитические изменения мяса, однако они играют второстепенную роль в формировании качества мяса. Изменения жировой ткани характеризуют процессы, происходящие в самом жире, т.к. содержание белков в нём незначительное. Химические продукты, образующиеся при послеубойных

изменениях жировой ткани, ухудшают качество жира. По качественным показателям лучшим считается жир непосредственно сразу после убоя животного. Параллельно с изменениями жира изменяются и белки, входящие в состав жировой ткани.

Послеубойные изменения жира могут быть разделены на физические и химические. К **физическим** относится кристаллизация жира. Сразу после убоя жир находится в полужидком состоянии; при понижении температуры в результате кристаллизации глицеридов и насыщенных жирных кислот происходит уплотнение жировой ткани. К **химическим** относят гидролиз и окислительную порчу жира.

1.7 Загар мяса

Загар – это своеобразная порча мяса, возникающая при неправильном хранении полутуш в течение первых суток с момента убоя. Он выражается в том, что в глубине толстых частей жирных полутуш мясо приобретает неприятный кисловатый запах, изменяется окраска мяса.

Причиной загара является нарушение нормального течения автолитических процессов вследствие замедленного тепло- и газообмена с внешней средой. После убоя в течение первых 20–30 мин. наблюдается повышение температуры тела животного в пределах 0,9–2 °С за счет распада богатых энергией связей АТФ, креатинфосфорной кислоты и других фосфорных соединений. Освобождающаяся энергия выделяется в виде тепла.

Загар обнаруживается почти исключительно при медленном охлаждении мяса в условиях плохого газообмена. Необходимо достаточно быстро охладить мясо до температуры менее 18–20 °С, чтобы не было его порчи. Загар быстрее развивается при соприкосновении туш друг с другом во время охлаждения, при недостаточной циркуляции охлаждающего воздуха, транспортировке не полностью охлажденных туш, при укладке их навалом, а также если с животных была снята не сразу; при медленном замораживании парного мяса.

Очень подвержено загару мясо птицы. Особенно легко возникает загар в тушках уток и гусей вследствие большого содержания жира. При этом внутренний жир часто приобретает зеленую окраску, а тушка имеет влажную большей частью зеленовато-серую мягкую кожу.

Задержка процесса охлаждения возникает по ряду причин, в частности когда на подвесных путях на одном крюке подвешивают несколько туш или их частей, загар развивается и при медленном замораживании парного мяса, чаще - в тушках с хорошо развитой жировой тканью, т. к. жир замедляет охлаждение туш и снижает скорость диффузии газов из внутренних слоёв тканей.

Непосредственной причиной загара является быстрое накопление кислых продуктов анаэробного гликолиза, которые не могут нейтрализоваться содержащимися в мясе буферными веществами.

Основной причиной, обуславливающей накопление кислых продуктов анаэробного гликолиза, является высокая активность тканевых ферментов. Существует также предположение, что причина загара - развитие ана-

эробных микроорганизмов в глубоких слоях мускульной ткани, что подтверждается возникновением этого процесса в мясе утомлённых и вынужденного убоя животных.

Признаки загара сходны с признаками гнилостного разложения. Поверхность разреза такого мяса влажная, окраска изменена, она обычно светлая, с различными оттенками. При свободном доступе воздуха мясо приобретает зеленоватый оттенок. В мясе, находящемся в глубокой стадии загара, зелёный сульфмиоглобин образуется в результате воздействия H_2S . Сероводород образуется из аминокислот, содержащих серу. Кроме H_2S , в мясе образуются меркаптаны.

Мясо в состоянии загара имеет слабую связь между волокнами с низким сопротивлением на разрыв, тестообразную консистенцию, кислый и удушливый запах. Вкус мяса неприятный, реакция среды кислая. Мясо с загаром подвержено плесневению и быстро подвергается гнилоственному разложению.

Пригодность мяса с загаром для переработки зависит от степени его развития и от направления использования мяса. При слабо выраженном загаре окорока непригодны для производства ветчины. Не допускается выпуск мяса с загаром в торговую сеть или переработка на изделия длительного хранения; такое мясо можно использовать в качестве добавки при изготовлении варёных и ливерных колбас.

Для определения пригодности для переработки мяса с загаром его нарезают на полоски и укладывают в один слой в холодильной камере с интенсивной циркуляцией воздуха, облегчающей проникновение кислорода в мясо. В результате этого ускоряется окисление редуцирующих летучих соединений или они удаляются из мяса. Если через 24 часа выдержки мяса в таких условиях неприятный запах не исчезает, то мясо считается непригодным для переработки и потребления.

Часть 4 Изменение мяса и мясопродуктов под действием ферментов микроорганизмов

Мясо и мясопродукты являются прекрасной питательной средой для микроорганизмов. В мясном производстве присутствие и жизнедеятельность микроорганизмов в зависимости от биологических свойств и условий развития может иметь как отрицательное, так и положительное значение. Отрицательная роль заключается в том, что микроорганизмы могут явиться источником заболеваний либо отравлений и приводить к порче мясопродуктов. Положительная роль проявляется в подавлении развития нежелательных микробов деятельностью микробов-антагонистов. Кроме того, те или иные микроорганизмы могут способствовать получению мясных продуктов с определенными заданными свойствами.

1 Микробиальная порча мяса

При длительном хранении мяса при положительных температурах в нем развиваются процессы, протекающие с участием ферментов самого мяса, но к этому вскоре присоединяются процессы, вызываемые ферментами гнилостных микроорганизмов, размножающихся на такой прекрасной питательной среде, как мясо. Для своего обмена микроорганизмы используют белковые вещества.

Микроорганизмы при соответствующих условиях температуры и влажности развиваются исключительно быстро, так что действие ферментов микроорганизмов значительно опережает автолиз, вследствие чего мясо подвергается гниению.

1.1 Гниение

Гниением называется процесс разложения белковых веществ, вызываемый микроорганизмами.

Охлаждённое мясо является благоприятной средой для развития микроорганизмов, выделяющих во внешнюю среду ферменты, которые расщепляют компоненты тканей мяса. Разнообразие микроорганизмов, развивающихся на мясе, различные условия хранения (температура, влажность, свет, санитарное состояние) обуславливают различную скорость и характер химических изменений компонентов мяса. Происходящие в мясе процессы приводят к накоплению нежелательных и токсичных продуктов распада, в результате чего мясо приобретает неудовлетворительные органолептические свойства и делается опасным для употребления. Целью почти всех приёмов при технологической обработке и хранении мяса является повышение его устойчивости к микробиальной порче.

Обычно гнилостное разложение мяса начинается с поверхности под действием аэробов или факультативных анаэробов (протей, субтилис, мезентерикус, ахромобактер, псевдомонас и др.).

Они попадают на мясо из внешней среды и распространяются вглубь по прослойкам соединительной ткани, особенно вблизи суставов костей и крупных кровеносных сосудов. Скорость продвижения зависит от свойств микроорганизмов и внешних условий, в первую очередь от температуры окружающей среды. Так, при комнатной температуре через 8 ч паратифозная палочка проникает на глубину 14 см, а сапрофиты лишь на глубину до 2 см. При температуре, близкой к нулю, в среднем микроорганизмы за 30 суток проникают на глубину до 1 см. Аэробы подготавливают условия для анаэробов, которые начинают развиваться в первую очередь вблизи суставов костей, крупных кровеносных сосудов и в кровяном русле, выделяя продукты с крайне неприятным запахом.

Основную роль при микробиальной порче мяса играют изменения белковых веществ, заключающиеся в распаде, обусловленном жизнедеятельностью протеолитических микроорганизмов, которые для своего питания разлагают белок или продукты его частичного гидролиза. Устойчивость мяса к гнилостному разложению зависит в основном от сохранности прижизненной структуры саркоплазмы, на стабильность которой влияют скорость обработки и характер технологических операций при разделке туши, техника убоя (вертикальное или горизонтальное обескровливание), а также условия хранения мяса. Сохранность мяса возрастает со снижением интенсивности обмена веществ в организме животного. В связи с этим мясо старых и упитанных животных более устойчиво, чем мясо молодняка и тощих животных.

Сохранность мяса зависит от содержания в нём воды. Мясо телят, лошадей и коз более подвержено гнилостному разложению, чем свинина и говядина. Водянистое мясо менее устойчиво, чем мясо с небольшим содержанием капиллярной воды. Мясо животных, которым скармливали комбинированные корма, более устойчиво, чем мясо животных, получавших сочные корма.

Установлены условия обсеменения мяса микроорганизмами до убоя животного: больное животное, недостаточное питание и слишком длинный период предубойной выдержки без кормления.

После убоя животного обсеменённость мяса зависит от ряда факторов. Микроорганизмы могут находиться на поверхности туши и в более глубоких слоях. Во внутренние слои тканей они проникают при жизни животного или во время убоя. Поверхностное обсеменение происходит в основном после убоя. Обсеменённость тканей при жизни животного незначительная и во время убоя обычно небольшая. Поэтому на устойчивость мяса влияет в основном обсеменение при охлаждении, хранении и транспортировке.

Важным условием получения мяса, устойчивого к порче, является соблюдение санитарных требований подготовки животного к убою (предубойная выдержка, мойка животных), санитарных требований при убое (чистота оборудования, исключение порезов стенок кишок и желудка) и хранения мяса (дезинфекция камер).

При технологической переработке мяса источником обсеменения являются воздух производственных помещений, оборудования, руки и одежда рабочих, вводимые в мясо компоненты.

При хранении на устойчивость мяса в большей степени влияет влажность, чем температура. В летнее время мясо при хранении в камерах без кондиционирования воздуха быстро подвергается гнилостной порче, т. к. при попадании в камеру тёплого воздуха резко возрастает его относительная влажность. Максимальная скорость развития бактерий на мясе наблюдается при относительной влажности воздуха больше 90-95 %. Значительное увеличение периода устойчивости мяса к гнилостному разложению достигается при образовании на поверхности охлаждённого мяса корочки подсыхания.

Температура также влияет на развитие микроорганизмов и характер изменений мяса. Снижение температуры тормозит развитие микроорганизмов, и этот приём используется в качестве способа консервирования мяса (охлаждение и замораживание).

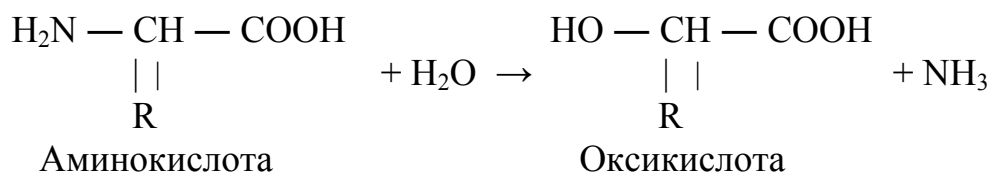
Гнилостный распад белковых веществ под действием ферментов микроорганизмов может протекать различно в зависимости от свойств разлагающихся белков, внешних условий и вида микроорганизмов на начальной стадии гнилостного разложения происходит гидролиз пептидных цепей и образование крупных и мелких фрагментов белковых молекул (полипептидов) и некоторого количества аминокислот. Затем процессы дальнейшего расщепления белков и полипептидов продолжаются и вместе с тем начинаются процессы распада аминокислот. Аминокислоты подвергаются дезаминированию, декарбоксилированию, окислению и восстановлению. Преобладание при этом тех или других процессов зависит от вида микроорганизмов, а также от температуры и влажности воздуха в камерах хранения.

Наиболее часто встречающимся процессом распада аминокислот является их дезаминирование, которое может быть окислительным, гидролитическим, восстановительным и внутримолекулярным. В процессе дезаминирования в мясе накапливаются продукты химических превращений, в том числе оксикислоты, кетокислоты, спирты, аммиак, альдегиды, другие аминокислоты (в частности глутамин превращается в глутаминовую кислоту), насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, в том числе летучие кислоты, из которых более 90% приходится на уксусную, масляную, муравьиную и пропионовую. Накопленный при дезаминировании аминокислот аммиак образует соли с кислотами мяса и происходит сдвиг реакции в щелочную сторону. Благоприятные условия для развития гнилостных микроорганизмов создаются при реакции среды, близкой к нейтральной (6,8-6,9). Это имеет место, в частности, при убое утомлённых и больных животных. В некоторых случаях при большом накоплении кислых продуктов распада аминокислот наблюдается сдвиг pH в кислую сторону и начальная стадия разложения принимает форму закисания.

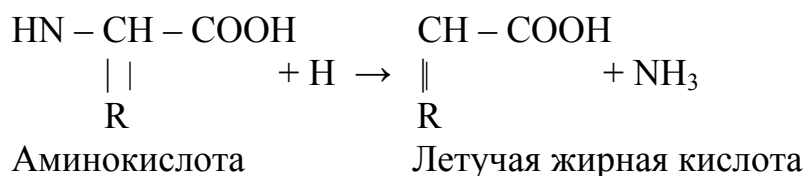
Клетки микроорганизмов непроницаемы для белков. Микроорганизмы выделяют во внешнюю среду протеолитические ферменты, которые вызывают гидролитический распад белков мяса. Гнилостный распад белковых ве-

ществ, вызываемый ферментными системами микроорганизмов, может протекать различно в зависимости от свойств разлагающихся белков, внешних условий и видов микроорганизмов. При гниении белков вначале образуются белковые ферменты, более мелкие полипептиды и свободные аминокислоты. Микроорганизмы усваивают продукты распада белков и быстро подвергают их дальнейшим превращениям. Превращения продуктов распада белков происходит через промежуточные вещества с образованием конечных дурно пахнущих и ядовитых продуктов гниения: аммиака, сероводорода, скатола, индола, крезола, фенола, меркаптанов и т.п. Постепенно и непрерывно накапливаются летучие жирные кислоты, выделяется и накапливается CO_2 .

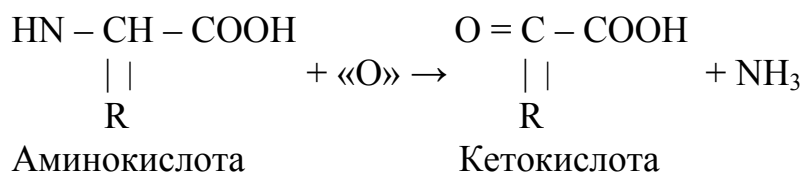
Химические процессы, происходящие при гниении многообразны. Ниже приводятся пути образования некоторых главных продуктов гниения. Аммиак и оксикислоты образуются при гидролитическом дезаминировании под действием ферментов микроорганизмов:



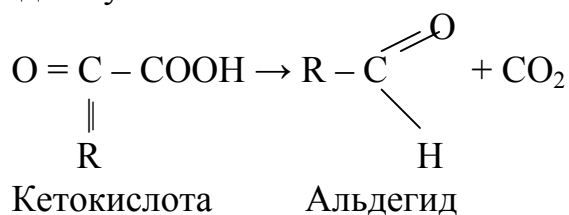
NH_3 и летучие жирные кислоты образуются при восстановительном дезаминировании под действием ферментов анаэробных бактерий:



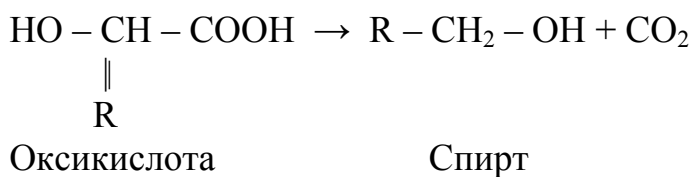
NH_3 и кетокислоты образуются при окислительном дезаминировании:



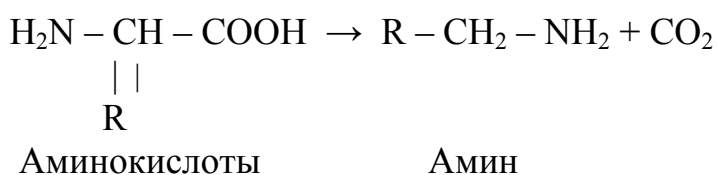
При этом кетокислоты под действием декарбоксилаз превращаются в альдегиды и углекислый газ:



Оксикислоты - в спирт и углекислый газ:



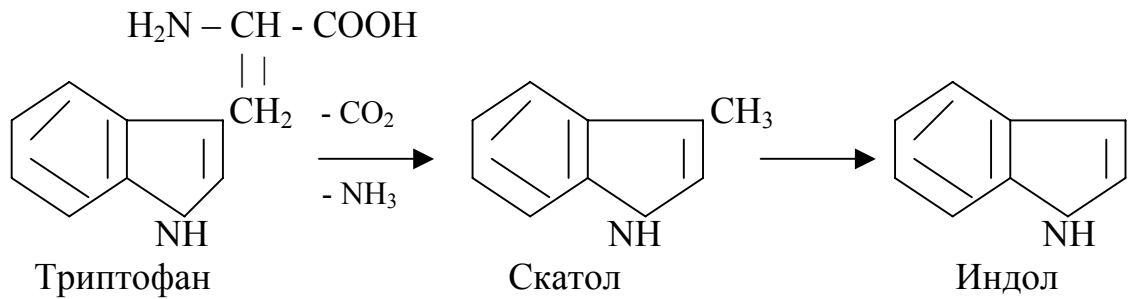
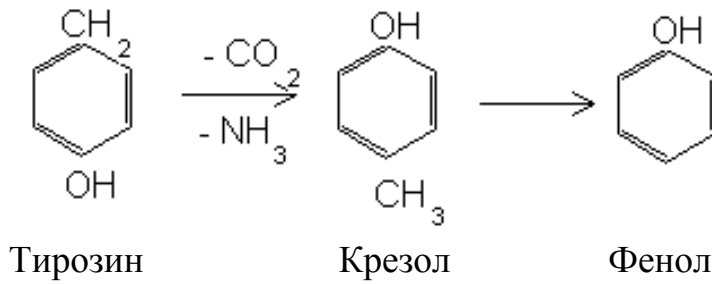
Распространенным процессом распада аминокислот под воздействием декарбоксилаз микроорганизмов является их – декарбоксилирование и образование CO_2 и NH_3 .



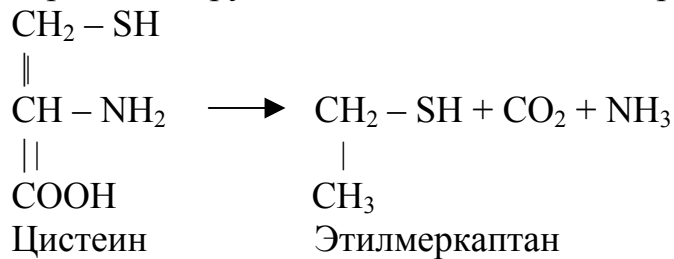
Амины имеют основной характер, и многие из них токсичны. Это амины таких аминокислот, как фенилаланин, тирозин, гистидин (фенилэтиламин, тирамин, гистамин), или амины основного характера- аргинин, лизин, орнитин (агматин, кадаверин, путресцин).

В результате накопления органических оснований происходит сдвиг реакции среды в щелочную сторону, т. к. CO_2 , выделившийся при декарбоксилировании, улетучивается частично.

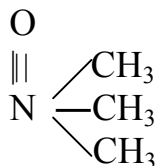
Амины подвергаются дальнейшим химическим превращениям, продукты которых отличаются меньшей физиологической активностью. Этим объясняется более интенсивное отравляющее действие мяса, находящегося на ранних стадиях гнилостной порчи, по сравнению с мясом, находящимся на более глубоких стадиях. Аминокислоты могут подвергаться одновременно дезаминированию и декарбоксилированию, в результате чего могут быть получены различные органические вещества. При воздействии на аминокислоты микроорганизмы разрушают в основном боковую алифатическую цепь, оставляя ненарушенным ароматическое кольцо, в связи с чем в мясе образуются соединения, лишённые аминной и карбоксильной групп. Так, из тирозина образуются фенол и крезол, а из триптофана - индол и скатол – дурно пахнущие ядовитые вещества.



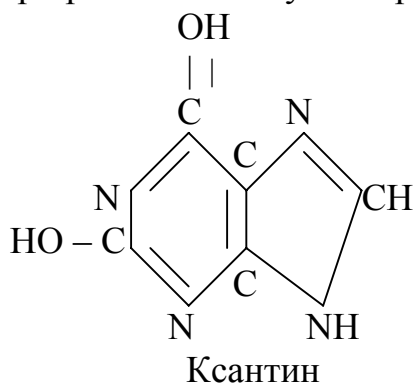
Накопление H_2S в более значительных количествах наблюдается только на глубоких стадиях гнилостного разложения в результате отщепления от аминокислот серы. К числу серосодержащих аминокислот относятся: цистин, метионин, цистеин. В результате постепенного восстановления сульфгидрильных групп цистина и цистеина образуются меркаптаны.



Из липидной части липопротеидов в результате ряда превращений лецитина образуется холин, в процессе гниения которого может образоваться окись триметиламина, обладающая рыбным запахом.



При разложении нуклеопротеидов образуются гипоксантин и ксантин



Азотистые экстрактивные вещества под воздействием ферментов микроорганизмов подвергаются окислительному распаду, дезаминированию и декарбоксилированию с выделением CO_2 и NH_3 . Из некоторых экстрактивных веществ могут образовываться ядовитые соединения, например, из креатина образуется метилгуанидин, из карнозина - гистамин.

В процессе микробной порчи мяса происходит образование ряда веществ (H_2S , H_2O_2), которые влияют на изменение окраски мышечной ткани до коричневой, серой и зелёной. Это обусловлено окислительными превращениями гемовых пигментов (Mb и Hb). Окисление в геме $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ приводит к образованию MetMb коричневого цвета. Окисление Mb в присутствии сульфидов ведёт к образованию сульфмиоглобина, имеющего зелёный цвет. Окисление Mb другими редуцирующими веществами также приводит к позеленению вследствие образования холемиоглобина. При дальнейшем окислении сульфмиоглобин и холемиоглобин распадаются, что приводит к появлению коричневой или жёлтой окраски или обесцвечиванию.

Превращения липидов при хранении мяса в основном не микробного происхождения. Однако некоторые микроорганизмы (*Pseudomonas*) имеют ферментные системы, вызывающие окислительные и гидролитические превращения липидов. Легче всего окислительным превращениям подвергаются липиды, содержащие ненасыщенные жирные и низкомолекулярные жирные кислоты. Липазы микроорганизмов катализируют гидролиз липидов. Распад триглицеридов, обусловленный гидролизом и окислением, приводит к накоплению в мясе свободных жирных кислот, органических перекисей, а на более поздних стадиях - альдегидов, кетонов, низкомолекулярных жирных кислот и оксикислот.

В аэробных условиях некоторые микроорганизмы, плесени и дрожжи обычно окисляют углеводы мяса полностью CO_2 и H_2O . Однако иногда могут накапливаться промежуточные продукты - различные органические кислоты. Это обуславливает некоторое подкисление тканей, но мало влияет на запах и вкус мяса. При анаэробных превращениях углеводов мяса могут образовываться: ПВК и молочная кислота, H_2 , этанол, бутанол, ацетон, уксусная и масляная кислоты. Некоторые из этих веществ оказывают влияние на вкус и аромат мяса. Следовательно, в процессе гнилостного разложения многие вещества мяса разрушаются, в нём появляются новые химические соединения или изменяется количественное содержание имеющихся. Всё это существен-

но влияет на изменение вкуса, запаха, цвета, консистенции и пищевой безвредности мяса в сторону их ухудшения.

При определённых условиях в мясе возможно развитие процессов брожения, однако ввиду низкого содержания углеводов оно бывает редко. Молочнокислому брожению наиболее быстро подвергаются печень и мясо лошадей ввиду высокого содержания гликогена. Такое мясо характеризуется кисловатым и неприятным запахом, вкусом и изменённой окраской. Развитие брожения может привести к непригодности мяса для потребления и переработки.

Гнилостное разложение мяса характеризуется изменением комплекса органолептических показателей, зависящих от вида микрофлоры, вызывающей разложение мяса, вида тканей, подвергшихся разложению, и степени развития необратимых изменений.

Анаэробное разложение распространяется в туше очень быстро и начинается обычно внутри толстых слоёв мышц, вблизи костей и суставов и сопровождается газообразованием. Происходит накопление газов между волокнами и пучками волокон и разрыв соединительно-тканых прослоек. Мясо приобретает пористую структуру, сине-красный или серо-зеленоватый цвет, резкий и отталкивающий запах. Реакция среды рН 8,0-9,0.

Анаэробное гнилостное разложение может возникнуть при вынужденном убое, а также при чрезмерно продолжительном времени, прошедшем от оглушения до нутровки. В этом случае развивающиеся бактерии вначале проникают в толщу стенок кишок, а затем во внутренние слои брюшной полости. При благоприятных условиях через час после убоя в тушах животных без нутровки можно обнаружить значительное количество анаэробных микроорганизмов пищеварительного тракта.

Анаэробное гнилостное разложение обусловлено обсеменением мяса при его охлаждении и хранении. В поверхностных слоях мясных туш содержится кислород, поэтому в них развиваются в основном аэробные микроорганизмы. При поверхностном разложении процесс постепенно проникает в более глубокие слои. Аэробные микроорганизмы проникают в глубь мяса со скоростью 2-10 см в течение 1-2 суток при комнатной температуре и до 1 см. за 30 суток при нулевой температуре.

Характерным признаком развития аэробной гнилостной порчи является образование слизи на поверхности мясных туш. Она обнаруживается, когда на 1 см² поверхности насчитывается $\sim 10^{7,5}$ микроорганизмов. При низких плюсовых температурах срок появления ослизнения зависит от первоначальной обремененности микроорганизмами поверхности мяса и относительной влажности воздуха. Высокая относительная влажность воздуха ускоряет слизиобразование. При температуре около -1 °С слизиобразование резко тормозится. Ослизнение является одним из наиболее часто встречающихся видов порчи охлаждённого мяса при хранении и транспортировке. Мясо, поражённое ослизнением, теряет товарный вид, вкус и аромат, его поверхность становится увлажнённой и липкой на ощупь. Из красного мяса становится вначале бледным, а затем приобретает зеленоватый оттенок. В

тушах с развитием процесса гнилостной порчи прежде всего зеленеет поверхность шеи. Мясо, находящееся в состоянии аэробной гнилостной порчи, обладает неприятным, но не столь резким и отталкивающим запахом, как при анаэробной порче. Реакция среды 7,0-8,0. Консистенция мяса при аэробном разложении становится дряблой и тягучей.

Ткани мясной туши обладают различной устойчивостью к гнилостному разложению. Сохранность мяса обусловлена содержанием в тканях воды, белков, минеральных солей, а также рН среды.

Обычно анаэробное и аэробное гнилостное разложение в чистом виде встречаются относительно редко, оба вида порчи протекают одновременно. Важно обнаружить гнилостное разложение на ранней стадии. Это можно сделать с помощью ряда субъективных и объективных показателей. Эффективный способ выявления порчи - варка проб, т. к. при повышении температуры возрастает испаряемость летучих соединений. Рекомендуется также растирать кусок мяса между пальцами, особенно при оценке образцов жирного мяса. Запах разлагающегося мяса значительно возрастает при нанесении на его поверхность разбавленных кислот (H_2SO_4 , HCl) или щелочей. При развитии процесса анаэробной порчи эффективным способом проверки считается исследование запаха, цвета и консистенции более глубоких слоёв мяса, например, разрезание окорока, подрезание лопатки или разрезание не удаленной почки. Можно прокалывать эти части деревянной палочкой или ножом.

1.2 Плесневение

Мясо подвержено плесневению, на поверхности мяса и мясных изделий образуется белый, серый или серо-зелёный налёт плесени со специфическим неприятным и относительно сильным запахом. Т. к. плесневые грибы являются аэробами, то развитие их ограничивается исключительно поверхностью мяса. Плесени очень хорошо развиваются на созревшем мясе, рН которого 5,0-6,0. Они отличаются высокой устойчивостью к воздействию кислой среды. При рН, близком к 2,0, плесень погибает. На развитие плесени влияет скорость циркуляции воздуха в камерах хранения. Плесени развиваются в первую очередь на участках туши, около которых затруднена циркуляция воздуха - на внутренней поверхности рёбер, на паховых складках, на зарезе. Установлено, что количество плесени возрастает при увеличении общей обсеменённости при убое животных и переработке мяса.

Плесени развиваются на продуктах в условиях широкого температурного и влажностного диапазона. Поэтому они могут развиваться на поверхности мяса, высушенного до такой степени, что развитие бактерий на нём невозможно. Этим объясняется, в частности, подверженность сушёного мяса плесневению и устойчивость его против гнилостного разложения.

В местах поражения плесени мясо приобретает тяжелый затхлый запах. Эти части мяса приходится удалять за непригодностью в пищу. Часто на мясе встречаются плесени из рода *Penicillium*, затем *Aspergillus*, *Cladosporium herbarum* и редко рода *Mucorales*. Культуры *Penicillium* не обладают токсичностью, мясо после зачистки пригодно в пищу. *Aspergillus* и *Cladosporium* –

токсичны и проникают в мясо более глубоко. Пораженные этими плесенями участки необходимо удалять.

В обычных условиях хранения мяса в полутушах и крупных отрубях наиболее ранним признаком порчи является появление слизи на его поверхности. Поверхность становится липкой, ухудшается товарный вид мяса, меняется его вкус и запах. Если спустя 24 часа после убоя животного на 1 см поверхности мяса обнаруживаются лишь сотни и тысячи микробов, то при ослизнении их число определяется десятками и сотнями миллионов, а иногда миллиардами.

При низких плюсовых температурах основные возбудители ослизнения мяса – палочковидные формы бактерий преимущественно из родов *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Serratia*. При более высоких температурах обнаруживаются также и кокки. Процесс слизиобразования резко тормозится при температуре, близкой к $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Плесень поражает только поверхность мяса, проникая в ткани на глубину более 2 мм. В связи с тем, что при развитии плесени возможно образование токсина, непригодным для потребления считается мясо, в котором под влиянием плесеней произошли заметные изменения. Эти участки мяса следует удалять. При плесневении в результате гидролиза белков, дезаминирования аминокислот снижается пригодность мяса для потребления. Образующийся при этом NH_3 вызывает сдвиг реакции в щелочную сторону. В связи с этим при развитии плесени резко снижается устойчивость мяса к гнилостному разложению. Некоторые виды плесени могут быть опасными для потребителя (например, *Mucor*, обнаруженная в мясе и в пряностях, обладает сильным токсическим действием). Некоторые микотоксины обладают канцерогенным действием.

1.3 Фазы роста бактерий

Каждая бактерия, обладающая способностью размножаться, проходит цикл роста. Прежде всего она проходит **фазу задержки (лагфаза)** во время которой клетка увеличивается в размерах, при этом увеличивается содержание ядерных веществ и определенных ферментативных систем. Количество клеток в этом периоде почти не увеличивается. После этой стадии начинается простое деление клетки, то есть наступает **логарифмическая фаза** роста, когда с постоянной скоростью продолжается рост и деление клетки.

В то же время растут и размножаются, вновь образованные клетки, число бактерий увеличивается.

Это можно изобразить графически.

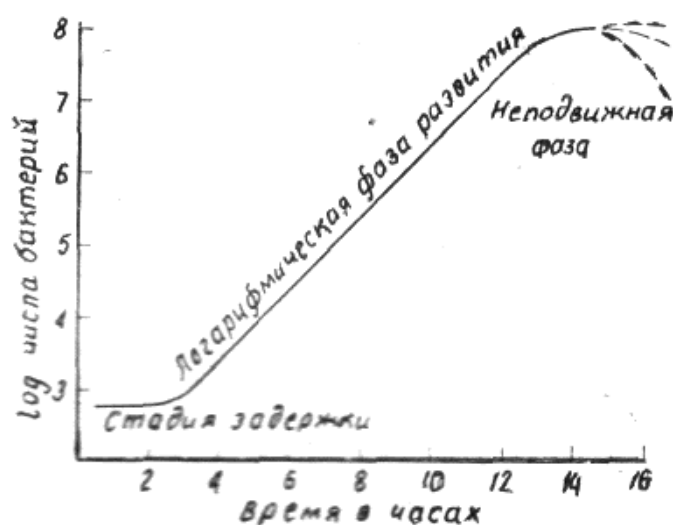


Рисунок 1.1 Типичная кривая развития чистой культуры бактерий

Логарифмическая фаза продолжается до тех пор, пока окружающая среда не замедляет роста бактерий и число бактерий, достигнув максимума, становится относительно постоянным (**стационарная фаза**). Ослизнение становится заметным. При температуре близкой в 0 °С это наблюдается через 20-30 суток. Однако этот срок существенно зависит от факторов, влияющих на рост бактерий.

1.4 Факторы, влияющие на рост бактерий на поверхности и внутри мяса

Основные питательные вещества. Потребность различных бактерий в питательных веществах – воде, кислороде, двуокиси углерода, неорганических веществах, простом азоте и энергии, а так же во многих аминокислотах, витаминах, пуринах, пиримидинах и т.д. - различна. Богатым источником всех этих веществ является мясо, а, следовательно, оно представляет собой хорошую среду для роста огромного числа видов бактерий.

Температура. Температура окружающей среды является, несомненно, наиболее важным фактором, определяющих судьбу микроорганизмов. Для каждого организма существует минимальная температура, то есть самая низкая температура, при которой он сможет развиваться, и максимальная температура, то есть самая высокая, при которой может продолжаться жизнедеятельность микробов.

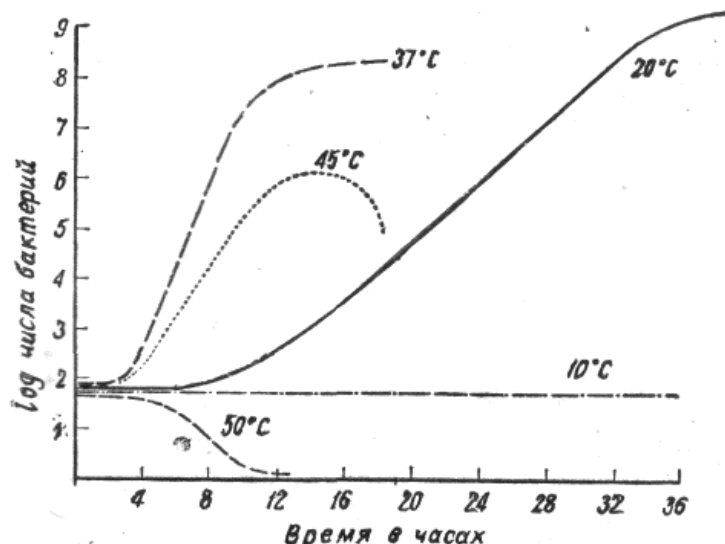


Рисунок 1.2 Кривые развития мезофильных бактерий при различной температуре (оптимальная температура этого штамма 37 °С)

Большинство бактерий усиленно размножаются при температуре 15-40 °С. Это **мезофильные бактерии**. Оптимальная температура роста для большинства штаммов равна 35-40 °С. При этой температуре продолжительность стадии задержки и генерации в логарифмической фазе сводится к минимуму (например, к 20-30 минутам). Поэтому легко подсчитать, что, если мясо хранить при температурах, наиболее благоприятных для развития мезофильных бактерий, то количество их в мясе сильно увеличится за несколько часов. Если температура ниже оптимальной, то продолжительность стадии задержки и генерации увеличивается.

В мясопродуктах, подвергнутых обработке и затем хранившихся без охлаждения, встречаются **термофильные бактерии**, оптимальная температура развития которых составляет 55-60 °С, максимальная 75 °С, а минимальная обычно около 35 °С.

В мясе, хранившемся в охлажденном состоянии, развиваются **психрофильные бактерии**. Обычно в учебниках говорится, что это те бактерии, оптимальная температура роста которых лежит около 20 С. Однако на практике термин «психрофильный» относят к микроорганизмам, которые растут хотя и медленно, при температурах близких к замораживанию.

Таблица 1.1 - Зависимость роста микроорганизмов от температуры

Микроорганизмы	Температура роста в °С		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Психрофильные	От - 5 до + 5	20-30	35-45
Мезофильные	10-15	35-40	40-50
Термофильные	35-40	55-60	65-75

Цифры, приведенные в данной таблице, предельные, наиболее типичные для группы.

Если мясо хранится при температуре, благоприятствующей быстрому росту мезофильных бактерий, то развивается гетерогенная флора. Численность ее становится очень высокой через несколько часов. Если хранить мясо при низкой температуре, то число бактерий увеличивается медленно, при чем развивается лишь меньшая часть микрофлоры.

Когда сырую говядину хранят при 0-2 °С, то интенсивно размножаются бактерии лишь одной группы – *pseudomonas*; конечно, они растут при этой температуре гораздо медленнее, чем при более высокой.

Кислород. Бактерии можно разделить на физиологические группы на основе влияния кислорода на их рост следующим образом: **безусловные анаэробы** (например, *clostridia*), которые могут развиваться лишь при отсутствии кислорода; **безусловные аэробы** (например, *pseudomonas* и *micrococci*), которые могут расти лишь в присутствии кислорода; **условные анаэробы** (*staphylococci* и *coliform*), которые развиваются как в кислородной, так и в бескислородной среде. Обычно условные анаэробы растут быстрее в аэробных условиях, но молочнокислые бактерии, например, стрептококки и лактобациллы, развиваются одинаково в присутствии и при отсутствии кислорода, поэтому их иногда называют безразличными к кислороду.

Таким образом, внутри мяса и мясопродуктов могут развиваться только безусловные и условные анаэробы. То же можно сказать и о поверхности мяса, упакованного в непроницаемую пленку под вакуумом. Источником энергии для роста условных анаэробов в анаэробных условиях являются углеводы или органические кислоты. На поверхности неупакованного мяса могут развиваться все бактерии, кроме безусловных анаэробов.

Кислотность. Для большинства бактерий оптимальная величина рН почти нейтральная (рН 7), а максимальная и минимальная величины рН соответственно равны 8 и 5. Но есть бактерии, которые способны расти при рН 11 и 3. В зависимости главным образом от рациона кормов и ухода за животными до убоя рН сырого мяса обычно 5,3-6,0. При такой величине рН могут развиваться многие микроорганизмы, но было установлено, что мясо с рН 6,0 портится под действием бактерий быстрее, чем с рН 5,3. Например, аэробный рост *staphylococci*, отравляющих продукты питания, уменьшается при рН 5,3, а их анаэробный рост почти полностью прекращается. Следовательно, на практике нужно пользоваться мясом и мясопродуктами с малым значением рН.

В некоторых продуктах рН понижается после добавления кислот (уксусной, молочной и лимонной); в других – рН понижается кислотами, образующимися при микробиальной ферментации.

Влажность. Все микроорганизмы поглощают питательные вещества из водных растворов, даже когда они развиваются на твердой среде (например, на поверхности мясопродуктов). На развитие бактерий оказывает влияние концентрация питательных веществ в растворе.

В таблице 1.2 показано влияние относительной влажности воздуха и температуры на сроки появления слизи на достаточно чистой поверхности мяса.

Таблица 1.2 - Сроки появления слизи на мясе, суток

Температура, °С	Относительная влажность, %			
	100	95	90	85
0	24	33	50	-
2	19	23	27	33
4	16	16	17	18

При 16 °С слизь появляется уже на вторые сутки хранения мяса.

При сушке мяса, по мере высыхания продукта происходит непрерывное сокращение числа развивающихся бактерий, так как замедляется поступление воды из внутренних слоев мяса на поверхность и проникновение растворенных веществ с поверхности мяса в более глубокие слои.

Посолочные ингредиенты. Соленое мясо содержит определенное количество хлорида натрия, а так же нитраты и нитриты натрия и кальция, но в меньших количествах. В нем может быть сахар, фосфаты и другие ингредиенты, добавляемые для улучшения структуры, цвета и вкуса. Соль и некоторые другие ингредиенты задерживают рост бактерий, вызывающих порчу свежего (несоленого мяса). Следовательно, на несоленом мясе и внутри него развивается другая микрофлора. Кроме того, соленое мясо подвергают в какой-то степени термической обработке, что также влияет на микрофлору.

Главным результатом использования ингредиентов при посоле является изменение активности воды под действием поваренной соли. Некоторые бактерии могут восстановить нитрат до нитрита, который ядовит для многих бактерий. Сахар является субстратом для ферментативных типов бактерий, образующих кислоты и понижающих рН продукта. Действие других ингредиентов связано с изменениями активности воды или рН.

1.5 Патогенные, условно-патогенные и санитарно-показательные микроорганизмы

К **патогенным микробам** относят большую группу бактерий, дрожжей, плесеней и вирусов, которые обычно размножаются в условиях живого организма и вызывают инфекционные заболевания.

К **условно-патогенным микроорганизмам** относят бактерии, которые в природе могут существовать в виде сапрофитов и только в определенных условиях, в частности ослабления организма, эти микробы могут служить причиной различных заболеваний у животных и людей.

Такое деление носит условный характер. Многие возбудители инфекционных заболеваний, т.е. патогенные микробы, могут размножаться на искусственных питательных средах и длительное время существовать во внешней среде: почве, воде, воздухе и т.д.

С другой стороны, не всегда патогенные микробы, несмотря на присутствие их в организме человека и животного, могут служить причиной за-

болевания. Часто для этого необходимы условия, способствующие ослаблению макроорганизма и развитию заболевания. Некоторые микроорганизмы являются патогенными только для определенного вида животных.

Одним из основных признаков патогенных микробов является их способность внедряться в чужеродный организм, развиваться там, нарушая нормальное физиологическое состояние.

Присутствие **санитарно-показательных микроорганизмов** в воде, воздухе, продуктах указывает на их экзогенное загрязнение экскрементами человека или теплокровных животных. В зависимости от постоянного места обитания этих микробов в организме человека и животных их разделяют на две группы: обитатели кишечника и обитатели верхнего отдела дыхательных путей. Для пищевых предприятий, в том числе мясоперерабатывающих, представляет интерес первая группа, обитающая в кишечнике. К ней относятся: *E. Coli*, энтерококк (*Str. Faecalis*), синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*), *Cl. perfringens* (*Welchi*), бактериофаг, *Proteus*.

В верхнем отделе дыхательных путей обитают зеленящий (альфа) стрептококк, и гемолитический (бета) стрептококк.

К патогенным возбудителям передающимся человеку, относятся сибирская язва, туберкулез, бруцеллез, лептоспироз, ящур, листериоз, оспа, рожа свиней, туляремия, Ку-лихорадка и сап.

К патогенным микробам, не передающимся человеку, относятся возбудители актиномикоза, пастереллеза, ботриомикоза, болезни Ауэски, злокачественной катаральной горячки крупного рогатого скота и др.

Основным источником обсеменения мяса патогенными микроорганизмами являются больные животные.

К условно-патогенным микроорганизмам относят группу бактерий, общим признаком которых является обитание в кишечном тракте. Они вызывают заболевания людей и животных (энтероколиты, диспепсии у детей, колибациллез у молодняка телят, поросят, жеребят и др.).

К условно-патогенным микроорганизмам относят всю группу, в которую кроме *Proteus vulgaris* входят *B. mirabilis*, *B. morganii*, *B. rettgeri*. К этой группе относят стафилококки и стрептококки, часто обнаруживаемые в мясном сырье.

Главным источником обсеменения продуктов токсигенными стафилококками и стрептококками является человек при некоторых заболеваниях верхних дыхательных путей, а также при наличии гнойничковых поражений на руках.

Источником распространения патогенных стрептококков и стафилококков являются больные животные: коровы, страдающие маститами, и молодняк при септических заболеваниях.

1.6 Изменение показателей качества мяса. Классификация мяса по степени свежести

Порча мяса в процессе хранения под действием микроорганизмов выражается в ослизнении, плесневении, покраснении, посинении, свечением

и гниением. Наиболее опасный вид порчи – гниение, поскольку разрушается белок и образуются вещества, вредные для организма.

Для определения свежести мяса применяют органолептические и лабораторные методы. Согласно ГОСТ 7269-79 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести» оценивают внешний вид, цвет, консистенцию, запах мяса, состояние жира и сухожилий, а также прозрачность и аромат бульона (проба варкой).

ГОСТ 7269-79 распространяется на говядину, баранину, свинину и мясо других видов скота, на мясные субпродукты (кроме печени, легких, почек, селезенки и мозгов).

По степени свежести мясо и мясные субпродукты могут быть свежими, сомнительной свежести и несвежими.

Органолептические исследования проводят при естественном освещении и комнатной температуре. По результатам исследования делают заключение о степени свежести мяса и субпродуктов согласно данным таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Органолептические показатели мяса (мясные субпродукты) разной степени свежести

Показатель	Характерные признаки мяса (мясных субпродуктов)		
	свежего	сомнительной свежести	несвежего
1	2	3	4
Внешний вид и цвет поверхности туши	Корочка подсыхания бледно-розовая, бледно-красная, у размороженных туш красная, жир мягкий, частично ярко-красный	Местами увлажненная, слегка липкая, потемневшая	Сильно подсыхая, покрыта серовато-коричневой слизью или плесенью
Мышцы на разрезе	Слегка влажные, не оставляющие влажного пятна на фильтровальной бумаге; цвет, свойственный данному виду мяса (для говядины - от светло-красного до темно-красного, для свинины - от светло-розового до красного, для баранины - от красного до красно-вишневого, для ягнятины - розовый)	Влажные, оставляют влажное пятно на фильтровальной бумаге, слегка липкие, темно-красного цвета. У размороженного мяса с поверхности разреза стекает слегка мутноватый мясной сок	Влажные, оставляют влажное пятно на фильтровальной бумаге, липкие, красно-коричневые. У замороженного мяса с поверхности разреза стекает мутный мясной сок

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
Консистенция	На разрезе мясо плотное, упругое. Образующаяся при надавливании пальцем ямка быстро выравнивается	На разрезе мясо менее плотное и менее упругое. Образующаяся при надавливании пальцем ямка выравнивается медленно (в течение 1 мин), жир мягкий, у размороженного мяса слегка рыхлен	На разрезе мясо дряблое. Образующаяся при надавливании пальцем ямка не выравнивается, жир мягкий. У размороженного мяса жир рыхлый, осадившийся
Запах	Специфический, свойственный каждому виду свежего мяса	Слегка кисловатый или с оттенком затхлости	Кислый или затхлый, или слабогнилостный
Состояние жира	Говяжий - белого, желтоватого или желтого цвета, твердой консистенции, при надавливании крошится; свиной - белого, бледно-розового цвета, мягкий, эластичный; бараний - белого цвета, плотной консистенции, не должен иметь запаха осаливания или прогоркания	Сероватого оттенка, слегка липнет к пальцам, может иметь легкий запах осаливания	Сероватоматового оттенка, при раздавливании мажется. Свиной жир может быть покрыт небольшим количеством плесени. Запах прогорклый
Состояние сухожилий	Упругие, плотные, поверхность суставов гладкая, блестящая. У размороженного мяса сухожилия мягкие, рыхлые, окрашены в ярко-красный цвет	Менее плотные, матово-белого цвета. Суставные поверхности слегка покрыты слизью	Размягчены, сероватого цвета. Суставные поверхности покрыты слизью
Прозрачность и аромат бульона	Прозрачный, ароматный	Прозрачный или мутный, с запахом, не свойственным свежему бульону	Мутный, с большим количеством хлопьев, с резким неприятным запахом

Мясо и субпродукты, отнесенные к сомнительной свежести хотя бы по одному органолептическому признаку, подвергаются в дальнейшем микроскопическому и химическому исследованию.

1.7 Факторы, подавляющие жизнедеятельность микрофлоры

Бактерии считаются мертвыми, когда они не могут размножаться, даже если их поместить в собственную питательную среду.

Это состояние бактерий нужно отличать от состояния покоя, особенно в отношении спор бактерий.

Нагревание. Нагревание – это один из самых распространенных методов уничтожения патогенных и разлагающих мясо и другие продукты бактерий.

Во влажной среде при нагреве до 60 °С и выше происходит денатурация белков протоплазмы и гибель микробов. В сухой среде они погибают в результате пирогенетических изменений протоплазмы; в этом случае требуется более интенсивное нагревание.

Сапрофитные спорообразующие микробы более приспособлены к значительным температурным колебаниям (от 5 до 50 °С). Патогенные бактерии чувствительны к колебаниям температуры, но их температурный оптимум роста ближе к температуре тела человека или животного. Неспорообразующие виды весьма чувствительны к воздействию высокой температуры: при кипячении они погибают мгновенно, а при 80 °С и в жидкой среде – в течение нескольких минут.

Полная гибель микробов наступает при температуре сухого жара при 160 °С и выше; нагревание во влажной среде при 112-120 °С требует большего времени, особенно для уничтожения споровых форм микробов.

Охлаждение и замораживание. Воздействие низких температур лишь приостанавливает жизнедеятельность микроорганизмов и только частично ведет к их гибели.

Под воздействием низких температур в микробной клетке изменяется вязкость протоплазмы и дисперсность белковых частиц, подавляется деятельность ферментов, снижается скорость внутриклеточных химических реакций. Гибель бактерий наступает преимущественно в результате механических повреждений протоплазмы образующимися кристаллами льда.

При понижении температуры с 10 до -5 °С способность развиваться сохраняют лишь некоторые штаммы бактерий, но скорость их роста значительно снижается.

Мясо, законсервированное замораживанием, хранят при температуре, которая исключает возможность развития бактерий. Замораживание и последующее оттаивание убивают некоторые микроорганизмы, а те, которые выживают, медленно погибают при хранении продукта в замороженном виде. Однако уцелевшие при таком хранении бактерий после размораживания мяса будут расти с той же скоростью, что и до замораживания (при одинаковой температуре).

Сушка. С биологической точки зрения консервирование мяса высушиванием – это еще один способ снижения активности воды для предотвращения развития бактерий.

Минимум влажности, при котором еще возможен рост бактерий, равен приблизительно 30 %; плесневые грибы могут развиваться при 15 % влаги субстрата, адсорбируя влагу из воздуха.

Устойчивы к высушиванию споры, так как они содержат небольшое количество воды (до 40 %). В высушенных белковых субстратах сохраняют

жизнедеятельность туберкулезные бактерии, устойчивы к высушиванию стафилококки, молочнокислые бактерии и дрожжи.

Снижение влаги в среде до 40 % значительно замедляет размножение микробов, но не приостанавливает его. Высушенный продукт, предназначенный для длительного хранения не должен содержать более 10 % влаги.

В мясной промышленности широко используют принципы высушивания при производстве твердых колбас и мясокостной муки.

В последние годы общее признание получила сублимационная сушка – высушивание продуктов в замороженном состоянии под вакуумом.

В обезвоженном сублимацией мясе, упакованном в полимерные пленки, жестяную и стеклянную тару, количество микробов при разных температурных режимах хранения практически не увеличивается. Обезвоженная измельченная вареная говядина без признаков порчи может храниться в течение 32 месяцев.

Облучение. Облучение – это то же один из способов уничтожения бактерий, применяющийся при консервировании мяса.

В основе губительного действия лучистой энергии на микроорганизмы лежат окислительные процессы. Прямые солнечные лучи инактивируют деятельность многих микроорганизмов.

Наибольшей бактерицидностью обладают лучи с короткой волной и сильным фотохимическим действием – ультрафиолетовая, фиолетовая и голубая часть спектра.

Механизм летального воздействия лучистой энергии на микроорганизмы основан на прямом воздействии – поглощении нуклеиновыми кислотами энергии излучения. При высоком содержании воды в теле микроба происходит ионизация клеточного вещества, образуются высокореактивные группы, типа гидроксильных, которые воздействуя на белки клетки, вызывают энергетичный процесс окисления и разрушают жировое вещество. Косвенное воздействие связано с превращениями, происходящими в самой питательной среде. Питательный субстрат становится токсичным и непригодным для развития микробов.

Ультрафиолетовое облучение используют для стерилизации воздуха в помещении. Под действием ультрафиолетовых лучей погибают в течение нескольких минут не только вегетативные формы бактерий, но и споры. Наиболее устойчивы к воздействию ультрафиолетовых лучей патогенные грибы.

Обработка ионизирующей радиацией. Малые дозы рентгеновских лучей при непродолжительном сроке действия как бы стимулируют размножение микробов, большие дозы действуют губительно.

Устойчивость различных видов микробов к воздействию рентгеновских лучей неодинакова: быстрее всего гибнут вирусы. Наиболее устойчивы к лучам рентгена плесени и дрожжи, а затем бактерии.

Наибольшей проникающей способностью обладают γ -лучи. Устойчивость микроорганизмов к воздействию γ -лучей зависит от ряда факторов: характера питательной среды, температуры выращивания, атмосферных условий и т.д.

Доза, обеспечивающая полную стерилизацию продукта, составляет $(2-5) \cdot 10^{10}$ Дж/кг. Однако при такой дозе облучения мясо приобретает неприятный запах, привкус, а также изменяет цвет, особенно говядина. Если мясные продукты перед облучением предварительно подвергаются термической обработке, то указанные недостатки менее выражены.

Применение более низких доз облучения приводит только к пастеризации продукта, обеспечивая в 98 % случаев гибель вегетативных форм микробов, в том числе и патогенных.

Готовые блюда, упакованные под вакуумом в пленки и облученные дозой 3 тыс. Дж/кг, хранятся без органолептических признаков порчи при температуре 18-20 °С до 45 дней.

Ультразвук. Ультразвуковые колебания оказывают летальное действие на бактерии и вирусы при интенсивности от 1 Вт/см² с частотой колебания порядка сотен килогерц (почти мгновенный разрыв клеточных оболочек, разрушение внутреннего содержимого микробной клетки, вплоть до его полного растворения. Палочковые бактерии погибают быстрее, чем кокковые. Споровые формы устойчивее, чем вегетативные клетки.

Стерилизующее действие ультразвука зависит от густоты микробной взвеси и температуры среды. Чем выше вязкость и кислотность среды, тем менее эффективно действие ультразвука. Лучшие результаты стерилизации с помощью ультразвука обеспечиваются в жидкой среде.

Механические воздействия. Из механических средств наиболее губительное действие на большинство микробов оказывает сотрясение – периодические сильные и частые толчки.

К высоким давлениям бактерии мало чувствительны. Дрожжи не теряют бродильных свойств при давлении $505 \cdot 10^5$ Па.

Действие поваренной соли. Хлористый натрий обладает высокой осмотической активностью. Кроме того, угнетающее его действие на микробов обусловлено способностью нарушать обмен веществ между клеткой и средой. Особенно чувствительны к действию соли гнилостные бактерии.

Их развитие прекращается при концентрации 8-10 % NaCl в среде. Патогенные микроорганизмы более чувствительны к действию растворов поваренной соли, чем сапрофитные, палочковидные более чувствительны, чем кокковые.

Для задержания роста микроорганизма в пищевых продуктах необходима определенная концентрация соли, зависящая от ряда факторов: pH среды, температуры, содержания белков. Для задержания роста плесеней при 0 °С достаточно 8 % соли, а при комнатной температуре – 12 %. Развитие дрожжей в солевых продуктах подавляется в кислой среде при 14 % соли, а в нейтральной – только при 20 %.

Соль, добытая из разных источников, сама по себе не свободна от микробов и содержит от 100 до 200 тыс. микробов в 1 г.

Соль обладает бактериостатическим, а не бактерицидным действием, целесообразно применять ее в сочетании с пониженной температурой.

Многие микроорганизмы под влиянием соли изменяют присущие им биохимические свойства.

Действие нитритов и нитратов.

Нитраты и нитриты оказывают прямое и косвенное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов.

Посолочный ингредиент бактериостатического действия – нитрит натрия. Количество нитрита, которое можно добавить в соленое мясо, еще не является особенно эффективным ингибитором развития бактерий, но вместе с солью он представляет значительную ценность, не давая размножаться поврежденным при нагревании спорам в соленом мясе. В некоторых условиях нитрат может стимулировать рост разлагающих микроорганизмов. Совместное действие умеренного нагревания, добавления соли, нитрита и нитрата представлено в таблицы 1.4.

Таблица 1.4 – Влияние ингредиентов рассола на устойчивость консервированного мяса при хранении

Концентрация рассола в %	Количество нитрита в мг %	Количество нитрата в мг %	Результаты		
			хорошие консервные банки	негнилостные вздутия	гнилостные вздутия
5	7,8	15,6	12	0	0
5	7,8	0	12	0	0
5	0	15,6	1	11	0
5	0	0	8	4	0
3,5	7,8	15,6	12	0	0
3,5	7,8	0	12	0	0
3,5	0	15,6	1	9	2
3,5	0	0	6	6	0
0	0	9	9	3	0

В каждой партии было 12 консервных банок; все выдерживались при 38 °С.

Поваренная соль, нитраты и нитриты (в концентрациях, используемых в промышленности) задерживают рост молочнокислых бактерий, в то время как нитраты и нитриты (без добавления соли) в отдельных случаях как бы стимулируют их развитие.

Влияние кислотности среды. Важное значение для развития микробной клетки имеет активная реакция среды (рН).

Наиболее благоприятной для развития большинства бактерий является нейтральная среда. При постепенном уменьшении рН вначале погибают гнилостные бактерии, затем молочнокислые стрептококки и молочнокислые палочки. В кислой среде усиливается действие факторов неблагоприятных для развития микробов.

Отдельные группы микроорганизмов способны регулировать рН среды: так дрожжи при рН 3,5-4,5 сдвигают его в нейтральную сторону, продуцируя вещества с основными свойствами; в нейтральной и в слабощелочной среде при рН 7,5 накапливается уксусная кислота.

Для большинства микроорганизмов допустимый диапазон колебания рН находится в пределах нескольких единиц: рН ниже 4,2 и выше 9,4 являются пределами для их развития, исключением являются плесневые грибы и некоторые виды молочнокислых бактерий, которые развиваются при рН от 3,8 до 8,5.

В мясном производстве чаще применяют уксусную кислоту, но лучшее действие оказывает молочная кислота.

Действие озона и углекислоты. Озон используют совместно с низкими температурами не только как средство, задерживающее размножение микробов, но и для уничтожения посторонних запахов в холодильных камерах.

Концентрация озона, бактерицидно действующая на микроорганизмы, значительно выше тех, которые может переносить человек.

К тому же высокие концентрации (100-200 мг озона в 1 м³ воздуха) вызывают порчу продуктов вследствие окисления и прежде всего жиров.

Углекислота задерживает рост микроорганизмов, вызывающих порчу мяса. Для того чтобы подавить размножение *Achromobacter* и *Pseudomonas*, образующих слизь на охлажденном мясе нужно применять ее в высоких концентрациях (около 40 %).

1.8 Роль микробиальных процессов в технологии

При производстве мясопродуктов микрофлора играет не только отрицательную роль, вызывая порчу. Наряду с гнилостными в мясопродуктах присутствуют и полезные микроорганизмы.

Это, в основном различные виды молочнокислых бактерий. Микрококки и дрожжи. Во многих технологических процессах развитие определенной микрофлоры способствует торможению гнилостной порчи, улучшению органолептических характеристик, ускорению сроков созревания, цветообразованию.

Многие бактерии способны подавлять деятельность нежелательной микрофлоры. Они являются антагонистами бактерий, вызывающих порчу мясопродуктов. Развиваясь, они постепенно вытесняют последние и играют, таким образом, роль санитарного фактора. Известно, например, что добавление сахара в рассол при длительном мокром посоле способствует размножению микроорганизмов, использующих углеводы; при этом затормаживается развитие некоторых гнилостных бактерий. Молочнокислые бактерии при этом еще и сдвигают рН в кислую сторону за счет накопления молочной кислоты, что также неблагоприятно для развития гнилостной микрофлоры.

Участие микроорганизмов в развитии специфического аромата и вкуса имеет особенно большое значение при производстве свинокоченостей, сырокоченых и сыровяленых колбас. Особая роль принадлежит молочнокислым бактериям. Они выделяют ферменты, катализирующие распад угле-

водов. При этом образуются и накапливаются продукты, обладающие ароматом и вкусом, такие, как летучие кислоты, ацетоин, диацетил и др.

Важная роль микрофлоры как технологического фактора подтверждается как прямым, так и косвенным путем. При посоле свинины в условиях, близким к стерильным, специфический аромат ветчинности не обнаруживается даже при длительной выдержки, либо появляется с большим запозданием. При этом в мясе не обнаружено бактерий со способностью к образованию ацетоина.

Молочнокислые и некоторые другие полезные бактерии, развиваясь на мясопродуктах, выделяют и протеолитические ферменты, которые играют важную роль в протеолизе белков тканей и, таким образом, участвуют в повышении нежности мяса. Микробные препараты используют для ускорения сроков созревания мяса.

С развитием жизнедеятельности микрофлоры тесно связано и изменение нитритов, имеющее значение для сохранения желательной окраски мяса.

При производстве ряда мясопродуктов (сырокопченые и сыровяленые колбасы, окороки и др.) используют искусственно подобранные бактериальные культуры. При этом создают определенные комбинации ряда культур – «закваски», которые вводят в продукт с целью подавления деятельности нежелательной микрофлоры, создания букета аромата и вкуса и ускорения созревания мясопродуктов.

1.9 Участие микрофлоры в окрашивании мясопродуктов нитратами и нитритами

В целях сохранения естественной окраски мяса и мясопродуктов, исчезающей под воздействием некоторых технологических факторов (посол, нагрев), их обрабатывают нитратами или нитритами натрия (калия). Нитриты и нитраты являются источниками окиси азота. Миоглобин и гемоглобин взаимодействуют с окисью азота. Полученные в конечном счете нитрозомиоглобин (НОМв) и нитрозогемоглобин (НОНв), обладающие ярко-красной окраской, обеспечивают сохранение устойчивости окраски мяса при его технологической обработке.

В тех случаях, когда по технологическим соображениям применяют нитраты, необходимой стадией является восстановление нитрата до нитрита, точнее до азотистой кислоты, поскольку реакция протекает в кислой среде. Это восстановление происходит под действием денитрифицирующих бактерий.

Характерная особенность денитрифицирующих бактерий – наличие наряду с обычной дыхательной системой окислительно-восстановительной, восстанавливающей нитраты и нитриты.

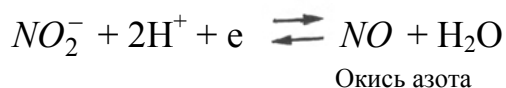
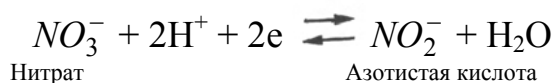
Различие между дыханием и восстановлением нитратов и нитритов заключается в том, что при дыхании микроорганизмы активируют молекулярный кислород, а при денитрификации – кислород нитратов (нитритов), и переносят на него водород. Денитрификация идет как в аэробных, так и в анаэробных условиях.

Деятельность этих бактерий может привести и к более глубокому восстановлению добавляемых азотистых соединений (до молекулярного азота, аммиака и пр.), явлению нежелательному, о котором надо помнить при создании условий для их применения.

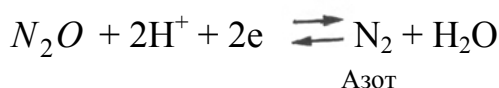
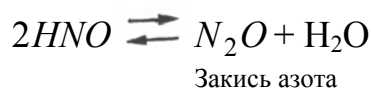
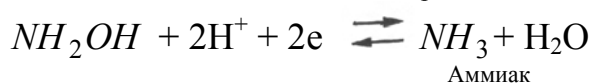
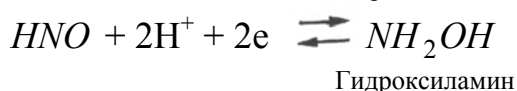
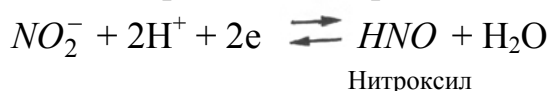
К числу денитрифицирующих микробов, восстанавливающих нитраты до нитритов, относятся многочисленные и разнообразные бактерии, в том числе и часто встречающиеся на мясопродуктах (*Pseudomonas*, *Achromobacter*). Одни денитрифицирующие бактерии утрачивают способность восстанавливать нитраты и нитриты при концентрации соли 10 %, другие сохраняют эту способность при концентрациях соли до 25 %.

В ходе денитрификации образуются также различные промежуточные продукты: азотистая кислота, двуокись и окись азота, гидроксилламин, нитроксил. Их количество зависит от скорости образования и распада. Для стабилизации окраски соленых мясопродуктов желательно преимущественное накопление азотистой кислоты и окиси азота.

Пока в среде присутствуют нитраты и нитриты, энергия, необходимая для жизнедеятельности денитрифицирующих бактерий, возникает за счет переноса электронов водорода с молекул редуцирующих веществ (доноров водорода) на молекулы нитрата и нитрита (акцепторов водорода). Схематически сложный процесс денитрификации может быть представлен в следующем виде:



Наряду с этими процессами развиваются реакции:



В условиях контакта с воздухом денитрификация идет быстрее, чем в анаэробных условиях. Ход денитрификации существенным образом зависит от реакции среды. С наибольшей скоростью она протекает в нейтральной и слабощелочной среде (рН 7,0-8,0). Но при этом в основном накапливаются продукты глубокой денитрификации. В кислой среде денитрификация идет с меньшей скоростью, но зато с преимущественным накоплением нитритов. (рН около 5,5).

Процесс денитрификации, если он протекает без вмешательства, заканчивается полным распадом нитратов и нитритов. Рассолы становятся непригодными к употреблению, теряют окраску и приобретают неприятный запах. Поэтому при многократном использовании рассола необходимо систематически пополнять его нитратом.

1.10 Роль молочнокислых бактерий

В последние годы внимание ученых и специалистов привлекают молочнокислые бактерии (лактобактерии и лактококки) и бифидобактерии в связи с поистине уникальными свойствами данных микроорганизмов, которые дают возможность их широкого использования в пищевой, в частности, мясной и молочной промышленности.

Наиболее известные свойства лактобактерий и лактококков – способность сбраживать углеводы, образуя молочную и другие органические кислоты, обусловили использование бактерий в качестве заквасок при изготовлении кисломолочных продуктов, сыров. Позже эти закваски, именуемые стартовыми культурами, стали применять в мясной промышленности для ускорения созревания мясного сырья и улучшения его органолептических свойств с одновременным повышением качества готовой продукции.

Особенностью жизнедеятельности этих бактерий является их способность использовать в качестве питательной среды углеводы с образованием карбоновых кислот. Некоторые представители молочнокислых бактерий продуцируют вещества, участвующие в возникновении специфического ароматического букета, который принято называть «ароматом ветчинности». Образующиеся наряду с молочной кислотой пировиноградная, винная, уксусная кислоты, этиловый спирт, ацетоин и другие.

Важная роль в формировании аромата принадлежит продуктам расщепления жиров: свободным жирным кислотам и карбонильным соединениям. Способностью продуцировать липазы, участвующие в этом процессе, обладают бактерии *Lactobacillus*. К настоящему времени выявлено действие многих штаммов молочнокислых бактерий на мышечную ткань (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Технологические свойства стартовых культур молочно-кислых бактерий

Наименование стартовых культур	Позитивно-технологические свойства	Положительный эффект при действии на мясное сырье
1	2	3
<i>Streptococcus cremoris</i>	Производят диацетил и ацетоин, сбраживают лактозу до молочной кислоты, не сбраживают сахарозу, незначительно образуют CO ₂ , способствуют образованию вязкой консистенции	Понижение pH, улучшение санитарно-гигиенического состава, аромата, консистенции.
<i>Streptococcus lactis</i>	Высокая сквашивающая способность в сочетании со слабым образованием CO ₂ . Активный кислотообразователь, стойкий к NaCl, из аргинина производит диацетил и ацетоин, сбраживает лактозу – до молочной кислоты.	Понижение pH, улучшение санитарно-гигиенического состава, консистенции, аромата, биологической ценности.
<i>Streptococcus diacetylactis</i>	В присутствии сбраживаемого углевода расщепляет цитрат с образованием CO ₂ , ацетоина, диацетила. Сильный ароматообразователь. Может вызвать так называемый привкус свежести. Оказывает подавляющее воздействие в отношении нежелательных и патогенных микроорганизмов.	Улучшение аромата, санитарно-гигиенического состава, биологической ценности, понижение pH.
<i>Leuc. citrovorum</i>	Ускоряет кислотообразование, снижает pH. Способствует появлению мягкого долговременного аромата за счет образования ацетата, ацетоина и диацетина.	Улучшение аромата и вкуса, понижение pH.
<i>Leuc. lactis</i>	Сбраживает лактозу с образованием молочной кислоты, уксусной кислоты, этилового спирта и углекислого газа.	Снижение pH, улучшение санитарно-гигиенического состава, консистенции мяса.

Способность к продуцированию карбоновых кислот является одной из наиболее важных функций молочнокислой микрофлоры, развивающейся в рассолах, соленых мясopодуктах и сырокопченых (сыровяленых) колбасах. Снижение величины pH за счет накопления кислот сказывается не только на вкусовых особенностях продукта. Она влияет также на интенсивность развития других бактерий, в том числе гнилостных, на водосвязывающую способность белков, консистенцию продукта, ход денитрификации и устойчивость окраски.

Твердо установившихся взглядов относительно оптимальной величины pH для многократно употребляемых рассолов и сырокопченых (сыровяленых) колбас нет. В большинстве случаев полагают, что для рассолов pH

должен быть около 6,0. Что касается колбас, то он зависит от установившихся традиций и привычек потребителя, поскольку с ним связаны вкусовые особенности продукта. В некоторых странах предпочитают колбасные изделия с кисловатым привкусом (рН 4,2-4,4), в других его избегают (например, в России) и вырабатывают изделия с рН около 6,0. Вне зависимости от этого вопрос о знании величины рН заслуживает внимания.

Снижение рН приводит к подавлению жизнедеятельности и даже отмиранию такой нежелательной микрофлоры, как грамотрицательные палочки и спорогенные аэробы, в том числе протеолитические бактерии, способные вызывать гниение при рН выше 5,5. В связи с понижением рН постепенно исчезают представители этой микрофлоры и начинают господствовать молочнокислые бактерии и кислото- и солеустойчивые кокки. Но и их число по мере накопления кислот и падения рН снижается.

Оценивая положительную роль молочнокислой микрофлоры, не следует вместе с тем упускать из виду, что некоторые дефекты рассолов, солевой продукции и сырокопченых колбас связаны именно с ее развитием. К таким недостаткам относятся: закисание и позеленение рассолов, светлые пятна, кислый привкус, газообразование, зеленоватые и желтоватые пятна у сырокопченых колбас.

Чаще всего дефекты появляются при большой начальной загрязненности рассолов и сырья микроорганизмами и при повышенных температурах. По-видимому основная причина – несоответствие между интенсивностью развития молочнокислых бактерий и интенсивностью процесса денитрификации. Если интенсивность накопления молочной кислоты очень велика, быстрое падение рН до низкого уровня тормозит деятельность денитрифицирующих бактерий. Это происходит при повышенных температурах (порядка 18 °С и выше).

1.11 Роль микрофлоры в посоле мясopодуктов

В практике посола свинины особое значение имеет применение так называемых старых рассолов, многократно используемых в течение ряда лет. Применение этих рассолов ускоряет развитие таких качественных показателей, как цвет. Аромат и вкус. Вместе с тем старые рассолы наиболее стабильны по количеству и характеристике содержащейся микрофлоры.

Общее количество микроорганизмов в старых рассолах весьма велико и исчисляется сотнями тысяч в 1 мм рассола. В работах ВНИИМП при исследовании окороков и старых рассолов выделено 350 штаммов бактерий, которые были отнесены к 26 видам: 6 – к *Navobacterium*, 2 – к *Serratia*, 1 – к *Pseudomonas* и 15 – к семейству микрококков.

Большая часть микробов рассолов принадлежит к кокковым видам, меньшая – к палочковым. Большая часть последних относятся к грамотрицательным.

Судя по литературным данным, чаще всего встречаются в рассолах лактобациллы и микрококки. На поверхности преобладают представители аэробных бактерий и дрожжей. Обнаружены также антоганиты нежелательной микрофлоры. Они могут попадать в рассолы с мясом. Из рассола и соле-

ного мяса выделено 7 культур кокков, активных антоганистов гнилостных бактерий. Их количество возрастает с увеличением длительности посола до 2-4 месяцев и много содержится в старых рассолах. Некоторые из кокков проявляют антоганистические свойства к гнилостным микробам только в присутствии соли. Соль в концентрации 5-8 % уменьшает устойчивость гнилостных микробов к антибиотическому действию кокков.

Установлена активная роль микрофлоры при посоле мясопродуктов в цветообразовании, торможении порчи и улучшении органолептических характеристик мясопродуктов.

Состав микрофлоры рассолов в посоле зависит от многих причин, в том числе от сырья, условий и режима посола, а также от продолжительности посола. В процессе посола общее количество микроорганизмов в рассоле возрастает в десятки раз. Это объясняется накоплением питательных веществ, переходящих из мяса в рассол, и уменьшением концентрации соли в нем. Количество микроорганизмов в самом мясе в течение первых трех-четырех недель увеличивается, а затем начинает уменьшаться. Меняется и качественный состав микрофлоры как в результате подавления жизнедеятельности одних микробов и преимущественного развития других, так и вследствие приспособления некоторых из них к окружающим условиям.

Наиболее ценными в технологической практике являются рассолы с установившимся микробиальным равновесием и содержащие такую микрофлору, которая способствует улучшению качества соленых продуктов и способна подавлять развитие нежелательных микроорганизмов.

Однако при очень больших количествах лактобацилл происходит закисание рассола.

Наиболее часто встречающийся вид порчи рассолов – **загнивание**. Рассол мутнеет, в нем появляется пена, слизь; окраска становится светлорозовой, но приобретает неприятный запах; рН рассола повышается, достигая 6,8 и выше. Загнивание вызывается обильным развитием грамотрицательных бактерий – представителей родов и семейств *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Spirill* и др.

Второй вид порчи рассолов – **закисание**. Рассол также мутнеет, в нем появляются хлопья и слизь; окраска приобретает зеленоватый оттенок, запах становится кисловатым, рН падает ниже 6,0. Закисание вызывает деятельность представителей родов и семейств микрококков, лактобацилл, стрептококков, педиококков.

Порче рассолов благоприятствует, прежде всего, повышение температуры и снижение концентрации соли. Часто в испорченных рассолах уменьшается содержание нитратов и нитритов. Закисанию способствует высокое содержание сахара в рассоле, т.к. он является питательной средой для некоторых микробов, продуцирующих кислоты.

Часть 5 Изменение свойств мяса и мясопродуктов под действием технологических факторов

1 Холодильная обработка

Для предохранения мяса и мясопродуктов от порчи и увеличения сроков их хранения применяют низкие температуры. При этом задерживается или предотвращается микробиальная порча и тормозятся автолитические процессы, ведущие к глубокому распаду компонентов сырья животного происхождения. Кроме того, мясопродукты подготавливаются к обезвоживанию методом сублимационной сушки.

Замораживание, хранение в замороженном виде и последующее размораживание вызывают в тканях изменения, которые отражаются на качестве мяса и мясопродуктов.

1.1 Физические изменения при замораживании и хранении мяса

В мясе содержится около 72 % воды и 1 % минеральных веществ. Следовательно, жидкая часть мяса (мясной сок) представляет собой солевой раствор белка, содержащий растворённые органические и неорганические вещества. В отличие от чистой воды такой раствор имеет температуру начала замерзания, или криоскопическую точку, ниже 0 °С. Для мясного сока это температура от минус 0,6 до минус 1,2 °С. При замораживании мяса после достижения криоскопической точки начинается вымораживание воды из мяса. Количество и величина кристаллов льда, образующихся при замерзании жидкости, а также равномерность распределения льда между клетками и межклеточным веществом по толщине замораживаемого продукта зависят от скорости замораживания. Процесс кристаллообразования происходит следующим образом. При снижении температуры увеличивается вязкость жидкости и уменьшается скорость движения частиц. В тех частях жидкости, где достигается переохлаждение ниже криоскопической точки, образуются зародыши кристаллов. Это первая фаза кристаллообразования. В этот момент выделяется скрытая теплота кристаллизации, поэтому температура переохлаждённой жидкости повышается и образование новых зародышей становится невозможным. Начинается вторая фаза кристаллообразования – рост образовавшихся кристаллов. Чем выше скорость теплоотвода во внешнюю среду, тем больше число образующихся кристаллов и меньше размеры каждого из них.

При замораживании тканей центры кристаллизации образуются раньше в межклеточном пространстве, так как межклеточная жидкость имеет несколько меньшую концентрацию, а значит более высокое значение криоскопической точки, чем внутриклеточная. Но как только они образуются, концентрация межклеточной жидкости и её осмотическое давление возрастают. Вода диффундирует из клетки в межклеточное пространство.

При медленном замораживании скорость теплоотвода относительно небольшая и в межклеточном веществе образуются крупные кристаллы. В клетках

кристаллы не образуются, но клетки обезвоживаются. Образование крупных кристаллов в практике замораживания мяса – явление нежелательное: своими острыми гранями они разрушают соединительнотканые прослойки, давят на клетки, вызывая их растяжение. При этом мышечные волокна не только деформируются, но иногда и разрушаются. Ткань разрыхляется. От размеров образующихся кристаллов льда зависит степень сохранения целостности, естественной структуры тканей. Чем больше нарушена структура тканей при замораживании, тем больше потери мясного сока при размораживании мяса и его последующей механической обработке (обвалке, жиловке).

Сравнительно быстрое замораживание мяса при температуре минус 35-40 °С приводит к образованию кристаллов льда не только в межклеточных пространствах, но и в клетках. Скорость образования их выше скорости перемещения влаги, поэтому большая часть жидкости оказывается замороженной там, где она находилась до замораживания. При таком способе замораживания образуются мелкие кристаллы льда. В этом случае характер распределения вымороженной воды мало отличается от характера распределения её в свежем мясе и почти не наблюдается гистологических изменений в мышечной ткани. В таблице 1.1 приведены изменения под влиянием замораживания мышечной ткани в различных условиях.

Таблица 1.1 - Изменение мышечной ткани при замораживании в различных условиях

Замораживающая среда	Температура среды, °С	Изменения
Жидкий воздух	- 190	Большое количество мельчайших кристаллов внутри волокна, обычно имеющих форму игл.
Жидкая углекислота	- 78	В волокне до 10 и более крупных кристаллов. Разрушения ткани нет
Рассол	- 15	В волокне 1-2 крупных кристаллов. Заметно некоторое изменение структуры протоплазмы.
Воздух	- 10	Крупные кристаллы, расположены главным образом в межклеточном пространстве. Обезвоженные, частью разрушенные волокна группируются в пучки.

При длительном хранении тканей в замороженном виде на их состояние влияют различные изменения, сопутствующие кристаллизации льда. Например, агрегационные взаимодействия сократительных белков, обусловлены вымерзанием воды.

Вымораживание воды способствует лучшему контакту белковых частиц, создаёт благоприятные условия для взаимодействия активных групп белковых макромолекул с образованием прочных связей между ними. Это

сказывается на свойствах мяса: оно хуже переваривается, понижается растворимость белков и их гидрофильность, уменьшается количество адсорбционно связанной влаги. Вследствие вымораживания воды из тканевых жидкостей образуются гипертонические растворы.

Воздействие гипертонических растворов обуславливает денатурацию белков и распад белковых структур, прежде всего липопротеидов. Степень таких изменений зависит от продолжительности хранения в замороженном виде. Даже небольшие денатурационные изменения в миофибриллах вызывают значительное уменьшение влагосвязывающей способности мышечных волокон.

Вредного влияния гипертонических растворов можно избежать, если ткани замораживать быстро и хранить при минус 35-40 °С, когда соли уже не находятся в растворённом состоянии.

1.2 Влияние замораживания на микрофлору

Большинство микроорганизмов не развивается при температуре ниже точки замерзания протоплазмы (содержимое живой клетки, включая её ядро и цитоплазму).

Развитие некоторых приостанавливается при низких плюсовых температурах. Бактерии *Salmonella*, *Coli* и *Proteus* не размножаются ниже 2-5 °С. Однако самые различные формы микроорганизмов способны расти и размножаться при температурах, близких к 0 °С и ниже 0 °С. При минус 2 °С обнаруживается рост кокковых и палочковых форм бактерий. *Achromobacter* и *Pseudomonas*, часто встречающиеся на мясе, развиваются при минус 3 и минус 5 °С;

Особенно устойчивы к действию холода плесени. Некоторые из них развиваются при минус 9 °С. Лишь при минус 12 °С их не было обнаружено в течение 27 месяцев. Таким образом, замораживанием можно полностью приостановить развитие микроорганизмов на продукте, но для этого температура должна быть достаточно низкой.

Замораживание микроорганизмов обычно сопровождается отмиранием 90–99 % количества клеток. При минус 5 °С отмирание микроорганизмов идёт довольно медленно. Наиболее губительно действуют температуры в интервале от минус 6 до минус 12 °С.

При минус 20 °С скорость отмирания уменьшается. Многие плесени выдерживали температуру минус 18 °С в течение 10–12 месяцев, хотя большинство клеток погибало при минус 8 °С.

Если замораживают очень быстро и до низких температур, около 10 % клеток остаются живыми. Жир также защищает клетки от отмирания. Таким образом, замораживание ведёт к гибели большей части, но не всех клеток. опыты с бактериями и дрожжами показали, что повреждение клеток происходит в период кристаллообразования или, наоборот, оттаивания кристаллов. Существует наиболее губительный для микробов интервал в пределах от минус 6 до минус 12 °С. Чем ниже температуры за этим пределом, тем меньше отмирание микробов. Быстрое замораживание уменьшает бактерицидное действие холода.

Низкие температуры сами по себе не вызывают гибели микроорганизмов. На твёрдой углекислоте (температура около минус 78 °С) обнаружены многочисленные жизнеспособные споры гнилостных микроорганизмов. Болезнетворные бактерии в течение многих часов выдерживают температуру жидкого воздуха (около минус 190 °С). Споры плесени не погибают при температуре жидкого гелия (около минус 270 °С). Продолжительность воздействия низких температур также не является причиной отмирания микроорганизмов. Из слизи носа ископаемого мамонта выделены способные развиваться микроорганизмы. Грунты в районе вечной мерзлоты на глубине около 40 см содержат 5-10 микробов в 1м почвы. Культуры бактерий, которые выдерживались при минус 15 °С до 2,5 лет, по истечению этого срока не теряли способности к развитию. На протяжении трёх зимних месяцев, даже когда температура колеблется между минус 20 и минус 45 °С, большинство патогенных бактерий, находящихся на снегу, не погибает. Таким образом, применение низких температур даже в течение длительного времени не обеспечивает стерилизацию продукта, а тем более уничтожения содержащихся в нём бактериальных токсинов. Кроме того, микроорганизмы могут приспосабливаться к низким температурам.

Тем не менее, в процессе хранения мясопродуктов при достаточно низких температурах происходит постепенное отмирание большей части микрофлоры. 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 оставалось 1–2 % к начальному числу клеток (т.е. около 1000 на 1 см²). Но у большинства обнаруживаются отклонения от нормальных морфологических и физиологических свойств.

Влияние содержащейся в продуктах поваренной соли на устойчивость микроорганизмов к низким температурам имеет двоякий характер. С одной стороны, присутствие поваренной соли снижает криоскопическую точку тканевой жидкости, и тем больше, чем выше концентрация соли. Этим устраняется механический фактор повреждения клеток в связи с кристаллообразованием, пока не начнётся вымерзание воды. В переохлаждённом 12 % - ном рассоле в течение десятков суток отмирание некоторых микробов (при минус 8 °С) происходит медленно. Но после замораживания уже через двое суток их количество падает до долей процента к начальному содержанию. С другой стороны, чем выше осмотическое давление раствора соли, тем быстрее идёт отмирание микробов и тем меньше их остаётся как в переохлаждённом, так и в замёрзшем растворе соли.

Существуют только 2 непосредственные причины приостановления жизнедеятельности и отмирания микроорганизмов: существенное нарушение обмена веществ и значительное повреждение структуры клетки. Обе причины взаимосвязаны: если одна из них является первоначальной, вторая непременно следует за ней.

Пока температура остаётся выше криоскопической точки протоплазмы, нарушение жизнедеятельности микроорганизмов может быть только следствием изменения температуры. Оно приводит **во-первых** к торможению всех процессов, в совокупности составляющих обмен веществ, **во-вторых**, нарушает нормальное соотношение скоростей этих процессов. В результате наступает существенное нарушение обмена веществ и приостанавливается нормальная жизнедеятельность клетки.

Если температура ниже криоскопической точки протоплазмы, её действие усугубляется вымерзанием воды в окружающей среде и в самой клетке. По мере замерзания среды, микробы вытесняются в оставшуюся жидкую часть, затем клетки вымерзают в затвердевшую эвтектическую смесь. Таким образом, кроме влияния изменения температуры, клетка оказывается под действием: обезвоживания среды и протоплазмы, повышенной концентрации незамерзшей жидкой фазы, перемещения влаги внутри самой клетки и из клетки во внешнюю среду в связи с образованием кристаллов и, наконец, механического воздействия кристаллов. Чем крупнее и сложнее организм, тем чувствительнее он к низким температурам и тем быстрее его клетки отмирают при замораживании и выдержке при низких температурах. Например, мясные гельминты погибают быстрее микробов. Режим замораживания и выдержки мяса с целью его обезвреживания регламентируется правилами ветсанэкспертизы.

1.3 Автолитические изменения при замораживании

В период замораживания и при последующем хранении мяса в замороженном виде деятельность тканевых ферментов резко замедляется, но не приостанавливается даже при очень низких температурах; происходят автолитические изменения компонентов мяса.

Липаза не теряет активности при минус 35 °С. Разрушения ферментов не наблюдается даже при температуре минус 79 °С. Ферменты в замороженном состоянии могут сохраняться много месяцев без заметной потери активности. В период замораживания первостепенное значение имеет скорость снижения температуры, а при хранении – температура от которой зависит скорость ферментативных процессов.

Таким образом, глубина развития автолитических процессов к моменту замерзания зависит от скорости замораживания: чем медленнее идёт замораживание, тем более глубоко заходят автолитические процессы. Так, при медленном замораживании величина рН мяса на 0,10–0,15 единиц ниже, чем при быстром. В таблице 1.2 приведены результаты опыта быстрого и медленного замораживания мяса.

Таблица 1.2 - Результаты быстрого и медленного замораживания мяса

Показатель	Перед замораживанием	Быстрое замораживание	Медленное замораживание
1	2	3	4
Содержание глюкозы, мг %	196	209	221
Содержание молочной кислоты, мг %	677	698	722
Кислоторастворимые соединения фосфора, мг %	227	237	255
В том числе:			
органические	54	37	27
неорганические	173	200	228

Рост количества кислоторастворимых соединений фосфора свидетельствует о ферментативном распаде нерастворимых органических фосфорсодержащих соединений (фосфатидов)

Ещё более показательны изменения углеводной системы при замораживании парного мяса (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Изменения углеводной системы при замораживании мяса

Показатель	Перед замораживанием	Изменения в период замораживания (24 ч) при температуре, °С	
		-10	-23
Молочная кислота, мг %	380	610	520
Гликоген, мг %	420	200	250
Редуцирующие вещества, мг %	100	250	150
Величина рН	6,4	5,8	6,0

Чем быстрее замораживание, тем на более ранних стадиях затормаживаются автолитические процессы: задерживается распад гликогена, рН не успевает резко снизиться, и меньше изменяются свойства мяса.

Скорость и глубину развития автолитических процессов в период замораживания нельзя оценивать безотносительно к размерам (толщине) замораживаемых отрубов. При очень быстром замораживании небольших кусков (толщиной 1–2 см) вымерзание влаги идёт практически одновременно по всей глубине. Происходит как бы фиксирование того состояния мяса, в котором оно находилось перед замораживанием.

Если, например, быстро заморозить небольшой кусок парного мяса, в нём задерживается развитие посмертного окоченения. При его оттаивании в тканях быстрее обычного наступает состояние посмертного окоченения.

Иначе обстоит дело при замораживании парного мяса в крупных отрубках. Здесь температура в толще мяса надолго задерживается на уровне выше криоскопической точки, а затем близком к минус 2°C , когда происходит вымерзание большей части влаги.

В глубоких слоях тканей фаза посмертного окоченения начинает развиваться раньше, чем в обычных условиях. Подтверждением этого служит состояние мышечных волокон в парном замороженном мясе, которые в продольном сечении имеют волнообразную извилистость. В поверхностных слоях гликолиз задерживается на более ранней стадии, чем в глубине. При этом рН успевает снизиться примерно только на 0,5.

Во внутренних слоях к моменту их замерзания гликолитические процессы достигают большей глубины. В тесной связи с некоторым ускорением в глубоких слоях начальной фазы автолиза при очень медленном замораживании парного мяса возникает загар. Он вызывается тем, что образующаяся ледяная корочка на поверхности мяса препятствует газообмену с внешней средой и выделяющиеся в значительных количествах газообразные продукты автолиза накапливаются и задерживаются в мясе.

Резкое торможение автолитических процессов при быстром замораживании имеет первостепенное значение при консервировании эндокринно – ферментативного сырья. Так, при медленном замораживании поджелудочной железы активность вырабатываемого из неё инсулина в несколько раз меньше, чем при быстром.

В период хранения при низких температурах автолитические процессы в мышечной и других тканях существенно замедляются, но не приостанавливаются. Во всяком случае в пределах практически применяемых температур, до минус 65°C продолжается распад систем и веществ, образующих ткани.

В таблице 1.4 приведены изменения наиболее лабильных систем мышечной ткани мяса, хранившегося при минус 12°C .

Таблица 1.4 - Изменения мышечной ткани, хранившейся при минус 12 °С

Показатель	Изменения (в мг %) при продолжительности хранения, месяцы		
	начало процесса	2	4
Глюкоза	209	161	125
Молочная кислота	698	738	789
Кислоторастворимые соединения фосфора	220	242	250
в том числе:			
органические соединения	41	53	55
неорганические соединения	179	188	195

Увеличение общего количества кислоторастворимых соединений фосфора свидетельствует о разрушении нерастворимых в воде органических фосфорсодержащих соединений.

Замораживание мяса не приостанавливает гидролитических изменений белковой системы. Даже при минус 18 °С в процессе хранения мяса обнаруживаются признаки глубокого гидролиза белков, о чём свидетельствует возрастание количества аминокислотного азота в тканях (таблице 1.5).

Таблица 1.5 - Гидролитические изменения белков при замораживании

Показатель	Содержание аминокислотного азота (в мг %) при продолжительности хранения			
	2	8	15	18
Говядина I категории	56	72	80	96
II категория	62	67	80	82
Свинина мясная		59	88	98

В процессе хранения мороженого мяса увеличивается электропроводность, вязкость и плотность и уменьшается поверхностное натяжение водной вытяжки из мяса. Увеличение вязкости и плотности вытяжки связано с переходом в раствор продуктов распада нерастворимых веществ, а электропроводности обусловлено минерализацией органических веществ. Гидролитический распад жиров протекает с заметной скоростью даже при сравнительно низких температурах хранения. В таблице 1.6 приведены данные, характеризующие изменение кислотного числа жира различных видов мяса, хранившегося при минус 18 °С.

Таблица 1.6 - Изменения кислотного числа жира, хранившегося при минус 18 °С

Показатель	Кислотное число при продолжительности хранения, месяцы			
	2	8	15	18
Говядина:				
I категории	1,10	1,40	-	1,58
II категории	0,93	1,50	1,54	1,92

Скорость гидролитического распада жира резко меняется с понижением температуры хранения. Так, если прирост кислотного числа шпика свинины, хранившейся 12 месяцев при минус 8 °С, составил более 1,6, то при минус 18 °С - всего 0,2.

Свойства мяса после его хранения в замороженном состоянии существенным образом зависят от глубины автолитических изменений тканей к моменту полного замораживания.

В мясе, замороженном в парном состоянии, активность ферментов сохраняется достаточно хорошо. Процесс созревания замороженного мяса во многом аналогичен созреванию немороженого мяса и приводит к повышению его нежности и накоплению продуктов, придающих вкус и аромат. Потери мясного сока и содержание в нём белков при размораживании и последующей обработке такого мяса относительно невелики, так как разрушение клеточных структур в нём менее интенсивно, чем в автолизированных мышцах. Мясо, замороженное к моменту разрешения посмертного окоченения (охлаждённое мясо), не отличается по вкусовым свойствам от мяса, замороженного в парном состоянии. Однако во время размораживания и особенно при последующей обработке такое мясо теряет много мясного сока вследствие нарушения в процессе предварительного автолиза многих микроструктур и целостности мембран. Созревание такого мяса после размораживания не всегда приводит к достаточному улучшению нежности, что объясняется потерей активности ферментов в мороженном виде, поскольку они до замораживания были высвобождены из «защитных» структур (лизосом). Чем больше длительность хранения мяса в мороженном виде, тем больше инактивируются ферменты. При созревании размороженного мяса, замороженного в состоянии посмертного окоченения, происходят большие потери мясного сока и мясо остаётся дряблым и вместе с тем жестким, вкус и аромат такого мяса выражены плохо.

Таким образом, замораживание в парном состоянии (однофазное замораживание) имеет преимущества перед холодильной обработкой, предусматривающей охлаждение мяса и последующее его замораживание в охлаждённом состоянии (двухфазное замораживание).

Кроме того, мясо, замороженное в парном состоянии, не только имеет лучшие качественные показатели, но и дольше хранится, размеры усушки мяса в процессе холодильной обработки сокращаются примерно в 2 раза, уменьшается продолжительность замораживания, повышается производительность труда рабочих по сравнению с мясом, замороженным после охлаждения.

Мясо в состоянии посмертного окоченения для замораживания непригодно.

1.4 Изменение мясопродуктов при взаимодействии с внешней средой

При замораживании и последующем хранении изменения в мясопродуктах вызываются тепло- и влагообменом и химическим взаимодействием с внешней средой.

Тепло- и влагообмен с внешней средой вызывает постоянное испарение влаги с поверхности мяса. Через некоторое время на поверхности образуется обезвоженный губчатый слой. Этот слой содержит в среднем около 30 % влаги. На разрезе отчетливо видна граница между ним и остальной частью продукта, имеющего около 70 % влаги. В губчатом поверхностном слое, объём пор заполняется воздухом.

Химическое взаимодействие с внешней средой выражается в окислении составных частей мясопродуктов кислородом воздуха. Окислительные процессы вызывают глубокие изменения в мышечной и в большей степени в жировой тканях. Окислительные изменения белковых веществ в пористом внешнем слое приводят к резкому уменьшению его влагосвязывающей способности и увеличению жёсткости.

В жировой ткани развиваются процессы окислительной порчи и накапливаются продукты окисления жира. Появляются салостый, затем постепенно усиливающийся прогорклый вкус и запах. При длительном хранении замороженного мяса вследствие окисления жира могут накапливаться токсические продукты. Органолептические показатели жировой ткани свинины начинают изменяться раньше, чем у говядины. При хранении замороженных свиных туш наблюдается пожелтение жировой ткани. Цвет мяса по мере увеличения сроков хранения становится более тёмным в результате концентрации пигментов в высушенном слое мяса, а также из-за окисления миоглобина и оксимиоглобина в метмиоглобин.

Окраска мороженого мяса, хранящегося в обычных условиях изменяется только по истечении примерно месячного срока.

- Интенсивность окисления пигментов зависит от рН мяса. При более высокой кислотности среды оно идёт быстрее.

- Окислению способствует действие света, особенно жёлтой части спектра. В зелёном и красном свете окраска меняется медленнее. Ультрафиолетовая часть спектра ускоряет окисление, так как вызывает денатурацию пигментов.

- Интенсивность изменения зависит от температуры хранения

В ходе окислительной порчи жира накапливаются типичные продукты окисления жира. В таблице 1.7 приведены данные, характеризующие интенсивность образования некоторых продуктов окислительной порчи свиного жира в поверхностном слое шпика при хранении свинины.

Таблица 1.7 - Интенсивность окислительной порчи свиного жира

Показатель	Температура хранения, °С	Величина показателей при хранении в течение месяцев					
		Перед хранением	4	6	8	10	12
Оксикислоты, %	- 8	0,08	0,23	0,28	-	1,28	1,37
	-18		0,20	0,22	0,28	-	0,35
Летучие кислоты, %	-8	0,75	1,4	1,5	3,0	3,6	3,9
	-18		0,95	0,95	-	0,96	1,05
Перекисное число в мл 0,01 Н тиосульфата 1г жира	-8		-	-	0,9	1,8	5,1
	-18	0,03	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6

Из данных таблицы видно, что окислительная порча жира не приостанавливается и в том случае, если мясо хранится при минус 18 °С, но её скорость при этой температуре резко падает.

Изменение содержания витаминов

В зависимости от температуры хранения количество водорастворимых витаминов при хранении мороженого мяса несколько уменьшается. Но и после длительного хранения (до 8 месяцев) потери тиамин, рибофлавина, пантотеновой и никотиновой кислоты не выходят за пределы 18-34 % к начальному содержанию. Водорастворимые витамины печени разрушаются быстрее.

Жирорастворимые витамины менее устойчивы. Витамин Е, в частности, разрушается почти полностью, что уменьшает сопротивляемость жира при окислении. Но витамин А сохраняется длительное время.

1.5 Выбор условий замораживания и хранения

Оценивая холод как средство консервирования мяса, следует сделать такие выводы:

1. Применение холода позволяет или существенно замедлить, или полностью приостановить развитие микроорганизмов.

2. Замораживание, хотя и вызывает отмирание большей части микробов, но не обеспечивает стерильности продуктов.

3. При холодильной обработке, минимальны изменения строения, состава и свойств продуктов в сравнении с другими способами консервирования.

4. Низкие температуры резко замедляют развитие автолитических процессов, но не исключают их окончательно.

5. Холод не приостанавливает окислительных изменений, вызывающих порчу продуктов, но они практически исключаются, когда применяют вакуум – упаковку и паро-газо- непроницаемую тару.

6. Действие холода носит временный характер: если не поддерживать необходимую температуру, оно прекращается.

Выбор способа и условий замораживания и хранения замороженных мясopодуKтов диктуется необходимостью сохранения высокого качества продуктов санитарно – гигиеническими требованиями и экономичностью.

Поэтому первостепенное значение имеют:

- состояние продукта перед замораживанием;
- скорость и глубина замораживания;
- вид и состояние теплопроводящей среды и наличие или отсутствие контакта продуктов с нею.

1.5.1 Состояние продукта перед замораживанием

Свойства мяса после его хранения в замороженном состоянии зависят главным образом от уровня развития автолитических изменений тканей к моменту полного замораживания. Чем ниже этот уровень, тем меньшей глубины он достигает к моменту окончания хранения.

Практический интерес представляет оценка следующих состояний мяса перед замораживанием: мясо парное, мясо в стадии посмертного окоченения, мясо в стадии завершения разрешения окоченения (примерно через 24 ч при температуре 0 - (+4) °С, мясо созревшее.

При замораживании парного мяса в крупных отрубax (четвертины, полутуши) температура в толще бедра надолго задерживается на уровне около минус 2 °С, там значительно возрастает скорость начальной фазы автолиза в толще. Поэтому к концу хранения мяса уровень развития автолиза достигает большей глубины. Процесс окоченения мускулатуры при замораживании парного мяса развивается во время замораживания и продолжается в течение примерно одного месяца его хранения. При длительном хранении различия между мясом, замороженным в парном состоянии или после охлаждения, в значительной мере сглаживаются. Но некоторая разница остаётся заметной даже после 11 месяцев хранения: в парном мороженном мясе несколько больше величина рН, выше водосвязывающая способность.

В мясе, замороженном в стадии разрешения посмертного окоченения, в период хранения развивается фаза автолиза, являющаяся стадией созревания. В течение даже самых длительных сроков хранения автолитические изменения не выходят за допустимые пределы.

После 6–7 суток созревания мяса (при температуре 4 °С) становятся заметными признаки нарушения гистологической структуры тканей. Мясо, замороженное в этой стадии автолиза, во время размораживания и особенно при обработке теряет много мясного сока.

Учитывая значение глубины автолиза для качества мяса, замораживание следует производить или задолго до наступления посмертного окоченения (парное мясо) или же к моменту разрешения посмертного окоченения (охлаждённое мясо).

Замораживание парного мяса и других продуктов убоя экономичнее замораживания охлаждённых продуктов в воздушной среде. Мясо можно замораживать в тушах (баранина), полутушах, крупных и мелких отрубях, а также после обвалки и жиловки. Менее экономично замораживать мясо в тушах, полутушах и крупных отрубях, т.к. при этом расходуется холод на замораживание кости, низок коэффициент использования холодильных камер, мясо трудно упаковать, а перед последующей обработкой его приходится размораживать. Более выгодно замораживать мясо в мелких отрубях в виде блоков. Замораживают мясо в металлических формах и влагонепроницаемых пакетах из специальной бумаги и полимерных материалов. В тех случаях, когда оно предназначается для промышленной переработки, лучше всего замораживать в формах после обвалки и жиловки. Это исключается необходимостью в размораживании, уменьшает затраты холода и повышает коэффициент использования холодильных ёмкостей. Субпродукты рекомендуется замораживать в виде блоков в формах и пакетах из полимерных материалов или влагонепроницаемой бумаги.

1.5.2 Скорость замораживания

Скорость замораживания рассматривают как отношение пути, проходимого фронтом кристаллообразования от поверхности продукта в его глубину, к продолжительности прохождения. Скорость замораживания выражают в м/ч или в см/ч.

Скорость замораживания имеет двойное технологическое значение:

1) определяет величину кристаллов льда и равномерность их распределение по толще продукта;

2) влияет на автолитические процессы в период замораживания

Кроме того от скорости замораживания зависит экономичность процесса и возможность его механизации и автоматизации в условиях непрерывного потока.

Высокая скорость замораживания необходима при замораживании парного мяса во избежание загара.

В практических условиях минимально допустимая скорость замораживания порядка 0,3–0,4 см/ч. Она достигается при скорости теплоот-

вода в морозильных камерах при естественной циркуляции воздуха (0,1–0,3 м/с) и температуре ниже минус 20 °С.

1.5.3 Теплоотводящая среда

Так как любая теплоотводящая среда способна вызвать нежелательные изменения поверхности продукта, желательно производить замораживание без непосредственного контакта с нею. Это позволяет сохранить высокое качество продукта и обеспечить соблюдение санитарно – гигиенических требований при замораживании и хранении.

Из числа газообразных охлаждающих сред наибольшее распространение имеет воздух. Однако он обладает небольшим коэффициентом теплоотдачи и при достаточно длительном воздействии на продукт вызывает нежелательные изменения, которые приводят к ухудшению качества продукта (высыхание, окисление).

К жидким теплоотводящим средам, применяемые в технологической практике, относятся водные растворы солей хлористого натрия, хлористого кальция, хлористого магния, т.к. эти солевые растворы затвердевают при температуре, лежащей значительно ниже 0 °С.

Соли	Температура затвердения °С (эвтектическая)
Хлористый натрий	- 21,2
Хлористый магний	- 33,6
Хлористый кальций	- 55,0

При соприкосновении продукта с холодными рассолами замораживание происходит в несколько раз быстрее, чем в воздухе. Но, соприкасаясь с продуктом, рассолы проникают на некоторую глубину, вызывая нежелательные изменения. Кроме того, рассолы способны вызвать коррозию металлических деталей охлаждающих приборов и трубопроводов. Поэтому их используют в качестве теплопроводящей среды только при бесконтактном замораживании.

Контактный способ замораживания проще бесконтактного, он не сопряжен с затратами труда на упаковку продукта, эффективнее в теплотехническом отношении. Но, несмотря на широкое распространение его нельзя признать перспективным.

При бесконтактном замораживании продукт предохранён от теплоотводящей среды стенками металлической формы или мягкой практически влаго– и газонепроницаемой оболочкой. Лучше всего использовать синтетические полимерные плёнки специального назначения, способные давать усадку при кратковременном нагреве и поэтому плотно прилегающие к поверхности продукта.

Применение оболочек позволяет резко (более чем в 10 раз) уменьшить усушку в период хранения, если коэффициент паропроницаемости материала менее $0,02 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм. рт. ст.}$. Но поверхность продукта может усыхать, если плёнка не прилегает к ней плотно. Достаточно самой незначительной разности температур между поверхностями продукта и плёнки, чтобы между ними начался влагообмен. Из-за этого свобод-

ное пространство внутри упаковки со временем заполняется ледяными кристаллами в результате усыхания продукта.

1.6 Изменения мяса при размораживании

Размораживание - это завершающий процесс холодильной обработки мяса. Цель размораживания - получить мясо со свойствами, близкими к тем, которые оно имело до замораживания. Полного восстановления первоначальных свойств мяса не происходит, так как в период замораживания и последующего хранения в нём происходят некоторые необратимые изменения в связи с развитием автолитических, окислительных и других процессов. Во время размораживания продолжается автолиз тканей. Скорость автолитических изменений в тканях размороженного мяса несколько выше, чем в тканях охлаждённого.

Важным показателем качества размораживания служит потеря мясного сока. Часть мясного сока вытекает из мяса во время размораживания, часть теряется в процессе обработки мяса (обвалка, жиловка) под давлением ножа. Таким образом мясо обедняется не только водой, но и всеми водорастворимыми веществами: водорастворимыми белками, пептидами, аминокислотами, экстрактивными веществами, витаминами и минеральными веществами. Поэтому, чем больше потери мясного сока при размораживании, тем ниже питательные и вкусовые качества мяса.

Величина потерь мясного сока при размораживании и дальнейшей обработке зависит от гидрофильных свойств тканей и от степени разрушения структуры ткани. Изменения гидрофильных свойств связаны с интенсивными агрегационными и денатурационными изменениями при замораживании, хранении мяса в замороженном виде и размораживании, а также с изменениями в процессе автолиза. Так, при хранении мяса в замороженном виде изменяется кислотность среды в мясе.

Разрушение структурных элементов тканей при замораживании и размораживании вызывается кристаллами льда, как об этом говорилось выше. Нарушение клеточных структур и целостности мембран наблюдается и в процессе предварительного автолиза.

В мышцах не подвергавшихся автолизу перед замораживанием, разрушение клеточных структур менее интенсивно и потери мясного сока при размораживании ниже.

Вредно влияет на качество мяса вторичное замораживание размороженного мяса, приводящее к увеличению повреждения тканей, и следовательно, увеличению потерь мясного сока. Поэтому дважды замороженное мясо после повторного размораживания лишено большого количества питательных веществ и характеризуется пониженными вкусовыми качествами. Такое мясо не допускается на выработку консервов.

2 Посол мяса и мясопродуктов

2.1 Посол, как приём технологической обработки мяса

Посол – это обработка сырья солью (часто в сочетании с нитритами, специями, сахаром, фосфатами, аскорбинатами и др.) и выдержка его в течение определённого времени, достаточного для завершения процессов, в результате которых продукт приобретает необходимые свойства.

Посол в мясной промышленности используют:

- 1) как способ консервирования сырья (кишок, шкур, реже мяса);
- 2) как один из приёмов технологической обработки мяса (в сочетании с другими – варкой, копчением, сушкой), при выработке пищевых продуктов.

При посоле мясо приобретает ряд новых свойств, в том числе и своеобразные органолептические. Посол бывает **кратковременным** – от 6 часов (измельчённое мясо при производстве вареных колбас) до 7 суток и **длительным** – до 60 суток (при производстве ветчины). Различают посол **сухой** (обработка сухой посолочной смесью), **мокрый** (в рассоле) и **смешанный** (сочетание сухого и мокрого способов).

Соль, кроме влияния на вкус продукта и на химическое состояние мясных белков, оказывает консервирующее действие на мясо во время посола. Кроме того, в сочетании с другими приёмами консервирования (частичное обезвоживание, копчение) предохраняет от порчи готовый продукт. Соль способствует направленному развитию микробных и автолитических процессов (способствующих развитию аромата и вкуса). Хлористый натрий при посоле ускоряет окислительные изменения пигментов мяса, из-за чего мясо быстро утрачивает присущую ему естественную окраску. Чтобы этого избежать, посол производят в присутствии нитратов или нитритов, которые участвуют в образовании производных пигментов мяса розово-красного цвета. Количество соли и воды в солёном продукте зависит от назначения посола. Если посол производится только с целью консервирования и высокое содержание соли не ухудшает качества продукта, то оно должно быть максимальным, а содержание влаги минимальным. Например, шкура считается законсервированной, когда содержание соли в ней не меньше 12 %, а влаги – не больше 48 %.

При посоле пищевых продуктов, соотношение количества соли и влаги не должно ухудшать их вкуса. В практике принято солёность продукта оценивать по содержанию соли к весу продукта. В зависимости от этого различают следующие вкусовые оттенки

Оттенки вкуса	Содержание соли к весу продукта, %
Особо малосолёный	2,0 - 2,5
Малосолёный	до 3,0
Нормальный солёный	до 3,5
Солоноватый	до 4,5
Солёный	более 4,5

Однако такая характеристика не является объективной. Хорошо известно, что при одном и том же содержании соли в продукте, вкус его оказывается тем более солёным, чем меньше в нём содержится влаги. Поэтому технические условия на продукт регламентируют как содержание соли, так и влаги.

Следует сказать, что на характеристиках оттенков вкуса солёности сказываются привычки населения. В России приняты несколько более высокие концентрации соли.

2.2 Диффузионный обмен при посоле

Посо́л является диффузионным процессом, при котором мясо теряет часть воды, экстрактивных веществ и белков и поглощает соль.

При посоле ионы поваренной соли и другие компоненты, находящиеся в рассоле, начинают перемещаться в глубь мяса, а растворимые в солевых растворах химические соединения тканей (белки, экстрактивные, минеральные вещества, водорастворимые витамины) выводятся в рассол. Вода в зависимости от концентрации рассола либо выводится из продукта в рассол, либо поглощается из рассола продуктом.

Посо́л – это диффузионно-осмотический процесс. Соль проникает в мясо диффузионным путём через систему пор и капилляров, пронизывающих ткани, и осмотическим путём через многочисленные внешние и внутренние мембраны. Причём вдоль волокон по системе капилляров соль продвигается быстрее, чем осмотическим путём: через мембраны и оболочки, покрывающие волокна и их пучки. Скорость этого процесса зависит от концентрации соли и температуры, а также от свойств мяса.

Чем больше разность концентраций соли в рассоле и в тканях, тем больше скорость диффузионно – осмотического процесса и тем быстрее соль проникает в ткани. Скорость этого процесса возрастает с повышением температуры. При повышенной температуре просаливание происходит быстрее, т.к. скорость диффузии пропорциональна температуре. Но в то же время быстрее развиваются микроорганизмы, под действием которых мясо подвергается порче. Поэтому оптимальной температурой для посола является 3–4 °С.

Увеличение скорости посола с повышением температуры можно характеризовать следующими цифрами (принимая скорость посола при 4 °С равной единице).

Температура, °С	Кратность увеличения скорости
4	1
20	1,7
30	2,1
40	2,7
50	3,4

На проницаемость мяса влияют его состав и строение, например, в мышечную ткань соль проникает быстрее, чем в соединительную.

Уплотнение мышечной ткани в процессе окоченения уменьшает проницаемость, и наоборот, созревание мяса увеличивает её. Замораживание и последующее размораживание мяса вызывает разрыхление тканей и увеличение проницаемости.

При диффузии вдоль мышечных волокон средняя скорость проникновения соли в мышечную ткань в обычных условиях посола составляет около 0,059 см/ч, при диффузии поперёк от волокон – около 0,039 см/ч.

При любой концентрации рассола вначале посола происходит обезвоживание продукта, вызываемое более высоким осмотическим давлением тканевой жидкости.

Степень обезвоживания тем больше, чем выше концентрация рассола. Она достигает максимума при обычных условиях посола для мясосопродуктов приблизительно на 5-7 сутки, для шкур - к 18–48 ч в зависимости от их веса. После это начинается обводнение продукта, обусловленное нарастанием в нём концентрации соли. Обводнение продолжается в течение всего времени посола, хотя и при понижающейся интенсивности. Максимальное количество воды поглощается мясом, когда содержание соли в нём достигает 4–5 % к его весу.

Количество воды, удерживаемое солёным мясом зависит от его водосвязывающей способности, которая связана с концентрацией рассола. Влияние рН на водосвязывающую способность мяса существенное при низких концентрациях рассола, мало заметно при высоких. При значениях рН 5,5 и ниже потери воды при посоле и варке наибольшие.

В процессе посола в рассол переходят белковые, экстрактивные и минеральные вещества, способные растворяться в рассоле. Количество веществ, переходящих в рассол различно и зависит от условий посола (крепости и количества рассола), его продолжительности.

В таблице 2.1 приведены данные, характеризующие потери наиболее важных составных частей мышечной ткани при мокром посоле говядины.

Таблица 2.1 - Потери составных частей мяса при посоле

Крепость посола, %	Продолжительность посола, сутки	Потери к первоначальному содержанию в мясе, %		
		белковых веществ	азотистых экстрактивных веществ	фосфорных соединений, % (P ₂ O ₄)
20	10	2,2	17,9	17,2
	20	2,3	25,7	18,2
	50	4,9	14,7	17,0
24	10	1,8	16,7	16,0
	20	1,9	24,8	20,4

Потери азотистых веществ (в основном белков) зависят от категории мяса, и чем она выше, тем меньше эти потери (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Потери белковых веществ при посоле

Мясо	Потери белковых веществ через 20 суток, г/кг мякоти	
	смешанный посол	сухой посол
II категория	5,9	4,5
I категория	5,6–6,2	2,8-4,6

Так как белковые вещества не способны диффундировать через стенки клеток, их потери вызваны только переходом в рассол белков, заполняющих кровеносную систему и белков разрушенных клеток. Поэтому величина потерь зависит от полноты обескровливания мяса и степени разрушения тканей.

2.3 Изменения морфологической и химической структуры тканей

2.3.1 Изменения морфологической структуры тканей.

При посоле мышечные волокна не разрушаются, в основном изменяется их толщина. Наблюдается сжатие соединительных и жировых прослоек, а также капилляров кровеносной системы. Диаметр мышечных волокон на вторые сутки после посола сокращается, но после четырёх – пяти суток начинает возрастать, а к концу процесса он несколько превышает первоначальную величину.

В процессе посола отчётливо изменяется внутренняя структура мышечных волокон. Уже через 12 ч поперечная исчерченность становится менее заметной, а кое-где исчезает. Затем наблюдается разрушение и слияние в аморфную массу белков миофибрилл. При посоле с вибрацией очень быстро происходит поперечный разрыв мышечных волокон на звенья, по длине близких к диаметру волокон. При посоле шкур толщина эпидермиса в связи с потерей воды несколько уменьшается.

2.3.2 Химические изменения.

Химические изменения мяса в процессе посола обусловлены в основном деятельностью ферментов. Преимущественно это ферменты, выделяемые микроорганизмами. Потому что экспериментально доказано, что присутствие микрофлоры влияет на конечное состояние продукта.

Скорость химических изменений мяса в процессе посола невелика, т.к. он обычно производится при низких плюсовых температурах (порядка – 4–0 °С). Однако продолжительность посола в большинстве случаев достаточна для того, чтобы эти изменения оказались ясно выраженными.

К числу наиболее важных химических изменений мяса в процессе посола относятся: изменения составных частей мяса, изменения, связанные с сохранением окраски, присущей мясу.

Изменения белков. При посоле из мяса в рассол переходят растворимые белковые вещества. Потери растворимых белков, частицы которых имеют относительно большие размеры, происходят через открытые поры и капилляры и из клеток с повреждёнными оболочками. В рассол переходит часть белков саркоплазмы мышечного волокна, в основном **миоген**, **миоальбумин**, а при посоле парного мяса, кроме того и **миозин**. У охлаждённого и размороженного мяса растворимость миозина понижена, т.к. он удерживается в структуре ткани в комплексе с актином. Удержание актомиозина в структуре миофибрилл ослабляется вследствие внедрения ионов соли и молекул воды. Поэтому, когда мясо, выдержанное в рассоле, измельчают в присутствии воды, **актомиозин** частично переходит в растворимое состояние.

Количество растворимых белковых веществ, которые в процессе посола переходят в рассол, зависит от продолжительности посола, температуры, крепости и количества рассола.

Под действием хлористого натрия изменяется состояние белковых веществ. При невысокой концентрации соли (до 10–12 %) растворимость белков несколько увеличивается. С повышением концентрации соли и продолжительности её воздействия происходят глубокая денатурация и коагуляция некоторых белков, главным образом **глобулинов**. Этот процесс сопровождается укрупнением белковых частиц, снижением их подвижности и растворимости. Поэтому с повышением концентрации рассола растворимые в солевых растворах белки переходят в нерастворимое состояние и потери белков в рассол уменьшаются. Так, при мокром посоле говядины при крепости рассола 20 %) в течение 10 суток потеря белковых веществ (в % к первоначальному содержанию их в мясе) равна 2,2 %, а при концентрации рассола 24 % за это же время она составляет 1,8 %.

Чем больше продолжительность посола, тем выше потери белков в рассол. Для говядины при мокром посоле рассолом 20 % - ной концентрации потери за 10 суток составляют 2,2 %, а за 50 суток – 4,9 %. При сухом посоле потери белков минимальны.

Соединительнотканые белки коллаген и эластин в рассол не переходят.

Количество белков в растворённом состоянии в водной фазе сырого колбасного фарша влияет на свойства готового продукта. Показателем количества растворённого белка в водной фазе сырого колбасного фарша является его липкость. Значение липкости заключается в том, что она определяет связность структуры готового продукта. При нагреве денатурируют растворённые белки. Образуется затвердевший пространственный каркас, внутри которого фиксируются крупные частицы нерастворённого белка. Если доля растворённых белков мала, то структура готового продукта будет рыхлой. Следовательно, при производстве варёных колбас желательно увеличить долю растворимого белка. Количество поваренной соли (2–2,5 % массы мяса), в котором её добавляют при по-

соле, создаёт концентрацию, близкую к растворяющей для белков актомиозиновой фракции, и они частично переходят в раствор, но для этого необходим промежуток времени около 10 ч при 0 °С. Поэтому необходимо выдерживать колбасный фарш в посоле. Добавление в фарш сыворотки крови или плазмы увеличивает липкость, а значит, и прочность готового продукта. В результате непрекращающейся деятельности тканевых ферментов, выделяемых микроорганизмами, некоторое количество белковых веществ мяса подвергается гидролитическому распаду. Возрастает количество полипептидов и низкомолекулярных азотистых соединений, из которых большая часть приходится на долю аминокислот. При посоле, таким образом, белковые вещества теряются не только в результате перехода в рассол, но и вследствие их распада. В таблице 2.3 приведены результаты опытов по посолу небольших кусков мяса в 18 % - ном рассоле, из которых можно получить представление о динамике распада белков.

Таблица 2.3 - Динамика распада белков при посоле

Содержание белково-го азота к исходному, %	Продолжительность посола, сутки			
	0	10	25	40
В мясе	100	88,1	83,2	79,1
В рассоле	0	3,9	5,2	6,8
Всего	100	92,0	88,4	85,9

По истечении 40–45 суток уменьшается даже количество общего азота, что свидетельствует о минерализации органических азотистых веществ.

Направление обмена воды при посоле зависит от вида посола и концентрации рассола. При сухом посоле на поверхности продукта за счёт влаги образуется насыщенный раствор соли. Продукт обезвоживается. При мокром посоле рассолом невысокой концентрации увеличивается влагосвязывающая способность мяса, с которой связаны консистенция, сочность и выход колбасных изделий. Мясо, предназначенное для изготовления колбас, после посола в течение 2-5 суток поглощает и удерживает воды больше, чем мясо не посоленное.

Влагосвязывающая способность мяса в первую очередь зависит от числа гидрофильных групп в белках, которые фиксируют диполи воды. Она тем выше, чем больше интервал между рН среды и изоэлектрической точкой белков мяса (которая лежит при рН 5,2–5,4). В таблице 2.4 представлены данные, характеризующие поглощение воды свиным фаршем в зависимости от рН.

Таблица 2.4 - Влагосвязывающая способность мяса в зависимости от рН

рН	Количество адсорбированной воды, % к мясу	рН	Количество адсорбированной воды, % к мясу
5,4	26	6,2	68
5,6	32	6,4	82
5,8	43	6,6	92
6,0	56		

Увеличить интервал рН среды и изоэлектрической точки белков мяса можно, смещая рН. На практике хорошие результаты получают при добавлении к мясу фосфатов ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; $\text{NaH}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2 \text{H}_2\text{P}_2 \text{O}_7$). Их добавляют в фарш в виде смесей в количестве 0,3–0,4 % массы сырья. Действие фосфатов связано с их способностью смещать рН среды на 0,2–0,3 в сторону нейтральной реакции.

Интервал рН среды и изоэлектрической точки можно увеличить, смещая последнюю. Это достигается выдержкой мяса в посоле. Животные белки при взаимодействии с хлористым натрием способны к преимущественной фиксации отрицательно заряженных ионов хлора. Изоэлектрическая точка белка сдвинется в более кислую сторону. Следовательно, выдержка мяса в посоле необходима, а продолжительность определяется достаточно полной фиксацией Cl . При 4°C для хорошо измельченного мяса эта продолжительность выдержки составляет 10–12 ч. Для лучшего взаимодействия белков с ионами соли очень важно произвести посол не позднее 4–5 ч после убоя при интенсивном измельчении.

В парном мясе, благодаря наличию АТФ актин и миозин не связаны между собой. Всё это способствует тому, что белки мяса легко гидратируются, набухают, хорошо удерживают влагу и легко переходят в раствор. Поэтому в колбасном производстве парное мясо нет необходимости выдерживать в посоле. Для увеличения влагосвязывающей способности всех других видов мяса (охлаждённое, размороженное) его выдерживают в посоле.

Соль проникает в мясо не только через систему пор и капилляров, пронизывающих ткани, но и осмотическим путем через мембраны и оболочки, покрывающие волокна и пучки их. Это приводит к повышению осмотического давления внутри мышечного волокна, что увеличивает приток воды в него, количество осмотически связанной влаги и способствует набуханию мяса.

При длительном посоле хорошо набухают и волокна коллагена в результате внедрения вслед за ионами соли молекул воды. Набухание достигает максимума примерно на 20-е сутки посола. Содержание воды и влагосвязывающая способность соединительной ткани меньше, чем мышечной. Поэтому в колбасы II сорта добавляют больше воды, а чтобы её удержать в составе фарша, вводят крахмал.

Изменение экстрактивных, минеральных веществ и витаминов. Во время посола мяса в рассол переходят азотистые и безазотистые вещества, а также минеральные вещества и витамины. Потери этих веществ подчинены диффузионным закономерностям. По мере накопления их в рассоле скорость перехода этих веществ из мяса в рассол снижается. В рассол может перейти до половины азотистых и безазотистых экстрактивных веществ, содержащихся в мясе. При мокром посоле из минеральных веществ диффундируют в основном фосфаты и калий. Кроме того, при посоле теряются некоторые водорастворимые витамины: теряется до 35 % фолиевой кислоты, 15–20 % витамина В₁ и незначительное количество витамина В₂.

Изменение жира. При сухом и отчасти мокром посоле мяса, особенно свинины, в присутствии кислорода воздуха жир частично окисляется, в основном в поверхностных слоях. В результате образуются перекиси и карбонильные соединения. Ускоряют этот процесс катализаторы биохимического происхождения (цитохромы, гемоглобин, нитрозомиоглобин) нитриты и микрофлора. Имеющая в тканях липаза активизируется ионами соли и в зависимости от температурных условий может заметно катализировать гидролиз жиров и выделение свободных жирных кислот.

2.4 Образование специфической окраски при посоле

2.4.1 Природные пигменты мяса.

Окраска свежего несоленого мяса на 90 % обусловлена миоглобином и лишь отчасти гемоглобином. Природный пигмент – белок миоглобин – легко вступает в окислительно–восстановительные реакции и может существовать в трёх молекулярных формах, отличающихся цветом.

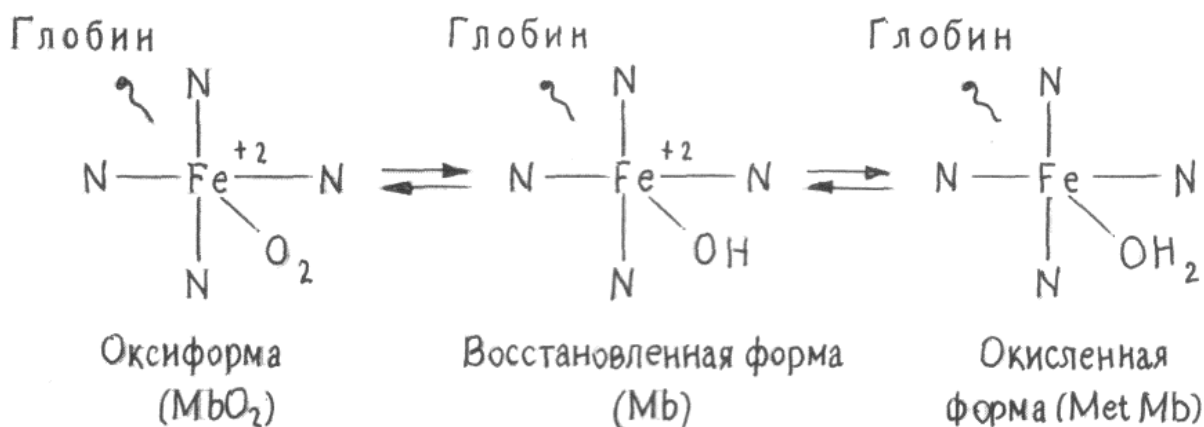


Рисунок 2.1 Молекулярная структура миоглобина

Естественная окраска мяса обусловлена наличием в мышечной ткани миоглобина (Mb) – хромопротеина, состоящего из белкового компонента (глобина) и простетической группы (гема), и составляющего около 90 % об-

щего количества пигментов мяса. 10 % представлены гемоглобином крови. Содержание гемоглобина в говядине колеблется в пределах от 0,4 до 1,0 %.

Небелковая часть миоглобина – гем – состоит из атома железа и четырёх гетероциклических пиррольных колец, связанных метиленовыми мостиками. Именно атом железа ответственен за формирование различного цветового оттенка мяса, так как легко окисляясь и отдавая один электрон, он может образовывать три формы миоглобина – собственно миоглобин, оксимиоглобин и метмиоглобин.

В присутствии кислорода воздуха миоглобин окисляется с образованием оксимиоглобина – MbO₂, который придаёт мясу приятный яркий розово – красный цвет. Однако, это соединение нестойко: под воздействием света, воздуха, времени выдержки, нагрева происходит более глубокое окисление, сопровождающееся переходом железа гема из двухвалентного в трёхвалентное. Образуется метмиоглобин – Met Mb коричнево–серого цвета.

Ниже приведена схема, (рисунок 2.2) на которой показаны химические преобразования пигментов гема в реакции посола.

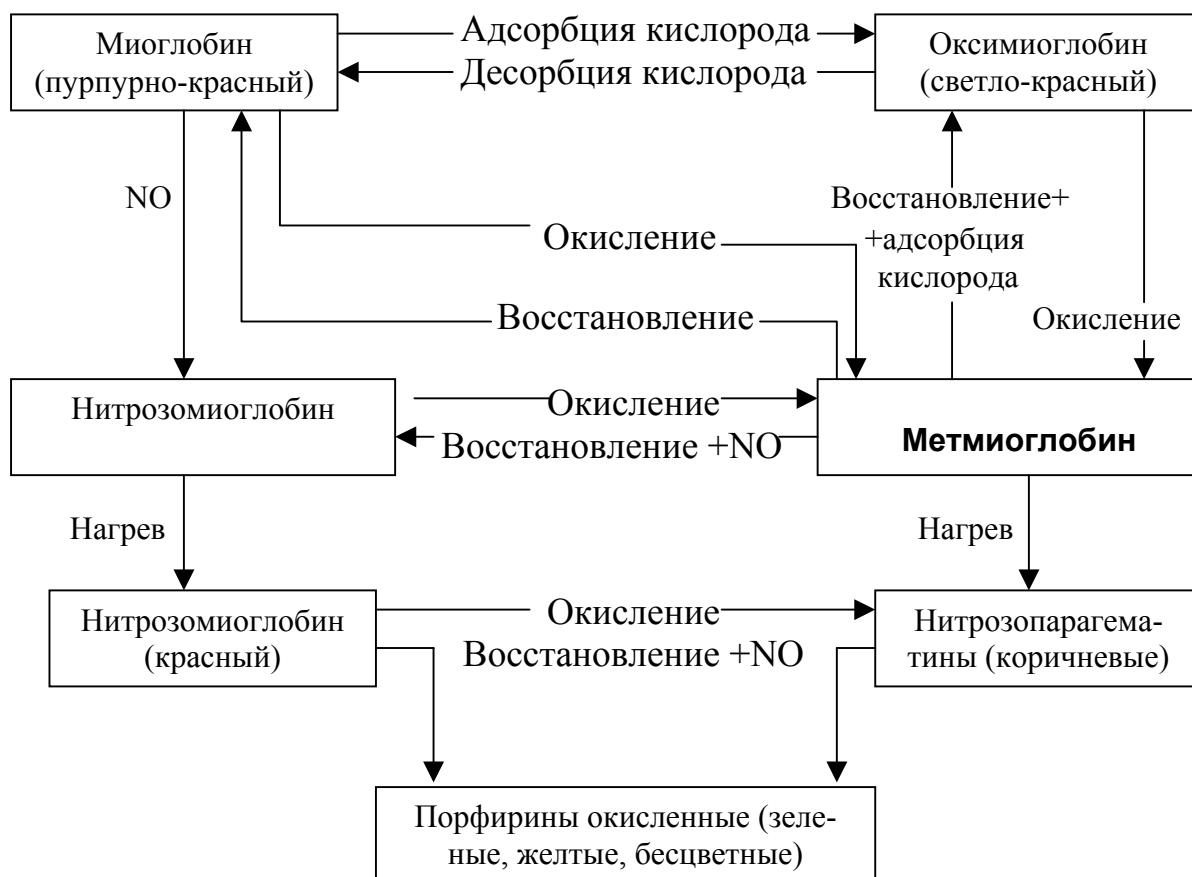


Рисунок 2.2 Схема взаимопревращений дериватов миоглобина

2.4.2 Использование нитритов при посоле.

В практике посола мясо и мясопродукты предохраняют от нежелательных изменений окраски, добавляя в рассол или посолочную смесь нитриты NaNO₂ и KNO₂.

Они формируют и стабилизируют розово-красный цвет мяса. Нитрит натрия является антиокислителем, участником реакций образования вкусоароматических веществ, а также ингибитором развития ботулизма и токсигенных плесеней. Учитывая его вредное физиологическое действие на организм, к мясу следует добавлять минимально необходимое количество нитрита натрия, достаточное для получения устойчивой окраски. Оно составляет 5–6 мг % к массе мяса.

При посоле мяса Mb или MbO₂ в присутствии нитратов и нитритов приобретают розово-красную окраску, обусловленную образованием нитрозомиоглобина

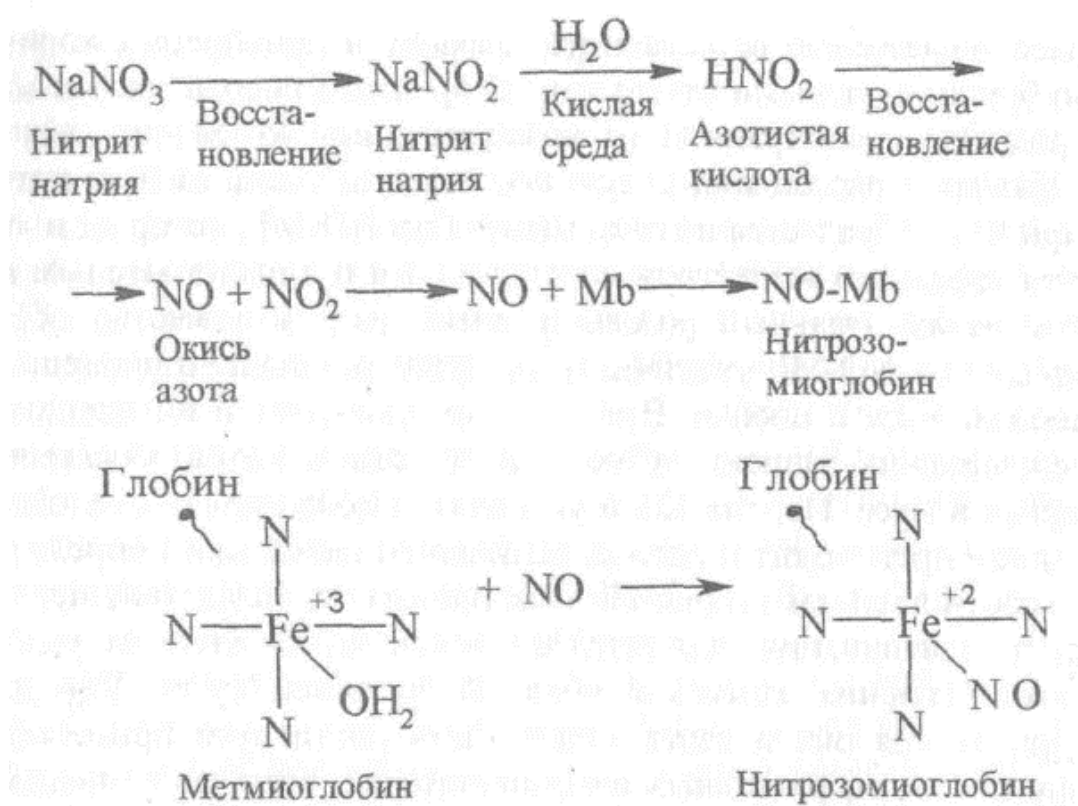
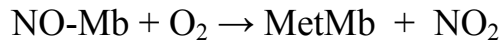


Рисунок 2.3 Процесс образования нитрозомиоглобина

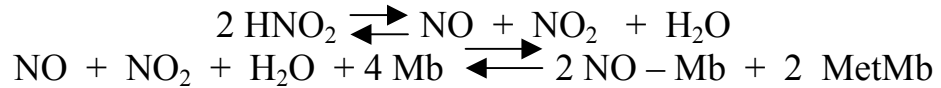
После термообработки в результате денатурации NO-Mb превращается в денатурированный глобин и NO – гемохромоген.

Механизм образования цвета солёного мяса весьма сложен. Розово-красную окраску можно получить лишь при равномерном введении окиси азота в виде нитрита натрия (или калия). Применение окиси азота в газообразном виде опасно в связи с его токсичностью.

При длительной выдержке NO-Mb в присутствии воздуха, света и низких pH возможна реакция с образованием мет – формы:



В глубине мяса при анаэробных условиях нитрит взаимодействует с Mb и образуются примерно равные количества NO-Mb и MetMb:



Нитрозомиоглобин является красящим веществом солёного мяса и придаёт мясным продуктам желательный розово-красный цвет. Количество образовавшегося NO-Mb увеличивается пропорционально времени выдержки мяса в посоле. Вместе с тем быстрота и интенсивность окрашивания зависят от количества окиси азота, накапливающийся в мясе. Но так как в условиях посола наряду с её образованием происходит и распад, количество окиси азота определяется соотношением скоростей этих процессов. Ускорение образования окиси азота может быть достигнуто применением при посоле эффективных восстановителей, которые одновременно обеспечивают и устойчивость окраски. Разнообразные превращения нитритов в мясе при посоле в конечном итоге ведёт к значительным их разрушениям, поэтому при изготовлении колбасных изделий свободного нитрита остаётся 45–25 % по отношению к его введённому количеству.

Для образования NO-Mb используется 6–9 % NO (от суммы введённого нитрита); в виде остаточного нитрита в саркоплазме удерживается 21–27% NO, а 4–8 % NO оказывается тесно связанным с актомиозином.

В реакции цветообразования важную роль играет также pH среды. При чрезмерном снижении pH яркость окраски падает, что объясняется развитием денатурационных процессов белков. Кроме того, при pH ниже 5,0 азотистая кислота интенсивно разлагается, оксид азота улетучивается, в результате чего не даёт получить хорошую окраску мясных продуктов. Лучшими условиями для получения интенсивного цвета мяса является диапазон pH от 5,4 до 6,0.

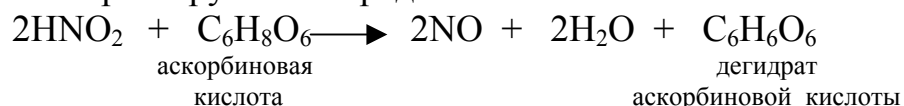
При использовании нитритов должный эффект окраски достигается довольно быстро, но окраска не всегда устойчива. Неустойчивость окраски связана с окислительным действием воздуха на пигменты мяса, в результате чего нитрозомиоглобин может переходить в мет – форму.

2.4.3 Использование аскорбинатов при посоле.

В практике производства мясных продуктов для стабилизации цвета наиболее широкое применение нашли соли аскорбиновой кислоты (аскорбинаты) и редуцирующие сахара. Добавление аскорбинатов при посоле очень хорошо защищает пигменты мяса от окисления, так как аскорбинаты, обладая окислительно–восстановительными свойствами, легко взаимодействуют с кислородом воздуха. Благодаря этому изделия после посола и термообработки сохраняют яркий цвет. При этом, превышение допустимых количеств вводимой аскорбиновой кислоты может привести не к стабилизации цвета, а

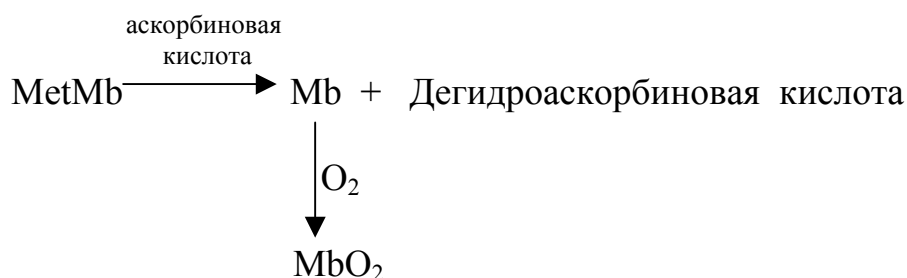
к образованию коричнево-зеленоватого оттенка и ухудшению других показателей готовой продукции.

Аскорбиновая кислота, эриторбиновая кислота, аскорбинат и эриторбат натрия - сильные восстановители, ускоряют процесс развития реакций цветообразования и стабилизируют окраску мясопродуктов. Сущность действия аскорбиновой кислоты двоякая: превращает весь имеющийся нитрит в окись азота и восстанавливает уже имеющийся в мясе метмиоглобин в миоглобин. Аскорбиновая кислота легко взаимодействует с кислородом воздуха и тем самым защищает пигменты мяса от окисления, стабилизирует окраску. Аскорбиновая кислота реагирует непосредственно с азотистой кислотой.



Эта реакция сравнительно медленно протекает при низких температурах, но резко ускоряется при обжарке и копчении.

Метмиоглобин, взаимодействуя с аскорбиновой кислотой, восстанавливается в миоглобин, который в присутствии кислорода превращается в оксимиоглобин:



Пигменты солёного мяса в присутствии аскорбиновой кислоты хорошо противостоят окислительному действию кислорода воздуха, благодаря чему окраска становится более устойчивой. Дозировка аскорбиновой кислоты - 47 г, или 52 г аскорбината натрия, на 100 кг мяса (с некоторым избытком). Избыток разрушается в период термической обработки, так что в готовом продукте остаётся не более 7 г на 100 кг.

При посоле мяса аскорбиновую кислоту следует добавлять к шприцовочному рассолу, исходя из приведённой выше нормы. Добавление глютаминовой кислоты усиливает эффект действия аскорбинатов.

2.4.4 Использование сахаров при посоле.

Для лучшего окрашивания мяса, более полного использования NO применяют сахара (0,3–0,5 %). Сами сахара не создают достаточных восстановительных условий, но продукты их промежуточного распада, образующиеся под действием ферментов бактерий, обладают значительным редуцирующим действием. Кроме того, такая ферментация сахара способствует поддержанию оптимального значения pH (в результате образования молочной кислоты).

Применение сахаров при посоле способствует получению более вкусного и нежного продукта. Это объясняется тем, что сахара смягчают вкус со-

ли и в то же время являются основным продуктом для развития специфической микрофлоры.

Итак, сахар необходим для улучшения вкуса продукта (смягчения его солёности), для увеличения устойчивости окраски солёных продуктов и для жизнедеятельности молочно-кислых бактерий. Заметное улучшение вкуса солёного продукта достигается введением в него не менее 1,5–2,5 % сахара к массе мяса (в зависимости от солёности). Для улучшения окраски достаточно 0,2–0,26.

Увеличение массовой доли вводимого сахара (свыше 2 %) может вызвать нежелательное развитие микрофлоры, что приведёт к накоплению избыточного количества кислот и порче продукта (закисание).

Сахар в тканях распределяется более быстро и равномерно, чем соль. В конце посола в рассоле остаётся 32–43 % сахара к его начальному содержанию. Часть его (24–56 %) переходит в мясо, часть (от 1 до 43 %) потребляется в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Моносахариды потребляются микроорганизмами лучше, чем дисахариды.

Для посола используют сахарозу или глюкозу, но последняя быстрее вовлекается в окислительные превращения, поэтому применяется только при кратковременном посоле. В случае продолжительного посола применяют сахарозу.

Таким образом, устойчивость окраски продукта зависит от вида добавляемого сахара. Свиное мясо, посоленное без сахара, после измельчения быстро теряет окраску. То же мясо, посоленное с декстрозой (моносахарид), лучше сохраняет окраску после измельчения. Принимая во внимание многоплановость побочных реакций при цветообразовании мяса, необходимо учитывать основные факторы, влияющие на развитие окраски и её стабильность.

2.5 Факторы, влияющие на стабильность окраски мясopодуктов при посоле

На стабильность окраски мяса при посоле влияют (рисунок 2.4):

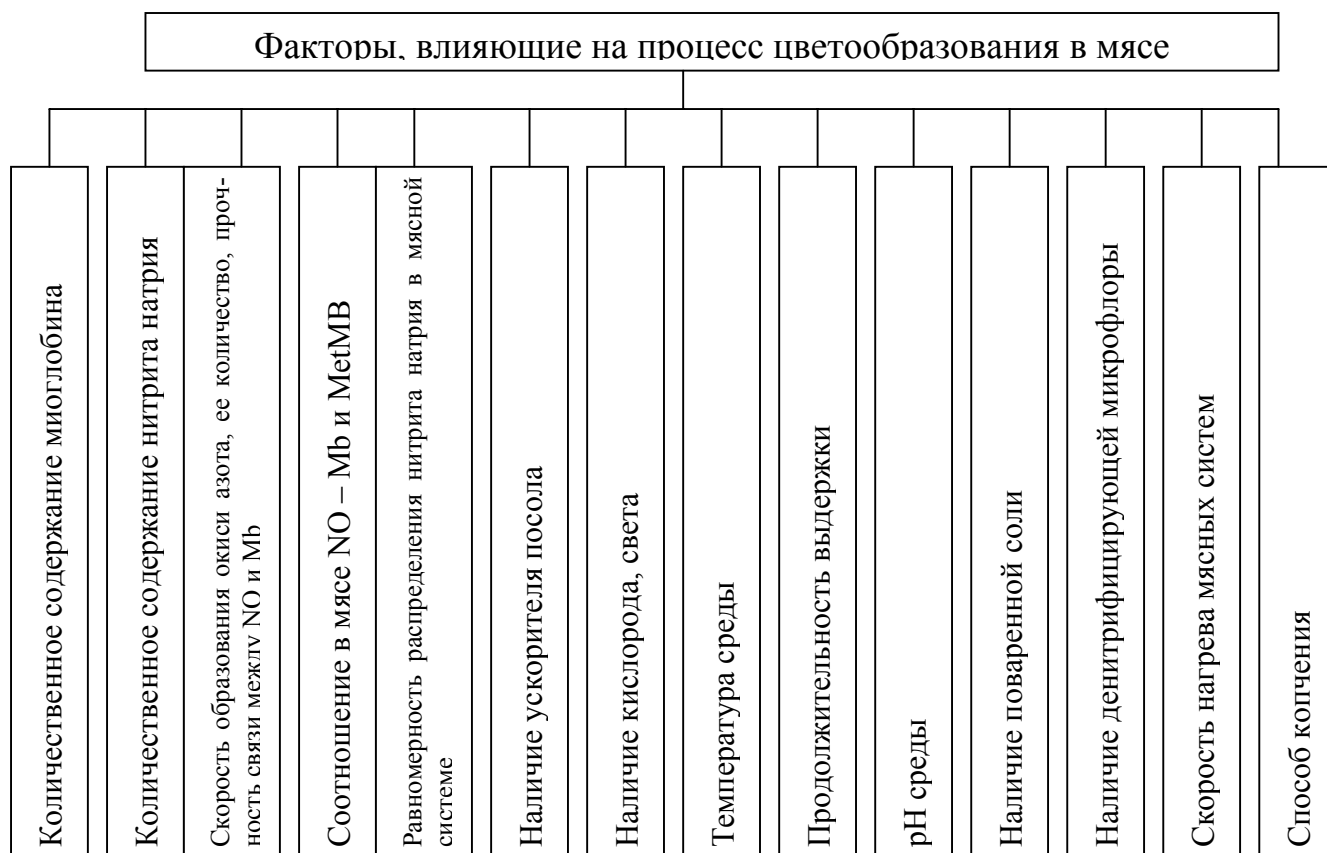


Рисунок 2.4 Факторы, влияющие на развитие и стабильность окраски

Отклонения в интенсивности цвета мяса могут быть из-за малого количественного содержания миоглобина в сырье, что связано с видом сырья (в свинине Mb меньше, чем в говядине); использование мяса с признаками PSE; применением сырья с повышенным содержанием соединительной ткани; введением в рецептуру больших количеств белковых препаратов не мясного происхождения.

Количественное содержание нитрита натрия в мясе также влияет на стабильность окраски. При дефиците нитрита натрия, окраска не достаточно выражена. При избытке (более 5,0–7,5 мг %) могут быть негативные последствия. Он может повлиять на уровень безвредности продукта, так как нитрит натрия - яд; привести к образованию канцерогенных нитрозаминов; вызвать образование пигментов с нехарактерной серой, бурой и даже зеленоватой окраской.

Применение ускорителей посола - и, в первую очередь, аскорбиновой кислоты, аскорбината и эриторбата натрия, редуцирующих сахаров (глюкозы - при кратковременном посоле, сахарозы - при длительном) также обеспечивает стабилизацию окраски мясopодуктов.

Следует иметь в виду, что аскорбиновую кислоту нельзя вводить в рассолы или посолочные смеси, содержащие нитрит - он быстро восстанавли-

ливаются до NO и NO₂. Поэтому аскорбиновую кислоту вносят в мясные эмульсии на стадии куттерования. Аскорбинат натрия медленнее взаимодействует с нитритом натрия, и его рекомендуется добавлять в посолочные смеси. Термообработка катализирует процесс цветообразования.

Присутствие кислорода, света, низкие значения pH среды (ниже 5,6) вызывают окисление NO-Mb с образованием Met Mb в солёном и термообработанном мясе. Применение вакуум – посола мяса и герметических упаковок для готовой продукции уменьшает содержание кислорода и таким образом улучшает окраску, сохраняя её стабильность.

При низких температурах выдержки сырья в посоле процесс цветообразования развивается медленней. Повышение температуры до 8–20 °С в присутствии нитритов вызывает интенсивное их разложение до NO, часть которых не успевает соединиться с Mb и улетучивается из сырья. В результате в мясе наряду с частью NO-Mb будет присутствовать Met Mb.

Чем выше pH среды, тем с меньшей скоростью идёт реакция цветообразования. Лучшие значения pH для образования NO-Mb находятся в диапазоне 5,6–6,0.

Поваренная соль, которая ускоряет образование Met Mb, снижает интенсивность получаемой окраски.

Нагрев ускоряет процесс распада нитрита до окиси азота и его взаимодействие с Mb. В результате этого количество остаточного нитрита в сырье снижается в 40–50 раз. Нагрев стабилизирует окраску мясopодуKтов. Красно-розовый цвет мяса после термообработки сохраняется в результате превращения NO – Mb в денатурированный глобин и NO – гемохромоген.

Интенсивность окраски мяса при нагреве в присутствии восстановителей (аскорбинаты) возрастает.

Способствуют стабилизации и улучшению цвета и коптильные вещества.

2.6 Изменение вкуса и аромата

В результате биохимических превращений, протекающих при автолизе солёного мяса, а также вследствие бактериальной деятельности органолептические свойства мяса изменяются, что сопровождается появлением вкуса и аромата солёного мяса. Особенно заметен специфический вкус и аромат при длительном посоле свиного мяса, получивший название «ветчинность».

В созревании ветчины важную роль играют **протеолитические ферменты** - катепсины. Увеличивается содержание **свободных аминокислот**. При продолжительном сухом посоле окороков содержание серина, глутаминовой кислоты, треонина, лейцина, изолейцина, фенилаланина и пролина возрастает примерно в 3 раза.

В образовании вкуса солёного мяса принимают участие и такие **азотсодержащие** экстрактивные вещества, как пурины, креатин и др., освобождающиеся в процессе автолиза.

К числу веществ, участвующих в создании аромата и вкуса ветчинности, относятся многочисленные **летучие соединения**. Это в основном карбонильные соединения, а также летучие жирные кислоты, серосодержащие со-

единения, амины. Они образуются в результате окислительного распада жиров, углеводов, аминокислот, азотистых экстрактивных веществ. В создании аромата и вкуса солёного мяса принимают участие не только ферменты самого мяса, но и ферменты микроорганизмов. Солеустойчивые (толерантные) бактерии играют наибольшую роль в создании букета ветчинности. В последнее время выделены чистые бактериальные культуры, которые при посоле вводят в мясо для улучшения вкуса и аромата готового посоленного продукта.

Важное значение имеют посолочные ингредиенты - **хлористый натрий, нитриты, сахар**. Вкус мяса при посоле только поваренной солью хуже вкуса продуктов, посоленных поваренной солью с добавлением нитрита. Применение сахаров при посоле способствует получению более вкусного и нежного продукта. Сахар, будучи вкусовым антагонистом соли, смягчает вкус солёных продуктов. Кроме того, в процессе длительного посола он является питательной средой для специфической микрофлоры, в результате чего образуется ряд продуктов окислительного распада гексоз, которые участвуют в создании особых вкуса и аромата солёного мяса. Образующиеся при этом кислоты смещают рН рассола и способствуют набуханию коллагена мяса, его разрыхлению, в результате чего продукт приобретает более нежную консистенцию.

2.7 Консервирующее действие хлористого натрия

При больших концентрациях хлористый натрий способен задерживать микробиальную порчу мясопродуктов в течение определённого времени. Это объясняется чувствительностью наиболее активных гнилостных бактерий к действию соли. Достаточно концентрации соли в 10–15 % для задержки развития подавляющего большинства гнилостных микробов. Наоборот, небольшие концентрации соли – менее 5 % - способствуют развитию большинства микроорганизмов.

Но даже насыщенный раствор соли не обеспечивает стерилизации мясопродуктов. Часть микроорганизмов может существовать и расти в насыщенных рассолах, а некоторые даже вызывать порчу солёных продуктов. Многие микроорганизмы быстро привыкают к соли.

Таким образом, часть микробов, попавших в рассол с сырьём или солью, погибает, многие сохраняются в неактивном состоянии, а некоторые растут и размножаются.

Солёные продукты начинают портиться тем быстрее, чем меньше концентрация соли и выше температура хранения.

Устойчивость микроорганизмов к действию хлористого натрия зависит от активной реакции среды: чем меньше рН, тем больше подавляется их развитие.

Некоторые микроорганизмы сохраняют жизнеспособность даже в сухой поваренной соли. В свежей озёрной соли содержится до 200 тысяч клеток на один грамм.

Характер влияния хлористого натрия на микроорганизмы свидетельствует о том, что он не обладает бактерицидным действием. Его дейст-

вие сводится в основном к подавлению развития большинства микроорганизмов. Такое действие частично вызвано высоким осмотическим давлением в его растворах, которое вызывает большее или меньшее обезвоживание клеток микроорганизмов, изменение их размеров и формы и нарушение водного обмена. Наиболее выносливы к действию хлористого натрия плесени, грамположительные кокки; менее выносливы бациллы, наиболее чувствительны грамотрицательные палочки, не образующие спор. К их числу относится большинство гнилостных аэробов и анаэробов.

Действие хлористого натрия на микроорганизмы не может быть объяснено только влиянием осмотического давления. Специфичность действия хлористого натрия объясняется его влиянием на ферментативную деятельность бактерий.

Специфичность консервирующего действия объясняется также и наличием иона хлора. Он способен подавлять деятельность микроорганизмов.

Консервирующее действие при посоле происходит и в результате развития в рассоле микробов – антогонистов гнилостных бактерий.

В старых и стерилизованных рассолах таких антогонистов меньше и действие их слабее.

Таким образом, соль не обезвреживает продукт, пораженный многими из патогенных бактерий, не приостанавливает развитие некоторых микробов, способных вызвать порчу продукта. Поэтому при необходимости хранить мясо длительное время, консервирование солью должно быть дополнено какими – либо другими способами предохранения продукта от порчи: низкими температурами, частичным обезвоживанием, копчением, обработкой антисептиками.

3 Тепловая обработка мяса и мясопродуктов

3.1 Цель и методы тепловой обработки

Тепловая обработка – один из наиболее часто применяемых технологических процессов в производстве мясных продуктов. В зависимости от цели применяют приемы, различающиеся степенью, продолжительностью, характером и глубиной нагрева.

Различают:

- поверхностную тепловую обработку – шпарка, опалка, обжарка;
- нагревание на всю глубину продукта – бланшировка, варка, запекание, жаренье;
- нагревание с целью предотвращение микробиальной порчи и длительного хранения продуктов – пастеризация, стерилизация;
- нагревание для выделения из сырья тех или иных составных частей – выплавка жира, выварка желатина и клея.

В практике применяют влажный и сухой нагрев (через греющее воздействие воды или через греющую безводную поверхность).

При любом виде тепловой обработки температура определяет характер и скорость изменений, а продолжительность – степень этих изменений. Принято считать нагрев до 100 °С нагревом при умеренных, а выше 100 °С – при повышенных температурах.

В технологии колбасных изделий и соленых мясных продуктов основными целями термообработки являются:

- зафиксировать структуру мясопродукта;
- довести продукт до состояния кулинарной готовности;
- уничтожить вегетативные формы микроорганизмов и повысить стойкость продукции при хранении;
- сформировать требуемые органолептические характеристики готового изделия (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенцию).

Конечная температура нагрева мясных изделий (68–70 °С) в центре продукта) при варке обусловлена двумя причинами:

1) необходимостью перевода большей части мышечных белков в денатурированное состояние, а также достижением требуемого уровня гидролиза (20–45 %) коллагена соединительной ткани, находящегося в продукте, и таким образом доведение его до состояния кулинарной готовности.

2) для обеспечения санитарно-гигиенической безопасности изделий и повышения его стабильности при хранении.

Термообработка вызывает существенное изменение структурно-механических свойств и технологических показателей мяса и мясных продуктов. В результате нагрева мяса и развития денатурационных процессов в готовом продукте образуется прочный трехмерный каркас, пронизанный сетью микро- и макрокапилляров, заполненных водой, фрагментами структурных элементов мяса, продуктами гидролиза коллагена и окисленного жира. Мясо приобретает выраженные упруго-эластично-пластичные свойства, неж-

ную консистенцию, сочность. Совокупность перечисленных процессов определяет качество готовой продукции.

3.2 Изменение химической структуры тканей

3.2.1 Изменения белков.

Наиболее характерным и основным изменением белков всех тканей при нагревание является денатурация – изменение природных свойств белков.

Тепловая денатурация растворимых белков, входящих в состав мышечной ткани, сопровождается изменениями размеров, формы и свойств каждой индивидуальной молекулы, изменением взаимодействия этих молекул между собой.

В основе денатурации белков лежат нарушения упорядоченного расположения полипептидных цепей во вторичной, третичной структуре молекулы (под действием различных факторов) в результате разрыва некоторых внутримолекулярных связей. Белки, подвергшиеся денатурации, а затем и агрегации обычно хуже растворяются, теряется способность к кристаллизации, утрачиваются биологические свойства.

Многочисленные белки, содержащиеся в составе продуктов животного происхождения, отличаются друг от друга температурой денатурации. Денатурация каждого из белков происходит в определенном температурном интервале. Денатурация белков мяса начинается при низких температурах (30–35 °С). При достижении 60–65 °С в мясе денатурируется около 90 % внутриклеточных белков, а при 70 °С денатурируются практически все белки. Но даже при 100 °С небольшое количество белковых веществ не теряет растворимости. Наиболее чувствителен к нагреву основной белок мышц – миозин. При нагреве свыше 40 °С миозин полностью денатурирует.

У актина и актомиозина денатурация происходит при температуре 50–55 °С. Миоглобин и гемоглобин денатурируют при 60–70 °С. Связь между гемом (простетической группы) и глобином (белковой частью молекулы миоглобина) ослабляется. Глобин денатурирует, а гем превращается в гемохром – коричневый пигмент.

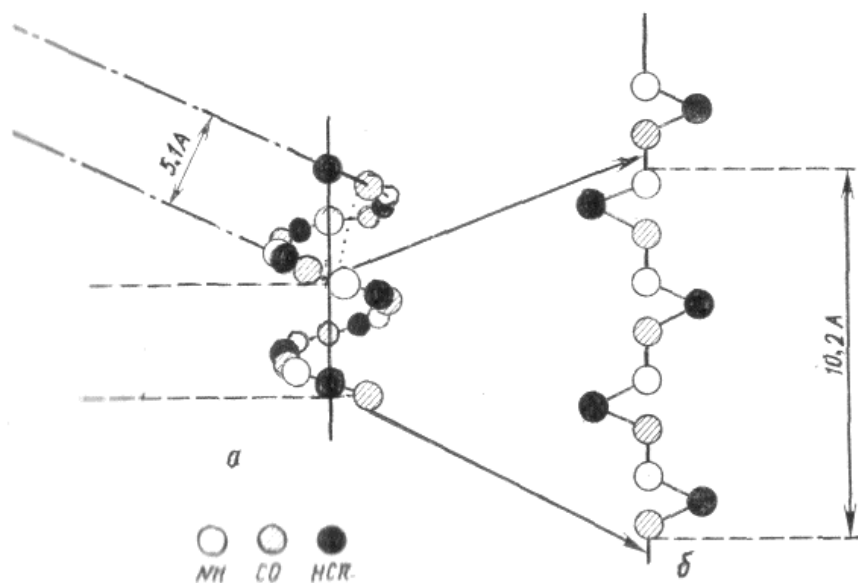
При 80 °С мышечные белки денатурируют практически полностью:

Белки мяса	Температура денатурации, °С
Миозин	45 – 55
Актин	50 – 55
Актомиозин	42 – 48
Миоген	55 – 56
Миоальбумин	45 – 47
Глобулин Х	50 – 80
Миоглобин	60 – 70
Коллаген	58 – 65
Эластин	125

Денатурация – видоизменение упорядоченного пространственного расположения полипептидных цепей (третичной структуры), присущее нативному состоянию белка. Повышение температуры при нагреве ведет к уси-

лению теплового движения полипептидных цепей, из-за чего ослабляются и частично нарушаются внутренние связи межмолекулярного взаимодействия, а также водородные связи. В результате этого изменяется специфичная природная конфигурация (третичная структура) белковой молекулы.

При денатурации глобулярных белков сложенные в складки полипептидные цепи разворачиваются. В результате перегруппировок водородных связей освобождающиеся цепи затем перестраиваются в β -форму (вытянутую, зигзагообразную форму) (рисунок 3.1).



а – α -форма; б - β -форма

Рисунок 3.1 Модели полипептидных цепей во вторичной структуре

Для разворачивания полипептидных цепей необходимо присутствие воды, проникающей в пространства между складками.

Возникновение новых связей между пептидными цепями в белковой молекуле приводит к уменьшению гидрофильности. Изоэлектрическая точка сдвигается в нейтральную область (до 0,3 ед)

Таким образом при тепловой денатурации изменяются характерные свойства белков:

- уменьшается растворимость;
- уменьшение гидратации (до 80 % по сравнению с гидратацией нативного белка);
- теряется биологическая (ферментативная и гормональная) активность;
- смещается изоэлектрическая точка в нейтральную сторону.

За внутренней перестройкой белковой молекулы т.е. собственно денатурацией, следует агрегирование белковых частиц в крупные образования. Затем образуется нерастворимый сгусток, т.е. происходит коагуляция белка. Коагуляция ускоряется с повышением температуры.

Коллаген, нагретый до 58–62 °С во влажном состоянии сваривается. При этом происходит ослабление и разрыв водородных связей, удерживающих полипептидные цепи в трехмерной структуре молекулы. Как следствие изменяется рН в сторону более высоких значений. Полипептидные цепи изгибаются и скручиваются. Соответственно коллагеновые волокна деформируются, укорачиваясь и утолщаясь. Длина коллагеновых волокон при сваривании уменьшается на 60 % от первоначальной, их толщина, а также общий объем сильно увеличиваются. Сваренный коллаген становится эластичным, его прочность значительно уменьшается (примерно в 5–6 раз).

При продолжительном нагреве сваренный коллаген дезагрегирует (перестраивается) с образованием глютена.

Чем выше температура, больше степень измельчения и продолжительнее нагрев, тем больше образуется низкомолекулярных продуктов дезагрегации коллагена и глубже выражены изменения его состояния (рисунок 3.2)

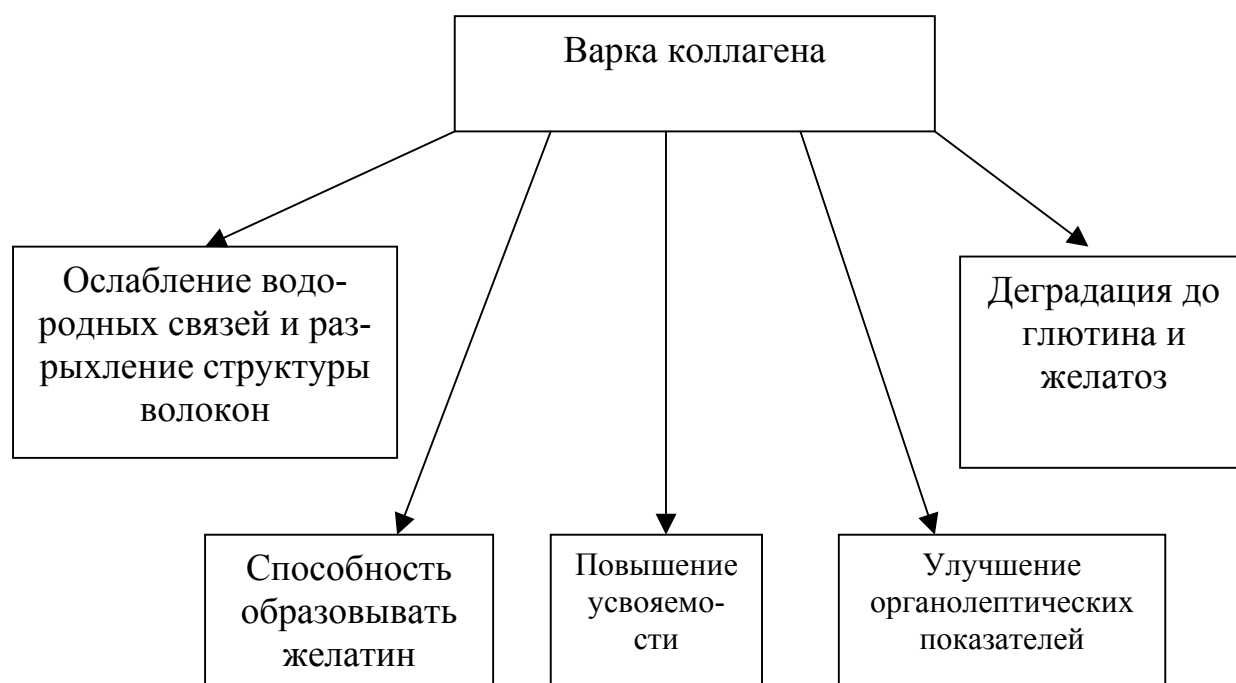


Рисунок 3.2 Влияние варки на состояние и свойства коллагена

Полный гидролиз коллагена происходит при его нагреве в течение 3 ч. при температуре 120 °С.

Трансформация коллагена при тепловой обработке играет положительную роль, так как он становится способным после охлаждения образовывать желе - тонкий трехмерный каркас, включающий в ячейки воду с растворенными в ней низкомолекулярными веществами.

Сваренный коллаген лучше усваивается в организме, увеличивает величину водосвязывающей способности, повышает нежность и выход, играет существенную роль в структурообразовании эмульгированных мясopодуков.

Таким образом, тепловая обработка вызывает изменение структуры тканей мяса в целом.

При этом ценность мышечных волокон сохраняется, но они уплотняются и уменьшаются в диаметре вследствие денатурации белков. В начале нагрева коллагеновые волокна становятся прозрачными, уменьшается их извитость, увеличивается толщина. При температуре 65°C пучки сокращаются, теряют волокнистые очертания, становятся менее плотными, более стекловидными. Появляются участки с разрушенным коллагеном, заполненные глютином, а затем разрушенная ткань приобретает зернистое строение (рисунок 3.3).

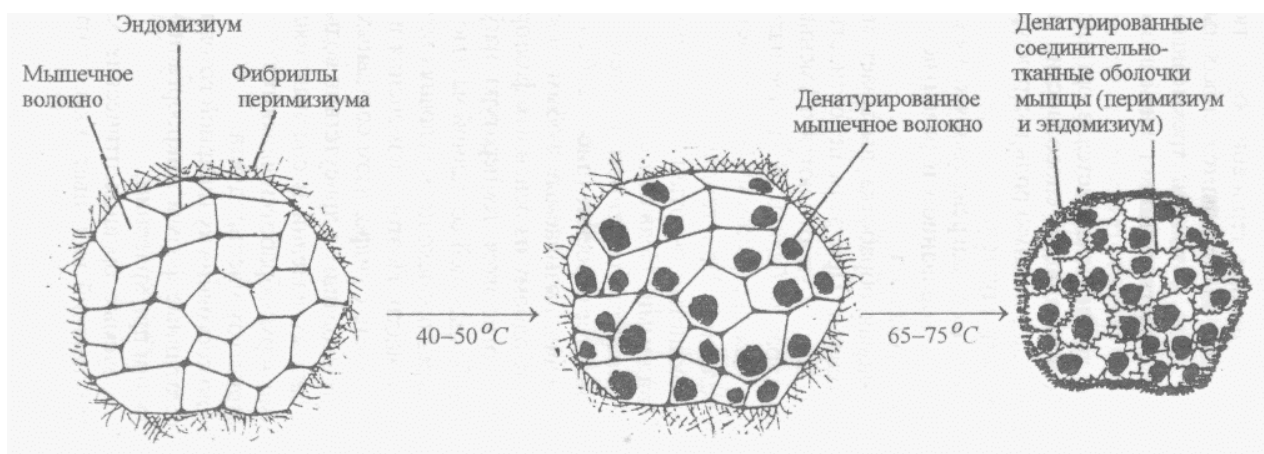


Рисунок 3.3 Последовательные сокращения миофибриллярных (при $40-50^{\circ}\text{C}$) и соединительнотканых ($60-70^{\circ}\text{C}$) белков мяса в процессе тепловой обработки

3.2.2 Изменения жиров.

Нагрев тканей вызывает разрушение сложной внутриклеточной коллоидной системы, в составе которой содержится жир. Он при этом плавится, образуя в клетке гомогенную фазу в виде капли. Если жировые клетки были разрушены до тепловой обработки или разрушаются в процессе нагрева, расплавленный жир оттекает, сливаясь в единую объемную фазу. В тех случаях когда нагрев происходит в водной среде, небольшая часть жира образует с водой эмульсию.

При достаточно длительном нагреве в контакте с водой и температуре выше 100°C жир претерпевает химические изменения. Так, отмечается увеличение кислотного числа, что свидетельствует о гидролитическом распаде жира. Образуются оксикислоты. Они придают бульону вкус и запах осаливания при длительной варке жирного мяса и костей.

Нагревание способствует и более быстрой окислительной порче жиров при хранении, особенно свинины. Образование оксикислот снижает пищевую ценность жира. Уменьшение пищевой ценности зависит от интенсивности нагрева. Так, при жарении температура поверхностного слоя мяса или мясопродуктов достигает 135°C и выше. При этом жир вытапливается и изменяется. Окислительные изменения жиров приводят не только к изменению

цвета (жир темнеет) и ухудшению запаха, но при этом могут образовываться вредные для организма вещества. Таким образом, при жарении происходят процессы, приводящие к порче жиров.

3.2.3 Изменения витаминов.

Тепловая обработка мяса и мясопродуктов приводит к уменьшению содержания некоторых витаминов в результате их химических изменений, а также потерь в окружающую среду. Изменение содержания витаминов в мясе при нагревании зависит от их устойчивости к тепловому воздействию, а также от условий обработки мяса, главным образом от рН и присутствия кислорода. Тепловая обработка мяса и мясопродуктов даже при умеренных температурах приводит к некоторому снижению их витаминной ценности, а при нагреве выше 100°C витамины значительно разрушаются (от 40 до 70 %). Из водорастворимых витаминов наименее устойчивы витамины B_1 и аскорбиновая кислота (витамин С), из жирорастворимых витаминов – витамин Д. Витамин А практически выдерживает температуру до 130°C . Однако сухой нагрев в контакте с воздухом, например жарение мясопродуктов, сопровождается интенсивным разрушением витамина А и других витаминов, в особенности тех, которые легко окисляются.

3.3 Влияние тепловой обработки на микрофлору

Термообработка мясопродуктов обеспечивает отмирание либо резкое сокращение количества вегетативной микрофлоры.

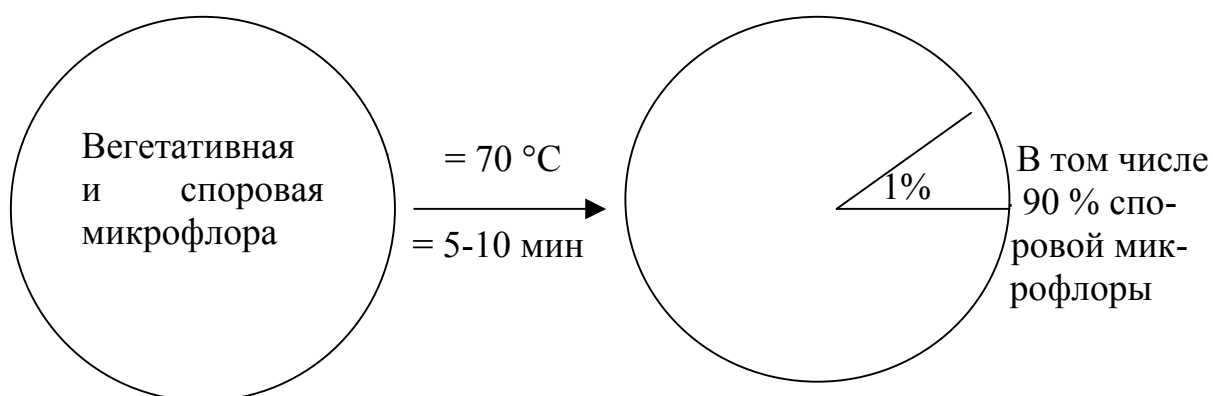


Рисунок 3.4 Влияние варки на микрофлору

При нагревании до 70°C в течение 5–10 мин погибает большая часть вегетативных форм микроорганизмов. Однако в продукте остаются термоустойчивые формы, некоторые из которых способны развиваться при температуре 80°C . К воздействию высоких температур устойчивы споровые формы микроорганизмов.

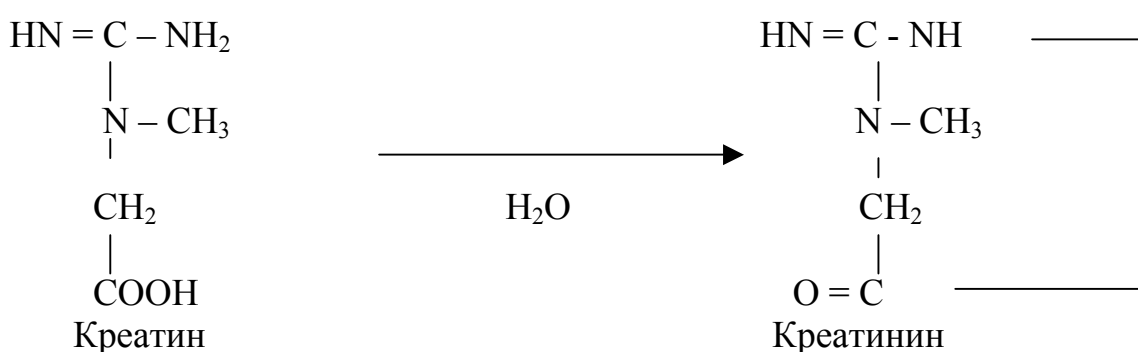
Таким образом, в результате нагрева мясопродуктов до температуры $68\text{--}70^{\circ}\text{C}$ отмирает до 99 % начального количества микроорганизмов, причем оставшаяся микрофлора на 90 % представлена споровыми формами. Уровень остаточной микрофлоры по окончании термообработки в основном зависит от степени начальной микробиологической загрязненности сырья и материалов, используемых при производстве мясопродуктов.

3.4 Образование компонентов вкуса, аромата и цвета

Изменения органолептических показателей, и в первую очередь вкуса и запаха при нагреве связано с распадом белков, липидов и углеводов и образованием экстрактивных веществ.

Решающую роль в образовании вкуса и запаха вареного мяса играют экстрактивные вещества. Тщательно отмытое от растворимых в воде веществ мясо после варки безвкусно и обладает очень слабым запахом. Экстрактивные вещества мяса накапливаются в результате распада высокомолекулярных соединений, и в то же время количество их уменьшается в результате собственного распада под влиянием нагрева.

Основная роль в формировании запаха мяса принадлежит глютаминовой кислоте, глютамину, инозиновой кислоте, креатину и креатинину.



Креатинин образуется из креатина при варке. Из серосодержащих аминокислот образуются меркаптаны, метилсульфид, сероводород; из метионина – метиональ; из треонина – альфакетомасляная кислота. Большая часть этих соединений обладает выраженным мясным ароматом.

Специфический аромат появляется также в результате взаимодействия при нагреве свободных аминокислот с сахарами (реакция Майяра) с образованием продуктов меланоидинообразования (неферментативное покоричнение).

Реакция Майяра – это целая серия реакций, часть из которых протекает последовательно, а часть – параллельно. Механизм всего процесса пока еще полностью не раскрыт. Но установлено, что на каждой стадии этого процесса образуются побочные продукты сахароаминной реакции. При этом в основном образуются карбонильные соединения (альдегиды, кетоны, летучие кислоты), серосодержащие соединения и др., которые обуславливают появление характерного запаха.

При сахароаминной реакции образуются темно-коричневые меланоидины – полимеры. Продукт приобретает коричневую окраску.

Реакция меланоидинообразования очень медленно протекает в сыром мясе, но резко ускоряется при нагревании. Так, при 60 °С она идет в 20 раз быстрее, чем при 37 °С, но и при этой температуре скорость ее достаточна.

В наиболее наглядной форме ее последствия проявляются при жарении. Вследствие высокой температуры, используемой при жарении мяса (130–180 °С), во внешнем слое его возникают процессы, в результате кото-

рых и появляется характерная коричневая окраска и формируются аромат и вкус жаренных продуктов.

Образование коричневой окраски – необходимое условие жарения. Однако пищевые меланоидины, образующиеся при кулинарной обработке продуктов, снижают их пищевую ценность. Дело в том, что меланоидины не расщепляются пищеварительными ферментами человека и, следовательно, не усваиваются.

Они теряются для организма, а вместе с ними и значительная часть белков, незаменимых аминокислот (до 30 %), витаминов.

В состав вкусоароматических веществ вареного мяса входят также низкомолекулярные летучие жирные кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и др.). Причем, чем мягче режимы термообработки, тем более выражен мясной аромат готовых изделий.

В процессе варки завершается реакция цветообразования. Механизм стабилизации окраски заключается в том, что нагрев нитрозопигментов NO–Mв и NO–Нв сопровождается денатурацией их белковой части – глобина и отщеплением простетической группы, содержащей окись азота. Именно наличие в мясе гемохромогена обеспечивает устойчивую окраску готовых мясопродуктов.

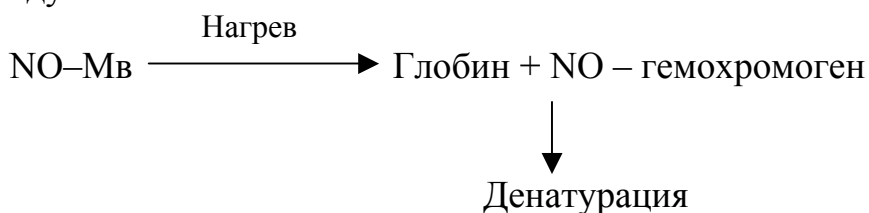


Рисунок 3.5 Механизм стабилизации окраски мяса

Чем выше темп нагрева, тем менее стабильна окраска мясопродуктов. Превышение регламентируемого при варке уровня конечной температуры в центре продукта до 75–80 °С приводит к изменению цвета мяса и появлению серокоричневого оттенка.

Изменение пищевой и биологической ценности мяса и мясопродуктов при варке обусловлено рядом как позитивных, так и негативных аспектов. После термообработки белки мяса становятся более доступными действию пищеварительных ферментов, и следовательно повышается уровень их переваримости и усвояемости. Однако нагрев вызывает инактивацию и разрушение витаминов, особенно водорастворимых (на 10–60 %); отмечены потери ряда аминокислот (триптофана, метионина, треонина, гистидина).

Наличие продуктов реакции Майяра – меланоидинов, с одной стороны улучшает вкусоароматические характеристики мясных изделий, с другой – может провоцировать канцерогенность. Кроме того, продукты реакции Майяра трудноусвояемы в организме.

4 Изменения в мясе и мясопродуктах при высокотемпературном нагреве

Основные изменения, вызываемые нагревом при температуре выше 100 градусов в закрытых емкостях, имеют гидролитический характер. Отличие по сравнению с менее жестким нагревом заключается в том, что значительно возрастает скорость гидролитических процессов, малозаметных при более низких температурах (например, гидролиз растворимых белков).

Нагрев при температуре выше 100 °С в контакте с атмосферой сопровождается обезвоживанием продукта и взаимодействием поверхностной его части с кислородом воздуха.

4.1 Гидролиз высокомолекулярных азотистых веществ

Нагрев при температуре выше 100 °С приводит к существенному гидролизу растворимых белковых веществ до пептидов. Наряду с этим, часть полипептидов гидролизуется до низкомолекулярных азотистых соединений (вплоть до аминокислот). С заметной скоростью гидролиз белков начинается при температуре около 95 °С. Степень гидролиза белков и полипептидов тем больше, чем выше температура и больше продолжительность нагрева. Если при 110 °С через 40 минут гидролизуются менее 3 %, то при 125 °С за это же время распадается более 7 %, а через 100 минут более 10 % общего количества белков. С повышением температуры и увеличением продолжительности нагрева скорость распада полипептидов возрастает более интенсивно, чем скорость распада белков до полипептидов.

Повышение температуры и увеличение продолжительности нагрева вызывает усиление гидротермического распада коллагена до глютина и гидролиз глютина до глюкоз.

Переходя в раствор, продукты гидротермического распада коллагена наряду с другими растворимыми веществами образуют питательный бульон.

Однако чрезмерный распад коллагена, приводит к разволокнению тканей, а чрезмерно глубокий гидролиз глютина – к образованию низкомолекулярных соединений вследствие чего уменьшается способность бульона к студнеобразованию.

Длительный нагрев при температуре выше 100 °С сопровождается некоторым ухудшением переваримости белков мяса: белки сырого мяса перевариваются лучше белков мяса стерилизованного.

Отлично от других животных белков ведет себя при нагреве кератин. Влажный нагрев при температуре порядка 65 °С не вызывает изменений кератина. Кипячение с водой приводит к незначительным изменениям, сопровождающимся выделением сероводорода. При температуре выше 100 °С эти изменения усиливаются, а при температуре около 150 °С кератин полностью разрушается, образуя темную гомогенную массу, состоящую из каратола и других веществ, при этом выделяется сероводород.

При сухом нагреве кератина до 150 °С выделяются вещества с неприятным запахом. При 200 °С кератин размягчается, пластифицируется. Его

можно растягивать, расплющивать. При температуре 250 °С он начинает плавиться с выделением аммиака, сероводорода и других сернистых соединений. Нагрев до 300 °С приводит к обугливанию кератина.

4.2 Изменение азотистых экстрактивных веществ

Из аминокислот наименее устойчив к нагреву цистин, а также дикарбоновые аминокислоты. Глицин не разрушается при 125 °С в течение 4 часов, а тирозин - в течение 1 часа. При достаточно большой продолжительности нагрева разрушаются многие аминокислоты и при более низкой температуре. Таким образом, нагрев мяса в течение чрезмерно большого времени может приводить к снижению его пищевой ценности в результате потерь аминокислот, в том числе и незаменимых. При этом, чем выше температура, тем меньше допустимый промежуток времени нагрева. Это имеет важное значение для оценки влияния режима стерилизации на качество мясных консервов.

При высокотемпературном нагреве уменьшается содержание общего азота, и тем больше, чем выше температура и больше продолжительность нагрева.

Представление о поведении азотистых экстрактивных веществ при нагреве дает динамика накопления конечных продуктов их распада: аммиака, сероводорода, углекислоты. Скорость их образования резко возрастает с повышением температуры (таблица 4.1, для измельченного мяса, время 30 минут)

Таблица 4.1 - Накопление конечных продуктов распада белка

Продукт распада	Количество (в мг%) в зависимости от температуры, °С					
	исходные	108	113	120	130	150
Аммиак	12,8	28,8	33,4	40,5	60,5	115,4
Сероводород	0	0,26	0,40	0,87	2,16	10,1

4.3 Изменения жиров

При температуре выше 100 °С в условиях влажного нагрева ускоряются процессы, которые хотя и с меньшей скоростью, возникают при более низких температурах, а именно гидролиз триглицеридов.

В условиях сухого нагрева, например при обжаривании, главными являются окислительные изменения жиров и процессы полимеризации. Накапливаются низкомолекулярные кислоты. В процессе нагрева возрастает перекисное число жира. Цвет жира темнеет, а запах ухудшается. Это происходит в основном в результате перехода в него окрашенных пахучих продуктов распада органических веществ.

При длительном использовании жира для жарения уменьшается его усвояемость в результате накопления в нем продуктов окисления и полимеризации.

Окислению, полимеризации и циклизации подвергается в первую очередь линоленовая, а так же линолевая кислоты. При этом возможно образование веществ, вредных для организма. Эти процессы становятся заметными

при высоких температурах нагрева. Поэтому при жаренье не рекомендуется поднимать температуру жира выше 170 °С.

4.4 Влияние на микрофлору

Вопрос о влиянии нагрева выше 100 °С на микрофлору в технологии мясопродуктов занимает особое место, так как он применяется для консервирования мясопродуктов, а в некоторых случаях и для их обезвреживания от спорозонной патогенной микрофлоры. В обоих случаях нагрев, необходимый для достижения соответствующего эффекта, в практике **принято называть стерилизацией**. Но в первом случае считают достаточным нагрев, в результате которого достигается лишь инактивация спор, то есть подавление их способности развиваться в консервированном продукте (промышленная стерилизация).

Во втором случае необходим такой нагрев, который обеспечивает безусловное уничтожение наиболее устойчивых спор микроорганизмов (полная стерилизация).

Как показали опыты, нагрев при 134 °С в течение 5 минут уничтожает все споры содержащиеся в продукте. Следовательно, при необходимости полной стерилизации мясопродуктов с целью их обезвреживания в случае наличия спорогенных болезнетворных бактерий (в том числе сибиреязвенной палочки, возбудителей столбняка и других опасных болезней) нужен нагрев до температуры выше 135 °С. Однако применение столь высоких температур для консервирования пищевых мясопродуктов сопряжено с такими изменениями их состава, которые приводят к заметному снижению пищевой ценности. Поэтому максимально допустимая температура нагрева может оказаться ниже той, при которой отмирают споры микроорганизмов.

Скорость отмирания спор зависит от биологических свойств микроорганизмов, температуры нагрева и свойств среды (продукта).

Вегетативные формы микроорганизмов, в том числе и спорогенных, по-разному относятся к действию высоких температур. Большинство из них погибают при нагреве до 70 °С (мезофилы). В консервах после стерилизации нагревом чаще сохраняют жизнедеятельность представители термофильных бацилл и клостридий, способные вызвать порчу консервов. К наиболее устойчивым спорогенным микробам, способных вызвать пищевые отравления, относятся *cl. Botulinum*. Его споры выдерживают нагрев при 110 °С, в течение 30 минут, при 115 °С в течение 12 минут.

Термоустойчивые микроорганизмы могут культивироваться, приспосабливаясь к окружающим условиям. Например, в результате чередующегося повышения и понижения температуры на загрязненном оборудовании могут накапливаться термоустойчивые варианты микроорганизмов в результате приспособления мезофилов. Многие из них были обнаружены на поверхности котлов и труб для бульона, на поверхности бланшировочных котлов, которые были выделены с поверхности консервной тары. Отмечены случаи «заражения» термофильными свойствами, когда мезофилы приобретают термоустойчивость в присутствии термофилов.

Наличие в консервах термоустойчивой и термофильной микрофлоры после стерилизации является причиной брака. Оно таит в себе и другую опасность. Так как некоторые из термофилов почти не растут при 37 °С, то при хранении они не обнаруживаются. Такой консерв может испортиться, попав в температурные условия, близкие к оптимуму развития оставшихся в них термофильных бактерий (например, летом в условиях жаркого климата), поэтому желательно быстро охлаждать консервы после стерилизации. При медленном охлаждении температура надолго задерживается около оптимума развития термофилов.

Большинство спор обладает наибольшей устойчивостью к нагреву при реакции среды, близкой к нейтральной, но с некоторыми отклонениями. Для большинства спор рН существенно влияет на их термоустойчивость, начинается с 5,0 и ниже. В связи с этим консервы можно разделить на следующие группы:

- низкой кислотности (рН 5,0 и выше) – мясопродукты, молочные продукты;
- средней кислотности (рН 5,0–4,5) – мясо-растительные продукты: супы и прочие;
- кислые (рН 4,5- 3,7) – томатопродукты, некоторые плодовые консервы и прочие.

Соответственно этому режим стерилизации может быть более или менее жестким. Кислые продукты можно стерилизовать при температуре 100° С. Большая часть мясных консервов имеет рН, близкий к 6,0. поэтому для их стерилизации требуется более жесткий режим, чем для растительных. Лишь консервы с томатной заливкой и кислыми растительными наполнителями (кислой капустой) имеют более высокую кислотность и их можно стерилизовать при менее жестком режиме.

Имеет значение и химическая природа кислот. Например, угнетающее действие молочной кислоты больше, чем лимонной, а лимонной больше, чем уксусной. Величина рН и химическая природа кислот влияют не только на режим стерилизации, но и на продолжительность хранения консервов. Способность прогретых спор к прорастанию несколько уменьшается также из-за присутствия в растительном сырье (капусте, луке, кореньях и др.) фитонцидов, бактерицидные свойства которых во многих случаях в результате нагрева увеличиваются.

На устойчивость спор к нагреву влияет жир, который способен образовывать на поверхности спор коагуляционные пленки (межфазовый «чехол»). Такого рода пленка изолирует спору от окружающей влаги. Споры сенной пленки в бульоне при 106 °С погибали через 10 минут, а в животном жире даже при 150 °С лишь через 60 минут. Обнаружено, что после 10 минут нагрева мясного фарша с различным содержанием жира оставалось жизнеспособных спор (в % к начальному содержанию): без жира - 1, с 5 % жира - 6, с 15 % жира - 8,8.

Влияние поваренной соли на устойчивость спор к нагреву существенным образом зависит от ее концентрации. Установлено, что термоустойчи-

вость *cl. botulinum* при концентрации 1-2 % соли повысилась, а при концентрации 8 % снизилась.

Так как отдельные виды, разновидности и культуры микроорганизмов обладают различной устойчивостью к нагреву, эффект стерилизации зависит от концентрации спор в продукте: чем больше спор в единице массы (объема) продукта, тем больше должна быть продолжительность нагрева, потому что тем больше вероятность наличия в нем устойчивых особей.

4.5 Консервирование нагревом

Пастеризация. В технологической практике не всегда допустимо консервирование продуктов при температуре выше 100 °С. В таких случаях производят пастеризацию или тиндализацию.

При пастеризации - однократной тепловой обработке изолированного от внешней среды продукта - уничтожаются преимущественно вегетативные формы микроорганизмов. Температура пастеризации обычно 55-75 °С. Так как после пастеризации в продукте остаются споры, способные прорасти, достаточно высокая устойчивость пастеризованного продукта к микробиальной порче может быть достигнута лишь при добавлении к нему веществ, подавляющих прорастание спор. Например, в гематоген, который консервируют пастеризацией, добавляют для этой цели спирт. На мясоперерабатывающих предприятиях пастеризацией пользуются, например, в тех случаях, когда необходимо избежать денатурации белков (при консервировании гематогена) или инактивации действующего начала какого-либо препарата (например, при консервировании печеночного экстракта). На всем протяжении технологического процесса производства пищевых продуктов (например, ветчины) необходимо соблюдать санитарно-гигиенические требования.

Тиндализация – это многократная пастеризация. При таком способе тепловой обработки продукт, изолированный от внешней среды, после каждого приема тепловой обработки оставляют на некоторое время в условиях пониженной температуры (примерно на сутки). Эффект, достигаемый тиндализацией, некоторые исследователи объясняют тем, что при повторном нагреве уничтожаются вегетативные формы, вырастающие во время выдержки консервов при пониженной температуре из спор, активированных предшествующим нагревом и поэтому быстро прорастающие во время выдержки.

Тепловую обработку проводят 2, иногда 3 раза, пока не достигнут стерильности. Тиндализацию ведут при той же температуре, что и пастеризацию, а если это допускают особенности продукта, то и при 100 °С.

На мясоперерабатывающих предприятиях тиндализацию можно применять для консервирования в банках различных видов легко разваривающейся продукции (сосисок, ветчины, карбонада в ломтиках и т.д.). Консервированный продукт получается с малоизмененными первоначальными свойствами. Но такой способ консервирования экономически невыгоден. Поэтому к нему прибегают обычно при изготовлении консервов по специальным заказам.

Стерилизация консервов - это нагрев продукта, изолированного от внешней среды путем упаковки его в герметизированную жестяную либо стеклянную тару, до температуры и в течение времени, достаточных для предотвращения развития микрофлоры при длительном хранении продукта. Хорошо стерилизованные консервы можно хранить при обычной температуре без признаков микробиальной порчи десятки лет, и они остаются пригодными в пищу, если тому не воспрепятствует накопление в них вредных продуктов материалов тары (например, солей олова, свинца). Нагрев с целью стерилизации производят в автоклавах периодического или непрерывного действия. Так как нарушение герметичности консервов недопустимо, контроль за соблюдением режима стерилизации осуществляют косвенно - наблюдением изменения температуры в автоклаве (точнее температуры греющей среды), а не в консервах. Температура в центре консервов отстает от температуры в автоклаве, а в некоторых случаях может даже не достигать заданного уровня. Тепловое сопротивление стенок жестяной тары очень незначительно, и не играет существенной роли. Тепловое сопротивление стенок стеклянной тары больше и заметно сказывается на скорости прогрева.

5 Копчение мясопродуктов

5.1 Понятие копчения

Под копчением обычно подразумевают пропитывание продуктов копильными веществами, получаемыми в виде копильного дыма в результате неполного сгорания дерева.

Это один из способов консервирования продуктов, а также технологический прием, применяемый для придания продукту своеобразного вкуса и аромата.

Во время копчения происходит обезвоживание продукта за счет испарения влаги, протекают ферментативные процессы, а копчение в сочетании с высокой температурой ведет к денатурации некоторых белков. Копчению обычно предшествует посол мяса, так как при посоле увеличивается проницаемость структуры мышечной ткани для диффундирующих веществ.

Существуют холодный и горячий способы копчения. Обработку горячим дымом (обжарка, горячее копчение) применяют при изготовлении вареных колбасных изделий. При обжарке кратковременно (от 40 мин до 2 ч) обрабатывают продукт дымом при высоких температурах (60-110 °С).

При изготовлении варено-копченых изделий их повторно обрабатывают горячим дымом при температуре 35-45 °С в течении 12-48 ч.

Копчение холодным дымом используют для изготовления сырокопченых изделий.

В этом случае обработку дымом производят при 18-22 °С в течении 3-7 суток.

Применяют также ряд других способов копчения: электрокопчение (копчение в электрическом поле), бездымное (посредством копильных препаратов) и др.

Древесный дым, используемый для копчения, представляет собой очень сложную смесь, содержащую разнообразные органические соединения в различном физическом состоянии (газ, жидкость, пар, твердое вещество). В составе копильного дыма обнаружено более 200 самых разнообразных продуктов неполного сгорания древесины. В их числе: низкомолекулярные кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая и др.), карбонильные соединения (ацетон, диацетил, бензальдегид и др.), фенолы (фенол, крезол, пирокатехин и др.), амины, спирты, смолистые вещества и др. органические соединения.

При копчении различные соединения проникают в продукт в очень небольших количествах, поэтому пищевая ценность продукта практически не снижается за счет реакций, происходящих между белками и компонентами дыма.

5.2 Влияние копильных веществ на микрофлору

Копильные вещества обладают довольно высоким бактерицидным и бактериостатическим действием. Наиболее устойчивы к действию копильных веществ плесени, которые способны развиваться при неблагоприятной температуре и влажности окружающего воздуха на поверхности даже хорошо прокопченных продуктов. Очень устойчивы споры микроорганизмов (по-

гибают через 7-18 ч). Неспорообразующие бактерии и вегетативные формы спорообразующих в большинстве погибают после 1-2- часовой экспозиции в дыму. Наиболее чувствительны к действию дыма кишечная палочка, протей, стафилококк.

Из числа составных частей коптильного дыма, высоким бактерицидным действием обладают фенольная фракция и фракция органических кислот. Бактерицидное действие коптильных веществ распространяется лишь на внешний слой продукта сравнительно небольшой толщины (около 5 мм). Бактерицидный эффект копчения заключается в создании защитной бактерицидной зоны на периферии продукта, предохраняющей его от поражения микрофлорой, и прежде всего плесенью извне.

Выживаемость микроорганизмов на поверхности зависит от плотности (густоты) дыма, температуры и относительной влажности воздушнодымовой смеси. При этом, в случае копчения слабым дымом решающее значение приобретает температура. Относительная влажность воздушнодымовой смеси влияет на выживаемость микроорганизмов в значительно меньшей степени, чем температура и плотность коптильного дыма. Бактерицидные свойства дыма практически не зависят от породы древесины, если условия получения дыма идентичны.

Коптильные вещества, проникшие в продукт в достаточно больших концентрациях, сохраняют бактерицидные свойства в течение некоторого времени и после копчения. При нанесении бактерий на поверхность копченого продукта через 4 суток после копчения наблюдалось их отмирание. Однако плесени способны быстро развиваться на поверхности копченых продуктов, если поверхность увлажняется.

5.3 Антиокислительные свойства коптильных веществ

Антиокислительные свойства коптильных веществ, адсорбируемых продуктом в процессе копчения, очень сильно выражены. Так, например, перекисное число жира копченого бекона, хранившегося в течение месяца при 15 °С, почти не изменилось в сравнении с первоначальным, в то время как для некопченого бекона оно возросло в 8 раз. Жир копченого бекона сохраняет хорошее состояние при минусовых температурах в течение двух месяцев. Антиокислительное действие коптильных веществ значительно усиливается в присутствии аскорбиновой кислоты.

Исследования антиокислительных свойств различных фракций коптильного дыма показали, что достаточно хорошо выраженным антиокислительным действием обладает только фенольная фракция. При этом антиокислительная активность фенольных компонентов дыма тем выше, чем выше температура кипения фенольных компонентов дыма (при температуре выше 120 °С).

Антиокислительный эффект копчения является, таким образом, одним из наиболее важных следствий обработки мясопродуктов коптильным дымом. Это тем более существенно, что окисление продукта начинается именно с поверхности, где концентрация коптильных веществ наибольшая и достигается нужной величины сравнительно быстро.

5.4 Изменение вкуса, цвета, запаха и внешнего вида мясопродуктов при копчении

Специфическими особенностями копченых мясопродуктов является острый, но приятный вкус, своеобразный запах копчения, темно-красный с вишневым оттенком цвет на разрезе, темно-красный с коричневым оттенком цвет и блеск на поверхности.

При создании органолептических характеристик большую роль играет вид древесины, являющейся источником дыма. Полного сходства в составе коптильного дыма и в составе коптильных веществ, проникающих в продукт при копчении, нет. Тем не менее, даже через колбасную оболочку проникают представители всех основных групп компонентов коптильного дыма. Их характеристика дана в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Фракции коптильного дыма

Фракции	Вкус	Запах
Фенольная	Острый, жгучий	Приятный, смешанный фенольный
Ароматических альдегидов	-	Приятный
Нейтральных соединений	Жгучий, маслянистый	Специфический, мало-приятный
Органических кислот	Кислый	Острый, кислый, с оттенком запаха уксусной кислоты
Органических оснований	Малоприятный	Специфический. резкий, неприятный
Углеводная	-	Очень слабый, слегка сладковатый
Углеводородная	-	Специфический, неприятный

Судя по этим характеристикам, в формировании специфического вкуса копченостей участвуют фракции: фенольная, нейтральных соединений, органических кислот. В формировании аромата копченостей принимают участие все фракции, за исключением углеводной.

Однако роль каждой из них своеобразна. Некоторые играют основную роль в формировании запаха и вкуса, другие влияют только на их оттенки, а часть ухудшает их. При введении в колбасный фарш каждой из них в отдельности, лишь фенольная придавала ему аромат и вкус, приближающиеся к аромату и вкусу копченостей. Несомненно, однако, что большее влияние на органолептические характеристики оказывает и фракция органических кислот, а также, в меньшей степени альдегидов и кетонов.

Различные компоненты внутри каждой фракции играют также неодинаковую роль.

В копченых продуктах обнаружено около двух десятков фенольных соединений с температурой кипения в границах 58-126 °С при давлении 4 мм рт. ст. В их числе: фенол, паракрезол, гваякол, метилгваякол, пирокатехин.

Наиболее приятным запахом обладает фракция, кипящая в границах 76-89 °С.

При копчении в продукт проникает большое число органических кислот. В границах температур 40-130 °С выделено 9 фракций с различными оттенками запаха. Все фракции обладают кислым запахом, а некоторые жгучим привкусом. Органические кислоты оказывают влияние на вкус копченостей, придавая кислостый оттенок. Большинство фракций кислот характеризуются более или менее неприятным запахом. Лишь те, которые кипятят в границах температур 46-100 °С, обладают кислостым приятным запахом с фруктовым оттенком. Фракция, кипящая в границах 110-118 °С, имеет резкий запах похожий на запах уксусной кислоты. Среди кислот обнаружены: муравьиная, уксусная (в наибольшем количестве), пропионовая, масляная, валиериановая, капроновая и др.

Проникающие при копчении в продукт альдегиды и кетоны также весьма разнообразны. Их обнаружено более 40. Муравьиный, уксусный, масляный альдегиды, ацетон, метилэтилкетон и др. обладают острым неприятным запахом.

Исключение из них составляет диацетил. Более приятным запахом обладают некоторые представители ароматических и циклических альдегидов - фурфурол, ванилин.

Попадая при копчении в продукт, ароматические альдегиды и кетоны усиливают остроту запаха. Остальные фракции коптильных веществ, большого влияния на аромат и вкус копченостей не оказывают.

Особое место в числе коптильных веществ занимают некоторые углеводороды, служащие источниками образования 1, 2, 5, 6-дибензантрацена и 3, 4-бензопирена, которые имеют канцерогенные свойства. В 1 кг сырокопченых колбас находят 1,9-4,5 гр. Канцерогенов накапливается больше при температуре получения дыма выше 300 °С.

Копчение мясопродуктов неизбежно приводит к изменению цвета и внешнего вида. При этом возможны такие отклонения от нормы, которые приводят к ухудшению товарного вида продукции. Цвет поверхности может оказаться либо слишком светлым, создавая впечатление неполной готовности продукта, либо чрезмерно темным, придавая продукту неряшливый вид.

Особенно важны сохранение нормального цвета и внешнего вида для таких мясопродуктов, как свинокопчености, полукопченые и вареные колбасные изделия. Цвет свинокопченостей на поверхности жира должен быть золотисто-желтым различных оттенков, кожи - светло-коричневым и мышечной ткани-темным красновато-коричневым. Поверхность колбасных изделий (полукопченых и вареных) должна быть сочного красно-коричневого цвета. Поверхность должна обладать своеобразным блеском и глянцеvitостью.

Изменение цвета является, во-первых, следствием осаждения окрашенных компонентов дыма на поверхности продукта, и, во-вторых, химиче-

ского взаимодействия некоторых коптильных веществ друг с другом, с составными частями продукта и с кислородом воздуха после осаждения на поверхности.

К числу вторичных процессов, усиливающих окраску поверхности, является реакция конденсации альдегидов с фенолами. Они изменяют окраску продукта, оседая на его поверхности.

Некоторые компоненты дыма окрашены сами.

К окрашенным фракциям относятся: нейтральные соединения, обуславливающие светло-коричневый цвет, углеводная фракция - красновато-коричневый цвет, фенольная фракция- светло-коричневый цвет.

В число нейтральных соединений входят смолы. С увеличением их концентрации в дыме, усиливается интенсивность окраски поверхности.

На поверхности продукта могут также оседать частички сажи, резко ухудшая ее окраску и внешний вид. Это происходит обычно при использовании древесины сосны и ели.

Цвет и внешний вид копченых мясopодуKтов зависят от условий копчения: густоты дыма, продолжительности, относительной влажности коптильной среды, скорости ее движения, влажности поверхности продукта, породы древесины.

Большое значение имеет густота дыма, так как от нее зависит не только продолжительность процесса, но и вероятность дефектов товарного вида продукции: слишком бледный цвет при слабом дыме и чрезмерно темный при очень густом дыме. При чрезмерной густоте дыма перестает быть различимым свет лампочки в 40 Вт на расстоянии 0,5 м.

Обработку коптильным дымом предпочтительно вести при высоких значениях относительной влажности коптильной среды, так как с ее повышением интенсивность окраски увеличивается.

Существенным является влияние на интенсивность окраски влажности поверхности продукта: влажная поверхность окрашивается значительно слабее сухой и остается матовой; после подсушивания продукты окрашиваются лучше и имеют более привлекательный вид. Влажность поверхности имеет и другое значение: на поверхности легко оседают примеси дыма, ухудшающие товарный вид продукта.

Скорость движения коптильной среды должна быть достаточной для обеспечения турбулентного режима по всему объему, занимаемому продуктом.

Следует, однако, учитывать влияние скорости движения коптильной среды на ход обезвоживания продукта. Так, при обжарке колбасных изделий поверхность продукта в самом начале должна быть хорошо подсушена. Это предполагает повышенную скорость движения коптильной среды. Обработке дымом сырокопченых колбас способствует их высушивание, которое, протекая неравномерно, может вызвать дефект в виде «закала» (твердый, пересохший внешний слой). Это ограничивает допустимую скорость движения коптильной среды. Оптимальные скорости движения коптильной среды,

имея в виду собственно копчение, лежат в границах 0,03-0,15 м/с в зависимости от вида продукта и температуры копчения.

Состав дыма меняется в зависимости от влажности древесины. При большой влажности древесины дым получается с более высоким содержанием низкомолекулярных кислот, в основном муравьиной и пропионовой. В связи с этим ухудшается аромат и вкус копченых продуктов. Вместе с этим в дыме уменьшается содержание фенолов и увеличивается количество золы и углеродных частиц (сажи). Окраска продукта поэтому получается более темной и неравномерной.

В таблице 5.2 приведена оценка наиболее распространенных пород древесины по результатам копчения мясoproдуктов (породы древесины расположены по убывающей технологической ценности).

Таблица 5.2 - Породы древесины, используемые при копчении

Порода древесины	Цвет копченостей	Аромат и вкус
Бук	Темно-желтый	Тонкие, приятные
Дуб	Темно-желтый до коричневого	-
Береза, тополь	От желтого до коричневого	Менее приятный
Ольха	Желтый	-
Осина	Темный	То же с оттенком горьковатости
Сосна, ель	С отложениями сажи	Резкие с оттенками запаха скипидара

Очень хорошим источником дыма является можжевельник. Дым можжевельника окрашивает поверхность продукта в темно-коричневый цвет и придает ему очень хороший приятный специфический аромат. Использование сосны и ели для получения копильного дыма не рекомендуется. Березу можно использовать только без бересты.

5.5 Механизм копчения сырокопченых колбас

Механизм копчения складывается из двух фаз: осаждения или отложения копильных веществ на поверхности и переноса копильных веществ от поверхности к центральной части продукта.

В технологическом смысле копчение сырокопченых колбас объединяет 4 рода различных, но взаимосвязанных процессов: собственно копчение, обезвоживание, биохимические изменения, структурообразование. Каждый из них зависит от условий, в которых протекает процесс, и в первую очередь от температуры копчения. Степень развития и завершенности каждого из этих процессов влияет на свойство готового продукта. Пока невозможно точно определить влияние каждого из них. Но несомненно, что неправильный ход и незавершенность любого из этих процессов в той или иной мере приводит к ухудшению качества готового продукта.

5.5.1 Собственно копчение.

Сырокопченые колбасы коптят холодным копчением, т.е. при температуре 18-22 °С, во избежание денатурации белковых веществ и развития нежелательных микробиальных процессов. Продолжительность копчения – до 4 суток. Общее количество фенольных веществ в продукте к концу копчения находится в границах 3,5-6,5 мг % к весу фарша. Однако они распределены в поперечном сечении продукта даже к концу копчения очень неравномерно: основная масса коптильных веществ сосредоточена во внешнем слое, в центральной части продукта фенолы не обнаруживаются. На рисунке 5.1 приведена диаграмма, характеризующая примерное распределение фенолов по сечению продукта в ходе копчения.

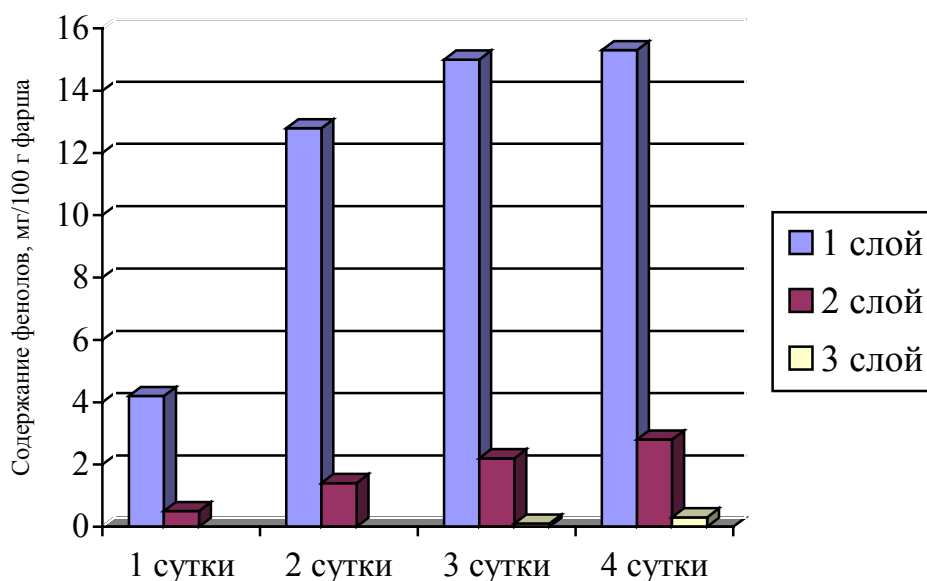


Рисунок 5.1 Распределение фенолов в поперечном сечении колбасы в процессе копчения

Фенолы определяются во внешнем первом слое толщиной 5 мм и следующим за ним втором такой же толщины. В самом центре продукта в заметных количествах фенолы обнаруживаются спустя 15-20 суток после копчения.

Количество фенолов в продукте зависит от густоты дыма. Если при копчении дымом нормальной густоты их количество во внешнем слое достигает 13-16 мг %, то более слабым дымом оно меньше 10 мг %.

Внутри продукта фенольные соединения более интенсивно накапливаются в жировой ткани, чем в мышечной. Неравномерность распределения фенольных соединений между жировой и мышечной тканью более ярко выражена во внутренних слоях, чем во внешних. Во внутренних слоях продукта их содержание в жировой ткани в 1,5-2, а в центре в 3-4 раза выше, чем в мышечной. Неравномерность нарастает с течением времени. Создается впечатление, что жир адсорбирует фенолы из остальной части продукта.

5.5.2 Обезвоживание.

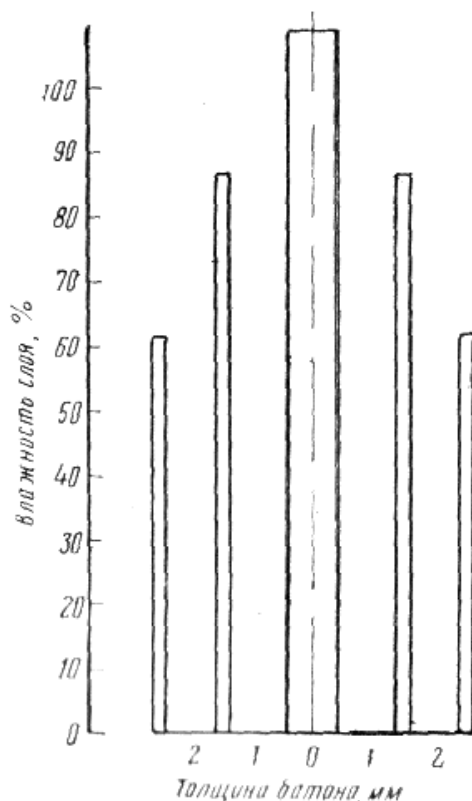
Влажность сырого колбасного фарша в зависимости от его состава колеблется 110-160 %. Но уже в процессе предшествующем копчению-осадке (выдержка колбас при температуре около 2 °С в течение 5-7 суток) за счет испарения теряется 6-11 % содержащейся в них влаги (или 7-20 % удаляемой влаги). Средняя скорость сушки во время осадки – 0,025-0,086 % ч. Для копчения колбасы поступают с влажностью 100-150 %, а в готовом продукте содержание влаги не должно превышать 30 % к его весу, т.е. 43 % влажности к сухому остатку. Поэтому обезвоживание, происходящее в процессе копчения - необходимый элемент технологического процесса, обусловленный качественными требованиями к готовому продукту.

Количество влаги, удаляемой во время копчения, находится в зависимости не только от режима и продолжительности копчения, но и от начальной влажности продукта. Оно колеблется в пределах от 20 до 60 % к сухому остатку.

В процессе копчения, по мере обезвоживания продукта, возрастает неравномерность распределения влажности в нем.

Представление о распределении влажности дает диаграмма на рисунке 28.2, составленная для батона толщиной 50 мм.

В диаграмме показана влажность внешнего слоя толщиной 2 мм, среднего такой же толщины на расстоянии 10 мм от поверхности и центрального толщиной 8 мм. Температура копчения 21-23 °С, относительная влажность 67-74 %, продолжительность копчения 5 суток.



0 – центр; 1 – средний слой; 2 – внешний слой

Рисунок 5.2 Распределение влажности в поперечном сечении колбасы после копчения

Неравномерность распределения влажности имеет двойное значение: во-первых, от нее зависит интенсивность развития биохимических, в том числе микробиальных процессов и, во-вторых, структурно-механические свойства по слоям продукта. Оба фактора влияют на качественные показатели готового продукта, в связи с чем при копчении колбас следует избегать излишней неравномерности распределения влажности.

5.5.3 Химические изменения.

Химические изменения составных частей фарша во время копчения очень разнообразны и имеют решающее значение для качества готового продукта. Наиболее важные изменения те, которые приводят к изменению гистологической структуры тканей и к образованию новой, хорошо связанной структуры, и те, которые обуславливают вкусовые и ароматические свойства продуктов. Ферментным изменениям подвергаются все основные группы веществ, входящих в состав фарша: белковые вещества, липиды, углеводы, экстрактивные вещества.

Большая роль принадлежит жизнедеятельности микроорганизмов. Об этом свидетельствует рост общего числа микробных клеток в фарше, которое увеличивается в несколько раз и достигает нескольких миллионов в 1 г фарша. Подтверждением может служить также и то, что большинство обнаруживаемых в готовой колбасе микробов обладает протеолитическими и липолитическими свойствами.

Развитие микрофлоры носит селективный характер: количество молочнокислых бактерий возрастает во много раз и к концу копчения они составляют 99 % среди других групп бактерий. Уменьшается число групп кокковых и особенно резко – число грамотрицательных палочек. Число групп грамположительных палочковых форм сохраняется на небольшом колеблющемся уровне. При этом селективный характер развития микрофлоры хорошо выражен уже во время осадки, предшествующей копчению.

Развитие аромата и вкуса в сырокопченых колбасах связано со способностью развивающейся микрофлоры к денитрификации. Попытки с добавлением в фарш аскорбиновой кислоты, ускоряющей процессы изменения азота нитрата и нитрита, показали, что наряду с улучшением окраски фарша заметно и улучшение аромата сырокопченых колбас.

Под влиянием тканевых и микробиальных протеаз в процессе копчения с заметной скоростью протекает гидролитический распад белковых веществ, начавшийся еще во время осадки (около 5 % общего количества белков), однако этого достаточно для заметного разрушения начальной – клеточной структуры сырья.

Саркоплазма мышечного волокна набухает и гомогенизируется. На отдельных участках она становится прозрачной. Границы между волокнами еле различимы. Поперечная исчерченность мышечных волокон исчезает и обнаруживается лишь у отдельных волокон.

Разрушению начальной клеточной структуры составных частей фарша сопутствует образование новой, более монолитной структуры. Она возникает в результате многочисленных коагуляционных связей между частицами. К

концу копчения в 2,5-3 раза уменьшается водосвязывающая способность фарша, в 1,5-2 раза уменьшается пластичность. Вместе с этим возрастает связность и прочность структуры.

Наряду с гидролитическим распадом белковых веществ происходит также гидролиз жиров. Скорость и глубина гидролиза жиров зависит от условий выработки колбас. Обычно кислотное число жира к концу копчения возрастает на 1,5-2,0 единицы.

В период копчения наблюдается распад нитратов, к концу копчения разрушается до 40 % их начального количества.

Возрастает количество нитритов, достигая 1,0-1,8 мг %. Продолжается более глубокое восстановление азота. Количество аммиака увеличивается до 1,4-1,5 % к общему азоту фарша.

5.6 Применение коптильных препаратов.

Различные коптильные препараты применяют с целью замены обработки мясных продуктов коптильным дымом. Использование коптильных препаратов имеет свои преимущества и недостатки. Преимущества сводятся к следующему:

- более точно можно регулировать дозировку и состав коптильных веществ, вводимых в продукт, исключая из него нежелательные компоненты (в частности канцерогенные вещества);

- упрощенная обработка продукта – нет необходимости использовать сложное оборудование для получения и кондиционирования коптильного дыма и собственно копчения.

К недостаткам относятся невозможность одновременного совмещения обработки коптильными веществами с другими технологическими (тепловой обработкой, обезвоживанием и т.д.); необходимость применения в некоторых случаях дополнительных операций, что усложняет технологический процесс в целом.

Ранее было показано, что при обычном копчении коптильные вещества сосредотачиваются во внешнем слое продукта в количествах, достаточных для создания бактерицидной и антиокислительной зоны; в более глубоких слоях их количество остается незначительным. При употреблении коптильных препаратов такой эффект получить очень трудно. А так как коптильные препараты равномерно распределяются по всему объему в концентрации, присущей внешнему слою, их общее количество будет значительно большим, чем при обычном копчении. При обработке продукта коптильным препаратом с поверхности, его следует дозировать с учетом потерь коптильных веществ во внешнюю среду во время последующих этапов технологической обработки (например, сушки).

Компоненты любых коптильных препаратов отличаются высокой химической активностью. Из-за этого их состав подвержен значительным изменениям, в особенности при высоких концентрациях. Поэтому концентрированные коптильные препараты пригодны для употребления в течение ограниченного времени. Неконцентрированные – содержат лишь незначитель-

ное количество (около 3-5 %) полезных веществ, а их транспортировка на большие расстояния неэкономична.

Коптильные препараты можно использовать в производстве некоторых мясопродуктов. Возможно изготовление сырокопченых колбас при замене копчения введением коптильных препаратов в фарш при его изготовлении. Возможна замена обработки колбас дымом, при обработке коптильными препаратами перед обжаркой.

Практически коптильные препараты используются в качестве вспомогательных средств для обработки поверхности (либо оболочки) при обжарке вареных колбасных изделий, предотвращения плесневения при сушке сыровяленых колбас, а также для придания аромата копчения путем введения этих препаратов в фарш.

В настоящее время предложено довольно много типов коптильных препаратов. Пользуются в основном тремя путями их получения:

- из подсмольной воды, представляющей собой конденсат при сухой перегонке древесины;
- из отходов лесохимического производства;
- из коптильного дыма.

Коптильные препараты из подсмольной воды получают, освобождая ее от нежелательных компонентов. Примерами могут служить коптильная жидкость ВНИРО, коптильная жидкость ВНИИМПа В-1.

Коптильную жидкость ВНИРО получают путем удаления из подсмольной воды низкокипящих фракций (метилового спирта, формальдегида и пр.). Коптильный препарат нашел применения при посоле рыбы.

Коптильная жидкость В-1 отличается тем, что из жидкости после удаления смол коптильные вещества извлекают органическим растворителем, который затем удаляют под вакуумом. Остаток очищают фильтрованием.

Примерный состав коптильной жидкости В-1 (в %):

Фенолов	0,45-0,50
Смолистых веществ	1,1-1,2
Альдегидов	0,15
Уксусной кислоты	0,4-0,5
Углеводов	0,11

Она не содержит канцерогенных углеводов и формальдегида и включает следы ацетона и метилового спирта.

Коптильный препарат КВ-1 получают из отходов других производств. Препарат не содержит канцерогенных веществ. Вполне пригоден для легкой обработки поверхности с целью предотвращения плесневения при сушке сыровяленых колбасных изделий.

Наиболее оправданным является метод получения коптильной жидкости из коптильного дыма.

Коптильный ароматизатор «Жидкий дым, плюс» производят на специально сконструированной установке, позволяющей получать коптильную жидкость с заданной концентрацией коптильных веществ.

Коптильный ароматизатор представляет собой прозрачную жидкость от светло-коричневого до коричнево-копьячного цвета с выраженным специфическим ароматом копчения. Свойства ароматизатора стабильны при хранении до 1 года и более в широком диапазоне температур. Коптильный препарат соответствует требованиям санитарных норм и правил, не содержит вредных потенциально опасных для здоровья человека веществ и может быть использован как для поверхностной обработки продуктов, так и в качестве пищевой добавки – ароматизатора.

Установлено, что введение коптильного ароматизатора «Жидкий дым плюс», в рецептуру продуктов, заметно улучшает их структуру, создавая более плотную консистенцию; способствует появлению привкуса, характерного для колбасных изделий (особенно это актуально для продуктов, вырабатываемых из мороженого или долго хранившегося сырья, мяса с признаками PSE, импортного мяса); приводит к выраженной устойчивости жиров к автоокислению.

Одна из интересных новинок последнего времени – фиброзная оболочка Смок-Е, выпускаемая бельгийской фирмой «Девро Типак». Оболочка замечательна тем, что содержащаяся в ней коптильная жидкость воздействует на фарш, придавая ему качество копченого продукта. В случае использования этого типа оболочки мясоперерабатывающим предприятиям не надо приобретать сложные и дорогостоящие коптильные установки. При этом качество продукции остается на высоком уровне.

Внутренняя поверхность новой оболочки покрыта коптильной жидкостью, экстрагированной из отборной древесины, в соответствии с запатентованной технологией. В процессе термической обработки коптильная жидкость проникает в продукт, придавая ему натуральный аромат дыма и постоянный ровный цвет характерный для копчения.

Фиброзная оболочка с коптильной жидкостью предназначена для производства различных видов ветчины, мясных рулетов и колбас. При использовании оболочки Смок-Е, время, затрачиваемое на термообработку изделий существенно сокращается из-за отсутствия традиционной стадии копчения. Сокращение затрат на приобретение, ремонт и обслуживание дымогенераторов, фильтров и др. оборудования снижает себестоимость продукции.

Кроме того, она поставляется в готовом виде и не требует дополнительного замачивания. Оболочка предлагается трех видов – с низкой, средней и высокой концентрацией коптильной жидкости.

Оболочки с низкой концентрацией коптильной жидкости используют для продуктов, которые должны иметь лишь легкий оттенок цвета копченого мяса, при едва уловимом аромате дыма; со средней концентрацией – применяют для производства изделий, которые должны иметь умеренный оттенок копченого мяса и отчетливый аромат дыма. В оболочках третьего вида (высокая концентрация) изготавливают все продукты с интенсивным цветом и выраженным ароматом.

Таким образом, использование коптильных ароматизаторов и фиброзных оболочек в современном производстве мясных продуктов весьма актуально, так как:

1) сокращается цикл термообработки продуктов за счет исключения процесса дымового копчения;

2) наблюдается выраженный эффект торможения окислительной порчи жиров, что позволяет увеличить сроки хранения готовых продуктов;

3) улучшаются структурно-механические свойства готовых изделий;

4) сокращаются затраты на приобретение, ремонт и обслуживание дорогостоящих установок;

5) улучшаются условия труда рабочих;

6) повышается санитарная культура производства;

7) снижается загрязненность окружающей среды;

8) повышаются санитарно-гигиенические показатели готовых продуктов, так как коптильные препараты и оболочки не содержат потенциально опасных для здоровья человека веществ.

6 Сушка мясopодуктов

В течение многих веков мяso сушили на воздухе. Иногда сушили над огнем и получали копченое мяso. Вяленое мяso могло храниться в течение длительного времени в сухом состоянии, но оно не отличалось высокими качествами. В настоящее время выпускают сухие и полусухие колбасные продукты и сушеную говядину. Эти продукты в процессе производства подвергаются ферментации, а образующаяся кислотность способствует их сохранности.

6.1 Сушка, как способ консервирования

Обмен веществ в живых организмах протекает в водной среде. Недостаток воды нарушает его, и, следовательно, замедляет или полностью приостанавливает жизнедеятельность микроорганизмов. Минимальная влажность белковых продуктов, при которой возможно развитие бактерий, равна примерно 25-30 %; плесневые грибы могут размножаться при влажности продуктов около 15 % и даже на более сухих, если влажность воздуха выше 75 %, а температура не ниже 10 °С.

Так как при высокой относительной влажности воздуха высушенные продукты могут сорбировать влагу из воздуха и изменяться под действием кислорода, их можно хранить лишь при условии, если относительная влажность воздуха не превышает допустимого для данного случая максимума и если продукт полностью изолирован от внешней среды. Чаще необходимы оба условия.

Высушенный белковый продукт, будучи хорошо изолированным от внешней среды, может сохраняться неопределенно долгое время. Поэтому сушка относится к способам консервирования, которые могут полностью предотвратить микробиальную порчу белковых веществ.

При осторожном высушивании под глубоким вакуумом приостанавливается деятельность микроорганизмов, но не прекращается. Однако со временем неспорообразующие микроорганизмы на сухих продуктах постепенно отмирают. Интенсивность отмирания зависит от условий хранения сухих препаратов. Колбасный фарш, высушенный до влажности 25 % и помещенный в герметичную емкость под вакуумом, хранили в течение года. Количество микроорганизмов в нем изменялось следующим образом.

Продолжительность хранения в неделях	Количество микробов в 1г
0	24300000
3	400000
12	21000
25	750
49	110

Микроорганизмы обладают различной стойкостью к обезвоживанию. Спорообразующие микроорганизмы переносят обезвоживание сравнительно легко. Микроорганизмы, не образующие спор, на обезвоженном продукте отмирают в разные сроки, которые зависят от их биологических особенно-

стей, свойств продукта, а также условий сушки и хранения. Сушка, следовательно, не может быть использована для стерилизации и обезвреживания пищевых продуктов, пораженных вредоносной микрофлорой.

Если она производится при соответствующих условиях (например, под глубоким вакуумом и при достаточно низких температурах), то не вызывает инактивирования биоактивных веществ- ферментов, гормонов, витаминов, антибиотиков.

Сушка обладает весьма существенным преимуществом в сравнении с другими способами консервирования: высушенные продукты имеют значительно меньший вес и меньший объем при одинаковом содержании питательных веществ. Это облегчает их хранение и транспортировку. Но этот способ имеет и существенные недостатки. Высушенные продукты во многих случаях нельзя использовать без предварительного их обводнения, которое иногда требует длительного времени и особых условий. В процессе сушки вместе с водяными парами улетучиваются во внешнюю среду ароматические и летучие вкусовые вещества. Возможно также химическое взаимодействие составных частей продукта с кислородом воздуха, изменение продукта под влиянием повышенной температуры в процессе сушки и т.д.

Так как необходимая для устойчивого консервирования степень обезвоживания продукта делает его мало пригодным к употреблению без предварительного обводнения, целесообразно сочетать неполное обезвоживание с другими приемами консервирования – посолом, копчением.

6.2 Конвективная сушка

В мясной промышленности конвективную сушку применяют для более или менее глубокого обезвоживания мясных продуктов с целью увеличения длительности их хранения (колбасные изделия, копчености). Конвективной сушкой обезвоживают пищевые и технические продукты животного происхождения с целью их консервирования: мясо, яйцо, кровь, желатин, клей, шкуры, кишки.

В мясной промышленности применяют следующие способы конвективной сушки:

- в токе теплоносителя (обычно воздуха) – пригодна для материалов любой формы и любых размеров;

- в распыленном состоянии - пригодна для любых текучих материалов.

При конвективной сушке подвод тепла, необходимого для подогрева материала и испарения влаги, происходит в результате теплообмена поверхности материала с сушильным агентом (например, с воздухом). Теплопередающая среда одновременно осуществляет удаление испарившейся влаги от поверхности материала.

Режим сушки (температура, влажность и скорость движения воздуха) влияет на свойства материала, скорость и экономичность процесса.

Наиболее важным параметром сушки является температура. Наиболее выгодно вести сушку при высоких температурах (порядка 450-500⁰ С). Высокими температурами пользуются при распылительной сушке. В некоторых

случаях применение высоких температур недопустимо по технологическим соображениям (сушка колбас, копченостей, шкур и пр.).

При сушке сырых продуктов (мясо, сырые изделия из мяса, шкуры, кишки и т. п.) температура сушки должна быть ниже температуры сваривания коллагена. В тех случаях, когда одновременно с сушкой в продукте развиваются биохимические процессы (например, созревание сырокопченых и сыровяленых колбас в ходе их досушивания), температура сушки должна быть ниже той, при которой микробиальные и ферментативные изменения приобретают нежелательное направление.

С уменьшением относительной влажности скорость сушки возрастает.

Увеличение скорости движения воздуха имеет наибольшее значение в первом периоде сушки, и почти не влияет на сушку во втором периоде, когда сушка регулируется в основном влажностью материала.

Процесс сушки складывается из трех фаз:

- парообразования на поверхности сушеного материала или в глубине его;
- переноса образовавшихся паров во внешнюю среду через пограничный слой (внешней диффузии);
- переноса влаги в материале к его поверхности (внутренней диффузии).

При этом, если парообразование происходит на поверхности, влага в материале перемещается в виде жидкости, если же оно происходит в глубине, влага перемещается к поверхности материала в виде пара.

В процессе сушки происходит деформация – естественное уменьшение размеров образца, вызываемое удалением влаги. Это уменьшение размеров называется усадкой.

Сушку в токе воздуха применяют для многих мясопродуктов, например студнеобразного клея и желатина. Температуру нагретого воздуха принимают: для клея 30-35 °С, для желатина 35-40 °С.

Копчение сырокопченых колбас проводят при температуре 18-22 °С и скорости движения воздуха в среднем 0,1-0,25 м/с. Относительная влажность может колебаться в значительных пределах - от 20 до 70 %. Продолжительность копчения 96-120 часов (4-5 суток).

Средняя скорость сушки составляет примерно 0,20-0,25 %/ч. Ускорение сушки путем снижения относительной влажности и увеличение скорости циркуляции воздуха приводит к резкому увеличению неравномерности распределения влажности по толщине продукта. Возникает опасность возникновения дефектов – «закала» и «фонарей». Реальный путь ускорения процесса – повышение температуры сушки.

В период сушки масса мышечных волокон гомогенизируется, появляется зернистость ее строения. Словом разрушается структура мышечных волокон и наиболее тонких соединительнотканых образований. Причиной этих изменений является деятельность микрофлоры и тканевых ферментов.

Биохимические процессы, которые обуславливают деструкцию морфологических элементов тканей и изменение органолептических характеристик продукта сложны и многообразны.

Наиболее отчетливо проявляют себя протеолитические процессы. Уменьшается количество белкового азота и увеличивается полипептидного примерно на 50 %. Приблизительно на 20 % возрастает количество аммиачного азота. Протеолитические процессы лежат в основе ферментативной деструкции морфологических элементов тканей.

Непрерывно происходит гидролитический распад жиров, скорость и глубина которого меняются в зависимости от условий копчения и сушки. Гидролиз жиров способствует улучшению их усвоения организмом.

Биохимические изменения продукта сопровождаются сдвигом рН в кислую сторону. К концу сушки рН снижается до 5,2-5,6.

С течением времени и по мере обезвоживания фарша уменьшается его липкость и пластичность. Водосвязывающая способность фарша во время осадки и копчения возрастает, во время сушки непрерывно и резко уменьшается.

Уменьшение пластичности, водосвязывающей способности и липкости фарша приводит к образованию однородной, монолитной и хорошо связанной структуры продукта.

На сушку (вяленые) сырокопченые колбасы поступают с влажностью около 70-90 % (иногда и более 100 %). Сушка идет с падающей скоростью и заканчивается, когда влажность продукта снижается примерно до 40 % к сухому остатку. Таким образом, при досушивании должно быть удалено около 30-50 % влаги в весу сухого вещества. Досушивание колбасных изделий производят в специально оборудованных камерах - сушилках. Сушку сырокопченых колбас проводят при температуре 12-14 °С.

Для сырокопченых колбас и копченостей общим является: фактическое начало сушки в период копчения, сравнительно высокая влажность и возможность развития микробиальных и автолитических процессов как при копчении, так и во время сушки.

К разновидностям конвективной сушки относится распылительная сушка. При распылительной сушке очень высокая дисперсность материала (диаметр частиц в среднем 50-100 мк). Ее используют для сушки крови, клея, желатина, яйца и др. Для белковых материалов верхним температурным пределом при сушке нагретым воздухом считают 175-180 °С.

6.3 Кондуктивная сушка

При кондуктивной сушке тепло передается материалу нагретой поверхностью, с которой он непосредственно контактируется. Испаряющаяся влага эвакуируется движущимся воздухом, либо за счет перепада давления водяных паров, создаваемого искусственно. Сушимый материал наносится тонким слоем на гладкую поверхность вращающегося полого барабана, обогреваемого паром, и по мере высыхания снимается с нее с помощью скребков.

При кондуктивной сушке тепло передается непосредственно от греющей поверхности кондуктивным путем без промежуточных тепловых носи-

телей. Поэтому сушка идет с большой интенсивностью и расход тепла не большой. Недостаток кондуктивной сушки - опасность перегрева материала при соприкосновении с нагретой поверхностью и громоздкость сушилки.

Кондуктивная сушка используется для высушивания жидких материалов, например крови (под вакуумом), желатинового и клеевого бульонов и пр. Кондуктивный нагрев обычно используется при сублимационной сушке.

Факторы, определяющие скорость кондуктивной сушки и качество готового продукта: температура греющей поверхности, толщина слоя, плотность контакта и параметры воздуха.

Кондуктивная сушка протекает в три этапа: прогрева, постоянной скорости и падающей скорости. Период прогрева занимает около 7-10 % общей продолжительности сушки, период постоянной скорости составляет 55-80 %.

Температура материала неодинакова по толщине, и наиболее высока в контактном слое (прилегающем к греющей поверхности), который может перегреваться.

Интенсивность кондуктивной сушки в значительной мере зависят от структуры материала и форм связи влаги в нем. Поэтому продолжительность сушки колеблется в значительных пределах: от 25-40 с для материалов с хорошо развитой системой капилляров до 120-180 с для коллоидных материалов при толщине слоя 0,1-0,2 мм.

Сушка мяса. Сушка мяса в потоке воздуха при повышенных температурах неизбежно сопровождается окислением его составных частей. Это практически исключается при кондуктивной сушке под вакуумом.

Из числа испытанных способов кондуктивной сушки мяса наиболее приемлем следующий. Мясо, освобожденное от жировой ткани, измельчают на волчке до размеров кусочков 3-4 мм. В таком виде оно распределяется тонким слоем на поверхность вращающихся на встречу один другому нагретых барабанов в сушилке.

Между барабанами оставляется зазор около 3 мм, попадая в который, мясо сдавливается и прилипает к поверхности. При температуре поверхности барабана около 150 °С для сушки бывает достаточно 40 с. Высушенное мясо снимается с поверхности барабана скребком. Сушка может быть ускорена предварительной бланшировкой в воде при 75 °С в течении 30 минут.

6.4 Сублимационная сушка

При сублимационной сушке влага испаряется при температурах ниже температуры замерзания воды, тепло передается влажному материалу кондуктивным путем.

При сублимационной сушке термолюбивые вещества не претерпевают существенных изменений, а микробиальные процессы тормозятся.

Вымороженная влага не содержит растворимых в ней веществ. Поэтому сублимация льда не сопряжена с уносом растворимых составных частей продукта. Сублимация не сопровождается существенной усадкой материала и значительными изменениями его структуры и коллоидных свойств

составных частей. Благодаря этому сухой продукт легко обводняется и после обводнения по своей структуре, составу и свойству близок к исходному.

В мясной промышленности сублимационная сушка находит применение для обезвоживания лечебных препаратов из кровяной сыворотки, эндокринных и ферментных препаратов (например, пепсина). Она начинает приобретать широкое распространение для получения сухого мяса и сухих продуктов, вырабатываемых из мяса. Сублимационная сушка служит радикальным способом консервирования эндокринно - ферментного сырья.

Недостатки сублимационной сушки – большая длительность процесса, сложность аппаратуры и трудность осуществления сушки в непрерывном потоке.

Сублимационную сушку мясопродуктов рекомендуется производить после предварительного замораживания. Испарение влаги происходит на гранях кристаллов. Поэтому чем больше кристаллов и мельче их размер, тем больше поверхность испарения, а значит тем интенсивнее сублимация. Перенос образовавшихся паров происходит по капиллярам и каналам через обезвоженный слой продукта, толщина которого возрастает по мере обезвоживания материала.

Сушка при очень низких температурах в конденсаторе экономически невыгодна. Поэтому очень низкими температурами (порядка - 70 °С) пользуются при сушке лишь дорогостоящих биоактивных препаратов.

В большинстве случаев сублимационную сушку осуществляют, придерживаясь оптимально-рентабельного режима: температуры сублимации -10 °С до -20 °С. В качестве холодильного агента для охлаждения конденсатора применяют аммиак.

Обезвоженные мясопродукты представляют собой наиболее ценные питательные концентраты из числа известных в настоящее время. Об этом можно судить по примерному среднему составу сырого мяса (в %), обезвоженного до влажности 3 %:

Азотистые вещества (в основном белки)	87
Липиды (в основном жиры)	5,8
Минеральные вещества (по золе)	4,2
Вода	3

При этом в составе мяса, обезвоженного методом сублимации, практически полностью сохраняются витамины, вкусовые и ароматические вещества, а само мясо после обводнения становится вполне пригодным для употребления в пищу при любой кулинарной обработке.

Современные технические средства обеспечивают остаточную экономическую эффективность этого вида сушки. Оно весьма транспортабельно.

Качество обезвоженного мяса зависит от трех факторов: его состава и свойств перед обезвоживанием, условий и степени обезвоживания и условий его последующего хранения.

При производстве обезвоженного мяса следует использовать высококачественное свежее мясо, содержащее минимальное количество неполно-

ценных белков. Для сублимационной сушки пригодно мясо всех видов сельскохозяйственных животных и птиц.

Содержание жира в мясе, предназначенном для обезвоживания, должно быть минимальным. В процессе обезвоживания не исключена возможность частичного расплавления жира и заполнения им части пор и капилляров. Из-за этого может уменьшаться способность мяса к обводнению перед употреблением.

Рекомендуется сушка до влажности не более 2-3 %. Повышение влажности приводит к ухудшению качества мяса.

Обезвоживание путём сублимации не инактивирует ферментов, а деятельность некоторых из них не приостанавливается даже при глубоком обезвоживании.

Наихудшие показатели водосвязывающей способности и жёсткости мяса обнаруживаются при обезвоживании после 24-ч автолиза (при 4 °С), т.е. в состоянии посмертного окоченения. Наилучшие показатели по жёсткости и водосвязывающей способности мясо имеет в том случае, если его обезвоживают сразу после убоя животного, предотвратив возможность развития посмертного окоченения во время обводнения.

Толщина кусков обезвоживаемого мяса должна быть по возможности наименьшей – в пределах 15-20 мм.

Основные изменения, приводящие к ухудшению свойств обезвоженного мяса, развиваются при хранении.

К числу внешних факторов, вызывающих наиболее резкое ухудшение качества мяса, относится кислород воздуха, окисляющий многие составные части обезвоженного мяса, в том числе жиры и белковые вещества. Окисление жира приводит к прогорканию.

При хранении обезвоженного мяса наилучший результат был достигнут при упаковке мяса в атмосфере инертного газа в тару, изготовленную из трехслойного материала: полиэтилен, алюминиевая фольга (толщиной 60-80 мк), лак. Мясо сохраняется без существенных изменений в течение года и более.

7 Ускоренные методы улучшения консистенции мяса

В связи со значительной продолжительностью созревания предпринимаются попытки разработать способы ускорения этого процесса. В первую очередь обращалось внимание на нежность мяса. Разработка способов интенсификации процесса созревания мяса чрезвычайно важна, т. к. примерно 50 % мякоти говяжьей туши составляет мясо задней ноги, лопатки и плечевой части, являющееся полноценным по белковому составу, но обладающее высокой жёсткостью из-за большого содержания соединительной ткани. Для производства натуральных полуфабрикатов, из которых изготавливаются вторые блюда, применяют вырезку и длиннейший мускул спины, проходящий через спинную и поясничную части. В целом это составляет только около 14-17 % к массе всей туши. Поэтому используют способы интенсификации улучшения консистенции мяса при созревании:

- 1) использование размягчителей мяса;
- 2) механическое размягчение мяса;
- 3) обработка мяса ультразвуком;
- 4) мягчение мяса воздействием электрического тока.

7.1 Использование размягчителей мяса

Выпускают их в виде жидкостей и порошков, представляющих собой препараты, содержащие протеолитические ферменты и другие компоненты, усилители их действия (молочную кислоту) и консерванты – спирт; глицерин. Эти вещества улучшают органолептические показатели качества мяса. Применение протеолитических ферментов (**папаин** – содержится в млечном соке плодов тропического дынного дерева; **фицин** – получают из сока листьев инжира; **бромелин** и **бромелаин** – из ананасов; **трипсин** и **виоказа** – препараты из поджелудочной железы убойных животных) даёт возможность использовать более низкие сорта мяса для производства кулинарных изделий. Ряд ферментов (**терризин**) получают с помощью плесневых грибов микроорганизмов.

При применении ферментов, важное значение имеет их коллагеназная активность – способность воздействовать на коллаген соединительной ткани. Истинной коллагеназной активностью обладают лишь некоторые протеазы, в частности фицин – гидролизует нативный эластин, панкреатин – эластин и коллаген. Большинство ферментов не гидролизует нативный коллаген.

На активность ферментных препаратов влияют рН, наличие активаторов и ингибиторов, характер субстрата, продолжительность протеолиза, температура, концентрация ферментного препарата.

Наибольший интерес представляют ферменты, обладающие протеолитической активностью в широком интервале рН (3,9–9,0), тогда смещение рН не вызывает их инактивации.

Повышение температуры до 40-60 °С резко активизирует ферменты растительного происхождения, они проявляют активность при температуре 20–30 °С. Ферменты животного и микробного происхождения обладают максимальной активностью при 40–50 °С.

Ферментные препараты вносятся различными способами: прижизненное внутривенное введение, шприцевание в мясную ткань после убоя животных, орошение, окунание. Растворы ферментов можно вводить шприцеванием в тушу иглой или струёй жидкости под давлением безигольным методом до наступления посмертного окоченения (в промышленности эти способы наиболее приемлемы). Малоэффективная обработка – орошение и окунание.

Практическое применение получил папаин, температурный оптимум действия которого 60–80 °С, который вызывает гидролиз коллагена и эластина. Трипсин же действует на белки мышечной ткани. В США папаин вводят в жидком виде за 2-30 минут до убоя. Количество вводимого фермента зависит от массы и упитанности туши. Тушам крупного рогатого скота массой 420 кг вводят 80 мл раствора фермента.

Основной проблемой при применении ферментов для ускорения созревания мяса является неравномерное распределение их в структуре продукта. Равномерное распределение фермента достигается при обработке сублимированного мяса ферментами или погружением и выдерживанием его в растворе фермента. В этом случае распределение фермента в мясе совмещается с его регидратацией.

Ферментными препаратами можно снизить жёсткость мяса, но нельзя повысить его белковую питательную ценность, обусловленную соотношением количества полноценных и неполноценных белков.

Введение растворов ферментных препаратов в колбасный фарш улучшает органолептические показатели – нежность и сочность готовых колбасных изделий, особенно варёных колбас низших сортов, изготовленных из мяса с высоким содержанием соединительной ткани.

7.2 Методы механического мягчения мяса

Предложены ряд способов и устройств, основанных на применении режущих, растягивающих и сжимающих усилий, а также конструкции устройств, представляющие собой игольную систему для прокалывания тканей мяса, обеспечивающую улучшение структуры мяса по всей толще. Их недостатком является неполная обработка изделий по всей массе, т. к. мягчение происходит только в местах уколов.

Используют тумблеры, барабаны и мешалки для отбивки и массажирования кусков мяса. Отбивка происходит при механических ударах по куску мяса или при падении его с высоты (самоотбивание).

Разработан способ мягчения нанесением насечек на поверхность мяса острыми ножами. Размягчение достигается в результате разрушения соединительной ткани.

Предложен способ улучшения консистенции мяса методом растяжения. В условиях разности скоростей вращения пар вальцов, в образце мяса, локализованного между ними, происходит деформация его растяжением; величина этой деформации определяется отношением скоростей вращения пар вальцов.

7.3 Физические методы мягчения мяса

Физические методы мягчения мяса представляют большой практический интерес, т. к. требуют небольшого срока времени. Однако, для их осуществления необходима достаточно сложная аппаратура.

Обработка мяса ультразвуком. Увеличивает его нежность, определяемую органолептической оценкой и механической прочностью продукта (сопротивление резанию и напряжение смещения), и изучением изменений структуры мяса. При такой обработке происходит механическое разрушение волокон мышечной ткани и соединительно-тканых образований. При воздействии ультразвуковых колебаний высокой интенсивности механическое воздействие может вызвать нарушение структуры клеток, их повреждение и изменение свойств тканей, причём с увеличением интенсивности эффект воздействия возрастает. Применение более мощных источников ультразвука позволит увеличить степень тендеризации.

Гистологическими исследованиями установлено, что в обработанных образцах интенсивно выражены характерные изменения структуры, свойственные полному развитию процесса созревания мяса. Поперечная и продольная исчерченность мышечных волокон нечётко выражена, наблюдается набухание волокон, нарушение связей между ними, образование трещин, разделяющих волокна на отдельные сегменты – саркомеры. Отмечены разрывы соединительно-тканых волокон. Эти изменения не обнаружены в необработанных образцах. С помощью электронного микроскопа установлены деструктивные явления в мышечном волокне при обработке ткани ультразвуком, сопровождающиеся нарушением целостности субмикроструктуры волокна, множественными разрывами миофибрилл с образованием отдельных фрагментов, состоящих из одного, двух или трёх саркомеров. Разрывы происходят по анизотропным (тёмным) и изотропным (светлым) дискам миофибрилл. Множественная деструкция миофибрилл распространена по всей ширине среза. Обнаружены поперечные, продольные и косые разрывы миофибрилл.

По органолептической оценке обработанные ультразвуком образцы оценивались на 1–1,3 балла выше.

Эффект воздействия ультразвука на изменение структуры мышечной ткани зависит от длительности его действия и не зависит от того, находятся ли образцы в стационарном положении или перемещаются конвейером. Это создаёт возможность получения эффекта тендеризации при конвейерной обработке мяса ультразвуком. Степень тендеризации зависит от направления ультразвуковых волн к расположению мышечных волокон; эффективность мягчения одинакова при параллельном и перпендикулярном направлении ультразвуковых волн к мышечным волокнам.

Способ мягчения мяса воздействием электрического тока. Установлено увеличение длины саркомеров при обработке электрическим током напряжением 100 В при частоте 50 Гц, силе тока 5 А говяжьих мясных полутош, а также снижение холодильного сокращения мышц.

8 Использование передовых технологий при производстве мясных продуктов

8.1 Применение ферментных препаратов для обработки низкосортного мяса

Перспективным направлением использования низкосортного мясного сырья является его модифицирование ферментами микроорганизмов, что дает возможность повысить биологическую ценность этого сырья.

При разработке новых технологий производства широкого ассортимента мясных продуктов из сырья с повышенным содержанием соединительной ткани ученые предусматривают как традиционные приемы обработки сырья, так и новые, обеспечивающие получение изделий высокого качества.

Одним из способов повышения эффективности производства является внедрение на мясоперерабатывающих предприятиях малоотходных технологических процессов и, прежде всего, связанных с переработкой и использованием коллагенсодержащего сырья – мясной обрезки.

Волокно соединительной ткани по свойствам и действию оказываемому на организм человека, относят к балластным веществам. Введение их в пищевые продукты улучшает обмен веществ в целом и функционирование пищеварительной системы человека в частности.

В настоящее время известно о благоприятном физиологическом воздействии соединительной ткани на функции человеческого организма. Такие белки, как коллаген и эластин, входящие в состав соединительной ткани, содержат минеральные вещества, способствующие укреплению опорно-двигательного аппарата как у пожилых людей, так и у молодых.

Повышение содержания соединительной ткани как в традиционных, так и в разрабатываемых принципиально новых продуктах обосновано с точки зрения адекватного питания. Поэтому разработка и внедрение технологий производства мясных продуктов с использованием коллагенсодержащего сырья приобретают особую актуальность.

В МГУПБ были проведены исследования, связанные с поиском новых эффективных иммобилизованных ферментных препаратов и селекционированных микроорганизмов, воздействующих на доступное и дешевое коллагенсодержащее сырье (мясная обрезь, субпродукты).

Биохимические изменения, происходящие в этом сырье под воздействием ферментов и микроорганизмов, способствуют модификации его функционально-технологических свойств, сокращению технологического цикла, повышению пищевой ценности готового продукта, улучшению его усвояемости и устойчивости при хранении.

Теоретической основой для использования ферментов микроорганизмов при производстве мясных изделий стала классическая теория сохранения мяса. Протеолитические ферменты, применяемые для переработки мяса, относятся к классу гидролаз. Они распадаются на экзопептидазы, гидролизующие внутренние пептидные связи этих цепочек. В основе механизма воздей-

ствия ферментных препаратов лежит их способность (как и собственных ферментов мяса – катепсинов) изменять четвертичную, третичную, вторичную и даже первичную структуры белков и тем самым влиять на консистенцию, вкус и аромат готовых продуктов.

По сравнению с кислотным и щелочным ферментативный протеолиз обладает рядом преимуществ: уникальной специфичностью действия, предотвращающей нежелательные побочные реакции; высокой каталитической активностью; простотой инактивации при термообработке мясных изделий.

Ферментативный гидролиз белков мясного сырья сопровождается деструктивными изменениями мышечных волокон, разрыхлением соединительно-тканых прослоек, что положительно влияет на качество готовых продуктов. Эффективность этого процесса зависит от температуры и концентрации вводимых растворов величины рН среды и продолжительности воздействия на мясную систему. При этом может наблюдаться различная глубина протеолиза.

Поверхностный протеолиз, при котором происходит частичная деструкция белковых молекул, приводит к повышению содержания свободных аминокислот и улучшению консистенции мяса, полностью сохраняя его нативную микроструктуру.

В качестве препарата протеолитических ферментов используется препарат отечественного производства мегатерин Г10Х. Он получен на основе продуцента *Bacillus megaterium*. Препарат представляет собой порошок кремового цвета, хорошо растворимый в воде. Мегатерин Г10Х обладает высокой протеолитической активностью и высокой коллагенолитической активностью 54,5 % гидролизованного белка за 18 ч обработки при концентрации ферментного препарата 1 % масс.

Протеолитический комплекс препарата включает два фермента, отличающихся рН оптимумом действия. Протеазы препарата проявляют максимальную активность в области рН 6,8-7,2 и 7,6-8,0 при температуре 37-42 °С. Ферменты стабильны в пределах рН 6,8-8,2 и температуры 25-42 °С.

При использовании препарата Мегатерин Г10Х для улучшения свойств низкосортного сырья, улучшаются функционально-технологические свойства обеспечиваются хороший выход и переваримость продукта обработка низкосортного сырья (говядины II категории) мегатерином Г10Х позволяет улучшить его качественные характеристики, повысить технологические и пищевые свойства, значительно сократить продолжительность процесса и повысить сортность мяса.

Можно предположить, что обработка ферментами сырья с высокой массовой долей соединительной ткани способствует повышению скорости диффузионно-фильтрационного распределения посолочных ингредиентов при посоле такого сырья.

Следует отметить, что предпринимавшиеся ранее попытки использовать протеолитические ферменты (протосубтилин, пепсин и др) для размягчения низкосортного мясного сырья не получили широкого применения в мясной индустрии по ряду причин, в частности из-за недостаточной активно-

сти по отношению к коллагену. Очевидна целесообразность применения ферментных препаратов, обладающей высокой коллагеназной активностью и устраняющих негативное влияние соединительной ткани на консистенцию продукта. Таким ферментом, способным атаковать нативный коллаген, является коллагеназа, которая расщепляет пептидные связи на определенных участках молекулы коллагена. Известны коллагеназы бактериального и животного происхождения.

К бактериальным коллагеназам относят коллагеназу, синтезируемую *S. histolyticum*, и коллагеназу, вырабатываемую бактериями *Ach. iophagus*. Они гидролизуют связь X` - Gly-Pro-U и способны расщеплять цепь коллагена более чем в двухстах участках.

К коллагеназам животного происхождения относятся коллагеназа, выделяемая из хвоста головастиков в период метаморфоза, и коллагеназа из поджелудочной железы млекопитающих. Коллагеназа головастиков расщепляет тропоколлаген, как бы делая срез через все три цепи в единственном месте, разделяя молекулу на две части: соответственно $\frac{1}{4}$ и $\frac{3}{4}$ молекулы. В этом месте молекула разворачивается и становится доступной действию других протеолитических ферментов.

Ферменты поджелудочной железы убойного скота также обладают коллагеназной и эластазной активностью. Панкреатическая коллагеназа является не индивидуальным ферментом, а смесью активных белков разной молекулярной массы. При этом фракция, обладающая наибольшей коллагеназной активностью, в количественном отношении незначительна.

В последние годы особую актуальность получили исследования, направленные на использование в технологии производства мясных продуктов коллагеназы животного происхождения из гепатопанкреаса камчатского краба (*Paralithodes camtschatica*). Этот ферментный препарат в настоящее время выпускает в промышленных масштабах ЗАО «Биопрогресс» при ВНИИБП г. Щелково Московской области.

Имеются данные о том, что коллагеназа из гидробионтов может быть успешно применена для обработки вторичного мясного сырья с высоким содержанием соединительной ткани с целью получения белковых гидролизатов и улучшения качества готовых мясных продуктов.

Как отмечалось, выше протеолитические ферменты имеют ряд недостатков. Так, большинство протеаз малоактивны при значениях pH, температуры и концентрации субстратов, которые определяются технологией производства. Протеазы практически невозможно использовать повторно, поскольку их трудно отделить от продуктов и субстрата. Эти ферменты неустойчивы при хранении.

Глубокий протеолиз мяса сопровождается деструкцией всех четырех структурных уровней макромолекул белка. При этом резко увеличивается количество свободных аминокислот (до 20-30 % от общего их содержания в белке), мясо сильно размягчается и практически полностью теряет исходную структуру. Поэтому при внесении ферментных препаратов в мясное сырье

очень важно правильно определить их концентрацию, продолжительность воздействия и степень гидролиза белковых компонентов.

По мнению ведущих ученых в области ферментологии иммобилизация ферментов – главное достижение энзимологии – в будущем позволит устранить эти недостатки.

Принципиально новые перспективы открылись перед прикладной энзимологией в результате создания иммобилизованных ферментов. Понятие «иммобилизованные» нужно понимать как любое ограничение свободы движения белковых молекул (или их фрагментов) в пространстве. По сравнению с нативными препаратами иммобилизованные ферменты обладают рядом существенных преимуществ.

Успешное использование препаратов иммобилизованных ферментов для производства мясных продуктов в значительной степени определяется подготовительным этапом работы – выбором носителя и метода иммобилизации.

Ученым и специалистам МГУ прикладной биотехнологии созданы бактериальные препараты «Микрон» (ТУ 9291-002-02068647-93) и «Лактоплан» (ТУ 9192-001-020686647-93, совместно с Государственным научно-исследовательским институтом генетики и селекции промышленных микроорганизмов), а также протосубтилин Г20Х и их смеси, которые позволяют изменять свойства коллагенсодержащего мясного сырья (мясной обреси).

Разработана технология производства новых видов изделий типа ветчины, например ветчина «Дачная», с использованием модифицированной зачищенной мясной обреси.

Микроструктура ветчины «Дачная» и ветчины в оболочке, выработанной из немодифицированного сырья.

Модификация низкосортного сырья дает возможность получить монолитную структуру продукта без включений отдельных фрагментов соединительной ткани. Новый продукт ветчина «дачная» обладает нежной консистенцией, приятным ароматом и ярко выраженным цветом.

8.2 Применение фосфатов для регулирования рН среды мясных продуктов

Известно, что структурно-механические свойства и технологические показатели мясных систем в основном зависят от таких физико-химических факторов, как температура, ионная сила и рН среды. В частности, направленное регулирование значений рН позволяет управлять функционально-технологическим потенциалом мышечных белков, белоксодержащих препаратов растительного и животного происхождения, отдельных видов полисахаридов. Благодаря этому можно получить требуемый уровень их водосвязывающей, гелеобразующей, эмульсионной способности (и, соответственно – величину выхода) и определенные качественные характеристики готовых изделий. В связи с многокомпонентностью и существенными различиями в исходных значениях рН отдельных ингредиентов рецептур, при их последовательном внесении в куттер во время гомогенизации и эмульгирования в производственных условиях наблюдается спонтанное скачкообразное изменение

pH формируемой дисперсной системы. Это неизбежно влияет на состояние и функциональные свойства структурообразователей (в первую очередь мышечных белков) и соответственно отражается на устойчивости получаемой системы.

В современных технологиях производства мясных продуктов для регулирования pH среды широко применяют пищевые фосфаты. Их введение, как известно, обеспечивает диссоциацию актомиозинового комплекса, смещение pH от изоэлектрической точки мышечных белков, повышение их растворимости. Благодаря действию фосфатов проявляются функционально-технологические свойства миозина и инициируется процесс межмолекулярного взаимодействия белков с образованием структурной матрицы.

На российском рынке несколько десятков коммерческих препаратов пищевых фосфатов (таблица 8.1 и 8.2).

Таблица 8.1 – Индивидуальные фосфаты

Показатель	Состав	pH 1 % раствора
Двунариевый ортофосфат	E 339	8,7 – 9,2
Однокалиевый ортофосфат	E 340	8,7 – 9,0
Пирофосфат натрия	E 450	6,8 – 7,5
Триполифосфат натрия пятизамещенный	E 451	9,5 – 9,9
Полифосфат натрия	E 452	6,5 – 6,8

Таблица 8.2 – Комплексные фосфаты

Показатель	Состав	pH 1 % раствора
Олбрайт	E 451	9,3-10,0
Пуромикс 66	E 450, E 451	8,7- 9,3
Пуромикс 41	E 450	7,3
Пуромикс КГ	E 451, E 452	8,5
Пурон СС	-	10,0
Пуромикс 80	E 450 E 451	8,7
Мифос	E 451	9,3 – 10,1
Мифос 66	E 450, E 451	8,5 – 9,0
Мифос 780	-	-
FG 2/124	E 450, E 451	8,5 – 9,0
FG 2/125	E 450, E 451	9,0 – 9,5
Алльфос 1000	E 452	9,3
Алльфос 2000	E 450, E 452	8,75
Ламефос 780 В	e 450, E 451	8,5 – 9,0
Полифан	E 451, E 450	8,5 – 9,0
Накофос А		
Абастол 305	E 450, E 451	8,8
Абастол 772	E 450	7,3
Samal 2110	E 450, E 451	8,8
Samal 822	E 451, E 450	9,5
Биофос 90	E 450, E 451	8,2 – 8,6
Бретфикс	E 452	7,3 – 7,5

В практике колбасного производства наиболее успешно используют комплексные фосфатные препараты, содержащие несколько индивидуальных солей фосфорных кислот.

Принципиальное отличие между индивидуальными и многокомпонентными фосфатами, имеющими одинаковые значения рН в 1 %-ном растворе (определяемого по стандартной методике), заключается в способностях комплексных препаратов создавать определенную буферную емкость, обеспечивающую не только изменение значений рН до определенного уровня, но и стабилизирующую их в мясных системах.

8.3 Использование цитратов при производстве мясных продуктов, как альтернативная замена фосфатов

При производстве продуктов питания применение фосфатов ограничено максимальной дозой их внесения из-за возможного негативного влияния на баланс кальция и фосфора в организме человека. По этой причине использование фосфатов недопустимо в продуктах специального назначения (детских, геродиетических, лечебных и пр.). В мировой практике в качестве замены фосфатов рассматривают различные пищевые добавки, применение которых разрешено без ограничения доз внесения — гидроколлоиды, камеди, модифицированные крахмалы, соли пищевых кислот.

О возможности использования цитратов взамен фосфатов при производстве мясных продуктов известно давно. Воздействие солей лимонной кислоты на функционально-технологические свойства белков, приводящие к связыванию дополнительной влаги и повышению выхода готовой продукции, объясняют изменением ионной силы фаршевой системы. Аналогично фосфатам, цитраты способствуют подавлению роста нежелательной микрофлоры и, как следствие, повышению продолжительности хранения, они могут влиять на цветообразование и стабильность окраски, препятствовать окислению жиров, сохранять вкус и аромат мясных продуктов.

В отличие от фосфатов цитраты не обладают способностью воздействовать на актомиозиновый комплекс миофибриллярных белков. Однако известно, что в размороженном сырье связь между актином и миозином ослаблена, и воздействие фосфатов на мясные белки проявляется, главным образом, за счет повышения ионной силы. Поэтому в настоящее время, когда большинство предприятий работают с замороженным сырьем, замена фосфатов на цитраты технологически и экономически целесообразна.

В соответствии с СанПин 2.3.2. 1293-03, согласно ТИ, в качестве пищевых добавок разрешены к применению цитраты натрия (Е331), калия (Е332), кальция (Е333), магния (345) и аммония (Е380). Для производства мясных продуктов специального назначения, сбалансированных по содержанию кальция и фосфора, наибольший интерес представляет цитрат кальция.

Эффективность использования цитрата кальция для коррекции нарушений обмена кальция и фосфора в организме человека доказана многочисленными исследованиями. Цитрат кальция обладает высокой растворимостью и дает наиболее усвояемый организмом человека кальций (до 61 %).

При работе с размороженным мясным сырьем применение солей лимонной кислоты в количестве 0,3 %-0,5 % взамен пищевых фосфатов не оказывает существенного влияния на выход и качество готовой продукции. Использование цитрата кальция повышает массовую долю кальция в мясных продуктах с 8 мг до 113 мг (в 100 г), что позволяет достичь соотношения кальция и фосфора, соответствующего рекомендациям диетологов.

Поэтому цитрат кальция может быть рекомендован для производства мясных продуктов специального назначения, в том числе для детского и геродиетического питания, а также для лиц, страдающих нарушением кальциевого обмена.

8.4 Применение композиций эфирных и жирных масел, а также растительных экстрактов при производстве колбасных изделий.

Колбасные изделия имеют различные сроки хранения, что обусловлено рядом факторов: степенью обезвоживания мясных продуктов, содержанием хлорида натрия, показателем рН, химическим составом фарша, а также количественным и качественным составом остаточной микрофлоры.

Вареные колбасные изделия содержат большое количество влаги (более 50 %), незначительное количество соли и коптильных веществ, поэтому они в большей степени подвержены микробиальной порче.

На сохраняемость вареных колбасных изделий помимо остаточной микрофлоры оказывают влияние также гидролитические и окислительные изменения липидов.

Процесс окисления липидов обусловлен тем, что ненасыщенные алифатические цепи составляющие основу большинства классов липидов, из-за наличия двойных связей подвержены окислению.

Развитие окислительных процессов приводит к появлению в жиросодержащих продуктах соединений перекисного характера, альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот, оксикислот и т.д.

В настоящее время общепризнано, что развитие нежелательных привкусов и запахов в готовом продукте происходит за счет образования в первую очередь карбонильных соединений (альдегидов, кетонов).

Весьма незначительное количество карбонильных соединений в мясных продуктах заметно сказывается на снижении их органолептических свойств.

Одним из более нежелательных последствий окисления липидов является значительное снижение их биологической ценности вследствие деструкции высоконенасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов.

Таким образом, окисление липидов является одним из типичных процессов в мясных продуктах, снижающих их качество. В связи с этим остается актуальной проблемой ингибирования окисления липидов в вареных колбасных изделиях за счет использования различных соединений, вводимых в фарш в процессе технологической обработки.

В настоящее время имеются сведения об использовании добавок природного происхождения в качестве консервантов. Поэтому существенный

интерес представляют композиции эфирных и жирных масел в качестве антиокислителей, применяемых при производстве вареных колбасных изделий.

Используются композиции на основе жирного шалфейного масла и эфирных масел чебреца, чебера, лаванды, мяты, чеснока, фенхеля.

Композиции на основе жирных и эфирных масел тормозят процесс окисления липидов. Антиоксидантная эффективность объясняется особенностями химической структуры и концентрацией биологически активных веществ: в состав каждой композиции входят эфирные масла с высоким содержанием тимола – производного фенола, обладающего ярко выраженными антиокислительными свойствами. Например, эфирное масло чабера содержит в своем составе до 37,0 % тимола, чебреца – 12-15 %, дудчатой монарды – 48,0 %.

Кроме эфирных масел в состав композиций входит жирное масло лекарственного шалфея. Известно, что в состав шалфейного масла входит α -токоферол, обладающий антиоксидантными свойствами.

Композиции жирных и эфирных масел перспективны в качестве добавок, способствующих увеличению сроков хранения вареных колбасных изделий.

Известно также, что антиокислительными свойствами обладают экстракты толокнянки, зверобоя, коры дуба. Введение экстрактов толокнянки, зверобоя, коры дуба, обладающих также и антибактериальными свойствами, в состав паштетного фарша приводит к сдерживанию развития остаточной микрофлоры, а также к замедлению процесса гидролиза липидов.

Таким образом:

- экстракты толокнянки, зверобоя, коры дуба обладают антиокислительной активностью в силу особенностей химической структуры;

- используемые экстракты вследствие ингибирования микробиологической порчи и снижения активности липолитических ферментов замедляют процесс гидролиза липидов, следовательно, препятствуют накоплению свободных высокомолекулярных жирных кислот, которые провоцируют окислительные процессы.

Список использованных источников

1. **Алехина, Л.Т.** Технология мяса и мясных продуктов [Текст]: учебник / Л.Т. Алехина и [др.] – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 44-68.
2. **Антипова, Л.В.** Прикладная биотехнология ЦИРС для специальности 270900 [Текст]: учебное пособие / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, А.М. Жариков – М.: Колос, 2001. – 331 с.
3. **Антипова, Л.В.** Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст]: учебник / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов – М.: Колос, 2001. – 376 с.
4. **Антипова, Л.В.** Основы рационального использования вторичного коллагеносодержащего сырья в мясной промышленности. [Текст]/ Л.В. Антипова, И.А. Глотова. – Воронеж: ВГТА, 1998. – С. 25-28.
5. **Гиллеспий, А.** Наука о мясе и мясопродуктах [Текст]/ перевод с английского А.К. Искандаряна и Ф.Н. Чебуньковой. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 392 с.
6. **Журавская, Н.К.** Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов [Текст]: учебное пособие для вузов / Н.К. Журавская, Л.Т. Алехина, А.М. Отряшенкова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 294 с.
7. **Карма, Э.** Технология свежего мяса [Текст]: перевод с английского Ф.Н. Евтеевой. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 335 с.
8. **Кудряшов, Л.С.** Посол и созревание мяса [Текст] / Л.С. Кудряшов – Кемерово: Кузбасвузиздат, 1993. – С. 13-21.
9. **Крылова, Н.Н.** Биохимия мяса [Текст]: учебник / Н.Н. Крылова, Ю.Н. Лясковская. - 3-е издан., допол. и перераб. – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 350 с.
10. **Мазуров, В.И.** Биохимия коллагеновых белков [Текст]: учебное пособие для вузов / В.И. Мазуров – М.: Медицина, 1974. – С. 7-12.
11. **Месхи, А.И.** Биохимия мяса, мясопродуктов и птицепродуктов [Текст]: учебник / А.И. Месхи. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.
12. **Павловский, П.Е.** Биохимия мяса [Текст]: учебное пособие для вузов / П.Е. Павловский, В.В. Пальмин. - 2-е изд. перер. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 344 с.
13. **Ратушный, А.С.** Применение ферментов для обработки мяса [Текст]: / А.С. Ратушный. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 86 с.
14. **Сидоров, М.А.** Микробиология мяса и мясопродуктов [Текст]: учебник / М.А. Сидоров, Р.П. Корнелаева. - 3-е изд., испр. – М.: Колос, 2000. – 240 с.
15. **Смординцев, И.А.** Биохимия мяса [Текст]/ переработано и допол. Н.Н. Крыловой. – М.: Пищепромиздат, 1952. – 329 с.
16. **Соколов, А.А.** Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясопродуктов [Текст]/ А.А. Соколов. – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 489 с.

17. **Тимошенко, Н.В.** Классификация пищевых добавок, предназначенных для целенаправленного изменения свойств поликомпонентных продуктов на мясной основе [Текст]/ Тимошенко, Н.В. Липатов Н.Н., Башкиров О.И., Гевргян А.Л. // Мясная индустрия, 2001. - № 8. – С. 31-33.

18. Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясопродуктов [Текст]: справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – С. 43-56.

19. **Шаробайко, В.И.** Биохимия холодильного консервирования пищевых продуктов [Текст]: учебное пособие / В.И. Шаробайко – Л.: Издат-во ленинградского университета, 1986. – С. 18-23