## Состав и свойства мышечной ткани мяса

1. Химический состав мышечной ткани.

2. Характеристика основных белков мышечной ткани.

1. Мясом называют части туши сельскохозяйственных животных, которые состоят из мышечной ткани и сопутствующих тканей: соединительной, жировой, хрящевой, костной, нервной, крови, а также, кровеносных сосудов и лимфатических узлов. Наибольшую ценность представляет мышечная ткань, которая в мясе разных видов животных составляет 35-69%.

Жировая ткань достигает разной степени развития, и в мясе ее содержится от 3 до 20%.

Наименее ценными являются соединительная и костная ткани. Их в мясе содержится, соответственно, 9-14% и 10-22%.

Наряду с белками, липидами и минеральными веществами, в мясе содержатся азотистые и безазотистые экстрактивные вещества.

Содержание безазотистых экстрактивных веществ составляет приблизительно 1%.

Химический состав мяса зависит от вида, возраста, упитанности, породы животных и от некоторых других факторов. Мясо свиней, гусей, овец и уток характеризуется высоким содержанием жира. В мясе кур и индеек больше белка. Мясо молодых животных содержит мало жира и богато водой. С возрастом содержание жира в мясе увеличивается, а содержание воды уменьшается.

Питательная ценность мяса зависит от количества полноценных белков, которое, в свою очередь, зависит от аминокислотного состава. По содержанию незаменимых аминокислот белки мяса не уступают белкам яиц и молока.

Судить о полноценности белков мяса можно по соотношению таких аминокислот, как триптофан и оксипролин. Триптофан содержится только в полноценных белках, а оксипролин - только воссоединительной ткани, Следовательно, чем выше соотношение триптофан/оксипролин, тем больше в мясе полноценных белков и выше биологическая ценность мяса. Качество мяса оценивается и по его способности перевариваться ферментами желудочно-кишечного тракта. Пепсин лучше переваривает мышечную ткань, чем соединительную. Мясо низких сортов хуже переваривается пепсином.

При экстракции белков в водный раствор вместе с ними переходят небелковые азотистые экстрактивные вещества. К ним относятся креатин, карнозин, аммиак, ансерин, креатин-фосфат, карнитин, креатинин, АТФ, АДФ, АМФ, пуриновые основания, инозиновая кислота, холин, глутатион, свободные аминокислоты и др.

К безазотистым экстрактивным веществам относятся гликоген, мальтоза, глюкоза, молочная, пировиноградная, янтарная кислоты, инозит.

Таблица 1. Химический состав мяса некоторых животных и птицы, %

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | Соотношение триптофан /  оксипролин |
| Мясо | Вода | Зола | Белки | Жиры |
|
| Говядина | 58,5-74,0 | 0,8-1,1 | 15,6-21,1 | 3,8-22,9 | 6,4 |
| Баранина | 48,6-72,2 | 0,7-1,0 | 13,3-20,9 | 8,9-35,1 | 5,2 |
| Свинина (без шпика) | 49,0-72,3 | 0,8-0,9 | 15,1-20,1 | 6,3-35,0 | 7,2 |
| Курятина | 58,4-68,3 | 0,9-1,1 | 18,5-21,5 | 9,3-22,5 | 6,7 |
| Гусятина | 38,0-53,4 | 0,8-1,1 | 15,9-16,5 | 29,0-45,6 | - |
| Качатина | 48,2-61,2 | 1,0-1,1 | 17,8-18,5 | 19,0-33,6 | - |
| Индюшатина | 55,5-73,5 | 1,0-1,1 | 20,6-22,5 | 4,8-22,9 |  |

2. Белки мяса и мясопродуктов принято разделять по морфологическому признаку клеток мышечных тканей животных. Саркоплазматические, миофибриллярные белки и белки стромы обеспечивают функциональность пищевой системы в получении мясопродуктов, а группа ядерных белков самостоятельного технологического значения не имеет.

Фракция суммарных белков саркоплазмы составляет 20-25% количества всех мышечных белков. Установлено, что белки саркоплазмы способны образовывать гель, особенно в присутствии АТФ. При высоких концентрациях Са2+ гель разжижается. Это связано с присутствием в саркоплазме фрагментов саркоплазматического ретикулума. Очищенные от примесей белки саркоплазмы способность желировать утрачивают.

**Миоген** представляет собой комплекс миогенов А, В и С, различающихся кристаллической формой. Обычно под миогеном подразумевается вся миогеновая фракция. Миоген составляет около 20% всех белков мышечного волокна. Он растворяется в воде, образуя гомогенные растворы небольшой вязкости с массовой долей 20-30%. Температура денатурации свободного от солей миогена 55-60 °С, изоэлектрическая точка (ИЭТ) лежит в интервале рН 6,0-6,5. С течением времени часть миогена переходит в нерастворимое состояние.

**Миоальбумины** составляют около 1-2% белков мышечного волокна. Растворимы в воде и нерастворимы в кислой среде, так как имеют изоэлектрическую точку около рН 3,0-3,5; температура денатурации 45-47 °С.

**Глобулин** составляет около 20% общего количества белковых веществ мышечного волокна. Растворим в солевых растворах даже очень низкой концентрации, температура денатурации при рН 6,5 около 50 °С, при рН 7,0 - около 80 °С, изоэлектрическая точка лежит в интервале **рН** 5,0-5,2.

**Миоглобин -** хромопротеид, составляющий в среднем 0,6-1,0% общего количества белков. Он состоит из белковой части - глобина и простетической группы - тема. На одну молекулу миоглобина приходится одна группа гема. В миоглобине не обнаружено цистина. Миоглобин хорошо растворим в воде. Температура денатурации около 60 °С. Денатурация миоглобина сопровождается отщеплением простетической группы. Миоглобин способен присоединять оксид азота, сероводород и кислород за счет дополнительных связей. В последнем случае образуется оксимиоглобин светло-красного цвета, который переходит с течением времени в метмиоглобин коричневого цвета. При этом железо отдает один электрон. При действии восстановителей метмиоглобин снова образует миоглобин. Последний окрашен в пурпурно-красный цвет и обусловливает естественную окраску мышечной ткани, интенсивность которой зависит от его содержания и соотношения форм пигментов белка. Изменение цветности мяса и мясопродуктов происходит под влиянием микрофлоры, теплового воздействия, посола, света и других факторов. Количество пигментов, глубина их превращений и образование форм соответствующей окраски играют значительную роль в получении продуктов высокого качества. При переходе миоглобина в метмиоглобин пурпурно-красная окраска мяса меняется на коричневую. Она наиболее заметна, когда в мет-форму переходит более 50% миоглобина. Это свойство широко используется для определения сроков хранения мяса путем выявления соотношения различных спектральных форм миоглобина, а также при регулировании цветности мясопродуктов.

**Миозин** - фибриллярный белок с асимметрией молекулы 10: 1, составляет около 40% белков клетки мышечной ткани. Гетерогенен. Обычно под миозином подразумевается вся миозиновая фракция. Миозин - полноценный, хорошо переваримый белок. Совершенно чистый миозин растворим в воде и образует вязкий раствор с массовой долей до 4% белка. Растворы солей щелочных металлов небольшой молярной концентрации (0,25 - 0,04 моль/дм3) осаждают миозин из его растворов; в солевых растворах повышенной молярной концентрации (до 0,6 моль/дм3) он растворяется. Температура денатурации миозина около 45 - 50 °С (у птицы около 51 °С); изоэлектрическая точка определяется при рН 5,4. Биологические функции миозина связаны с координированным движением живых организмов и автолитическими превращениями мышечных тканей после убоя животных.

**Актин** составляет 12-15% всех мышечных белков и является основным компонентом тонких нитей. Этот белок существует в двух формах - глобулярной (Г-форма) и фибриллярной (Ф-форма). В растворах с низкой ионной силой актин существует в виде мономера с относительной молекулярной массой около 47 000.

При повышении ионной силы раствора до физиологического уровня Г-актин полимеризуется в Ф-актин, очень похожий на нить. Г-актин представляет собой одну полипептидную цепочку, сложенную в глобулу. Быстрая полимеризация актина происходит также при добавлении ионов Mg2+. При этом образуется двунитчатая спираль, каждая составляющая в которой напоминает нить бус, закрученных одна вокруг другой. Актин относится к полноценным и легкоусвояемым белкам.

**Актомиозин** - это сложный комплекс, который формируется при добавлении раствора актина к раствору миозина и сопровождается увеличением вязкости раствора. Поскольку цепь Ф-актина содержит много молекул Г-актина, каждая нить Фактина может связывать большое число молекул миозина. Рост прекращается при добавлении АТФ или в присутствии ионов Mg2+. Содержание актомиозина указывает на глубину автолитических превращений в процессе трупного окоченения и позволяет опосредованно судить о функциональности мясного сырья в процессе технологической обработки.

**Тропомиозин -** белок палочковидной формы с относительной молекулярной массой около 70 000, постоянно присутствующий в структуре тонких (актиновых) филаментов. Биологическая роль тропомиозина сводится к регулированию взаимодействия актина и миозина в процессе мышечного сокращения. Массовая доля тропомиозина составляет 10-12% всех белков миофибрилл или 2,5% белков мышц. Растворим в воде, но из мышечной ткани водой не извлекается. Изоэлектрическая точка определяется при **рН** 5,1.

**Тропонин** представляет собой сферическую молекулу с относительной молекулярной массой 76 000, включающей три субъединицы, аминокислотный состав которых полноценен.

Весьма важной группой сложных белков являются нуклеопротеиды, играющие первостепенную роль в жизнедеятельности организма, в частности в явлениях наследственности. Простетической группой нуклеопротеидов служат нуклеиновые кислоты. Они нерастворимы в воде, но растворяются в щелочах. В их состав входит простой белок, как правило протамин или гистон. При полном гидролизе нуклеопротеидов образуются а-аминокислоты, рибоза и дезоксирибоза, фосфорная кислота и азотистые основания (пуриновые и пиримидиновые). Массовая доля нуклеопротеидов в мышечной ткани составляет 0, 207-0,245%, где они входят в состав рибосом и саркоплазматического ретикулума. В основном это рибонуклеопротеиды, функции которых связаны с синтезом белков. Нуклеопротеидами богаты ткани мозга, где они представлены нейроглобулином (дезоксирибонуклеопротеидом) и нейростромином (рибонуклеопротеидом). Нуклеопротеиды являются полноценными белками, однако, как отмечалось выше, самостоятельного технологического значения не имеют и входят в состав мышечных клеток.

В состав перечисленных белков входят все аминокислоты, включая важнейшую из них - триптофан, что послужило основой для оценки количественного содержания полноценных белков в сырье и продуктах.

Гистидинсодержащие дипептиды являются специфической составной частью скелетной мускулатуры. Из мышечной ткани животных и человека они были выделены в начале века русским биохимиком В.С. Гулевичем. Установлено, что эти вещества выполняют ряд важных функций в процессе обмена веществ и энергии при жизни, участвуя в процессах окислительного фосфорилирования, происходящих в мышцах при образовании макроэргических фосфатных соединений (АТФ и креатинфосфата). Входя в состав мышечной ткани, гистидинсодержащие дипептиды стимулируют секреторную функцию пищеварительных желез. К ним относятся: карнозин - дипептид, состоящий из остатков р-аланина и гистидина, и ансерин-гомолог карнозина, β-аланил-1-метилгистидин (метилированный карнозин). В скелетных мышцах убойных животных содержание карнозина и ансерина колеблется в пределах 0,014-1,000%.

## Биохимические превращения и свойства мяса

1. Созревание мяса и автолиз.

2. Зоотехнические факторы, определяющие биохимический статус и качество мяса.

3. Основные процессы, протекающие в мясе при хранении.

4. Биохимические основы создания желательных вкусовых качеств при созревании мяса.

**1. Созревание мяса и автолиз.**

Вопрос "созревания мяса" до сего времени не получил окончательного освещения. Из наблюдений практиков известно, что после прекращения жизни животного в мясе происходят физико-химические изменения, характеризующиеся окоченением, затем расслаблением (размягчением) мышечных волокон. В результате мясо приобретает некоторый аромат и лучше поддается кулинарной обработке. Пищевые достоинства его повышаются. Эти изменения в мягких тканях туши получили название созревание или "ферментация мяса". Для объяснения процесса созревания мяса заслуживает большого внимания учение Мейергофа, Эмбдена, Палладина и Абдергальдена о динамике и обмене углеводов в мышцах при жизни животного.

Мейергоф показал, что содержащийся в мышце гликоген расходуется на образование молочной кислоты при сокращении мышцы. Во время расслабления (отдыха) мышцы, благодаря поступлению кислорода, из молочной кислоты снова синтезируется гликоген.

Люндсград показал, что креатинофосфорная кислота находится в мышечных клетках и при сокращении их расщепляется на креатин и фосфорную кислоту (по Палладину), которая соединяется с гексозой (глюкозой). Аденозинофосфорная кислота, содержащаяся в мышцах, также расщепляется с образованием аденозина и фосфорной кислоты, которая при соединении с гексозой (глюкозой) способствует образованию молочной кислоты (Эмбден и Цимммерман).

Мясо только что убитого животного (парное мясо) плотной консистенции, без выраженного приятного специфического запаха, при варке дает мутноватый неароматный бульон и не обладает высокими вкусовыми качествами. Более того, в первые часы после убоя животного мясо окоченевает и становится жестким. Спустя 24≈72 ч после убоя животного (в зависимости от температуры среды, аэрации и других факторов) мясо приобретает новые качественные показатели: исчезает его жесткость, оно приобретает сочность и специфический приятный запах, на поверхности туши образуется плотная пленка (корочка подсыхания), при варке дает прозрачный ароматный бульон, становится нежным и т.д. Происходящие в мясе процессы и изменения, в результате которых оно приобретает желательные качественные показатели, принято называть созреванием мяса.

Созревание мяса представляет собой совокупность сложных биохимических процессов в мышечной ткани и изменений физико-коллоидной структуры белка, протекающих под действием его собственных ферментов.

Процессы, происходящие в мышечной ткани после убоя животного, можно условно подразделить на три следующие фазы: послеубойное окоченение, созревание и автолиз.

Послеубойное окоченение в туше развивается в первые часы после убоя животного. При этом мышцы становятся упругими и слегка укорачиваются Это значительно увеличивает их жесткость и сопротивление на разрезе. Способность такого мяса к набуханию очень низкая. При температуре 15≈20"С полное окоченение происходит через 3≈5 ч после убоя животного, а при температуре 0≈2С через 18≈20 ч.

Процесс послеубойного окоченения сопровождается некоторым повышением температуры в туше в результате выделения тепла, которое образуется от протекающих в тканях химических реакций. Окоченение мышечной ткани, наблюдающееся в первые часы и сутки после убоя животных, обусловлено образованием из белков актина и миозина нерастворимого актомиозинового комплекса. Предпосылкой его образования являются отсутствие аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), кислая среда мяса и накопление в нем молочной кислоты. Биохимические изменения в мясе создают эти предпосылки.

Уменьшение и полное исчезновение АТФ связано с ее распадом в результате ферментативного действия миозина. Распад АТФ до аденозиндифосфорной (АДФ, аденозинмонофосфорной (АМФ) и фосфорной кислот сам по себе приводит к появлению кислой среды в мясе. Более того, уже в этой фазе начинается распад мышечного гликогена, что приводит к накоплению молочной кислоты, так же способствующей образованию в нем кислой среды.

Кислая среда, которая является закономерным явлением распада АТФ и началом необратимого процесса гликолиза (распада мышечного гликогена), усиливает мышечное окоченение. Замечено, что мышцы животных, погибших при явлениях судорог, окоченевают быстрее. Окоченение без накопления молочной кислоты характеризуется слабым мышечным напряжением и быстрым разрешением процесса.

Однако уже задолго до завершения фазы окоченения в мясе развиваются процессы, связанные с фазами его собственного созревания и автолиза. Ведущими для них являются два процесса ≈ интенсивный распад мышечного гликогена, приводящий к резкому сдвигу величины рН мяса в кислую сторону, а также некоторые изменения химического состава и физико-коллоидной структуры белков.

В связи с тем что мышцы мяса кислорода не получают и окислительные процессы в них заторможены, в мясе накапливаются избытки молочной и фосфорной кислоты. Так, например, при мышечном утомлении организма (при его жизни) достигается максимум 0,25% молочной кислоты, а при посмертном окоченении ее накопляется до 0,82%. Активная реакция среды (рН) при этом изменяется от 7,26 до 6,02. От накопления молочной кислоты наступает быстрое сокращение (окоченение) мускулатуры, сопровождающееся коагуляцией белка (Саксль). При этом актомиозин теряет свою растворимость, белки стабилизируются, а кальций выпадает из коллоидов белка и переходит в раствор (мясной сок). Вследствие избыточного содержания молочной кислоты вначале наступает набухание коллоидоанизотропного вещества (темного диска) мышечных волокон (оно сопровождается укорочением≈ окоченением мышц); затем по мере увеличения концентрации молочной кислоты и коагуляции белка происходит размягчение этого вещества. Свернувшиеся белки теряют свои коллоидные свойства, становятся неспособными связывать (удерживать) воду и в известной степени лишаются своей дисперсной среды (воды): вместо первоначального разбухания наступает сморщивание (съеживание) коллоидов клеток, и мышцы становятся мягкими (разрешение окоченения).

В результате накопления молочной, фосфорной и других кислот в мясе увеличивается концентрация водородных ионов, вследствие чего к концу суток рН снижается до 5,8≈5,7 (и даже ниже).

В кислой среде при распаде АТФ, АДФ, АМФ и фосфорной кислоты происходит частичное накопление неорганического фосфора. Резко кислая среда и наличие неорганического фосфора считается причиной диссоциации актомиозинового комплекса на актин и миозин. Распад этого комплекса снимает явления окоченения и жесткости мяса. Следовательно, фазу окоченения от других фаз обособить нельзя и ее необходимо считать одним из этапов процесса созревания мяса.

Кислая среда сама по себе действует бактериостатически и даже бактерицидно, а поэтому при сдвиге рН в кислую сторону в мясе создаются неблагоприятные условия для развития микроорганизмов.

Наконец, кислая среда приводит к некоторым изменениям химического состава и физико-коллоидной структуры белков. Она изменяет проницаемость мышечных оболочек и степень дисперсности белков. Кислоты вступают во взаимодействие с протеинатами кальция и кальций отщепляют от белков.

Переход кальция в экстракт ведет к уменьшению дисперсности белков, в результате чего теряется часть гидратно связанной воды. Поэтому из созревшего мяса центрифугированием можно частично отделить мясной сок.

Высвободившаяся гидратносвязанная вода, воздействие протеолитических ферментов и кислая среда создают условия разрыхления сарколеммы мышечных волокон, и в первую очередь разрыхления и набухания коллагена. Это в значительной степени способствует изменению консистенции мяса и более выраженной его сочности. Очевидно, с набуханием коллагена, а затем частичной отдачей влаги с поверхности туши в окружающую среду следует связывать образование на ее поверхности корочки подсыхания.

Фаза собственного созревания во многом определяет интенсивность течения физико-коллоидных процессов и микроструктурных изменений мышечных волокон, которые бывают в фазе автолиза. Автолиз при созревании мяса понижают в широком смысле слова и связывают его не только с распадом белков, но и с процессом распада любых составных частей клеток. В связи с этим процессы, происходящие в фазе собственного созревания, невозможно отделить или обособить от таковых при автолизе. Тем не менее, в результате комплекса причин (действие протеолитических ферментов, резко кислая среда, продукты автолитического распада небелковых веществ и др.) происходит автолитический распад мышечных волокон на отдельные сегменты.

Созревание мяса совершается в течение 24≈72 часов при температуре +4╟. Однако не всегда удастся выдерживать мясо при +4. Иногда приходится хранить его в обычных условиях (не в остывочных) при температуре +6≈8 и выше; при повышенной температуре процессы посмертного окоченения и разрешения мышц протекают быстрее. Скорость созревания мяса зависит также от вида и состояния здоровья убитого животного, его упитанности и возраста; но эти вопросы требуют дальнейшего наблюдения и изучения.

При созревании мяса происходит расщепление некоторых нуклеидов (азотистых экстрактивных веществ). Образуются летучие вещества, эфиры и альдегиды, придающие аромат мясу. Появляются адениловая и инозиновая кислоты, аденин, ксантин, гипоксантин, от которых и зависят вкусовые качества мяса. Меняется реакция среды мяса в сторону кислотности (рН 6,2≈5,8). Это способствует набуханию коллоидов протоплазмы, благодаря чему мясо приобретает мягкость, нежность и хорошо поддается кулинарной обработке.

Мясо такого качества получается через 1≈3 суток его хранения при температуре от 4 до 12 (в зависимости от возможностей предприятий).

На первом этапе этого процесса обнаруживается сегментация в отдельных мышечных волокнах при сохранении эндомизия волокон. При этом в сегментах сохраняется структура ядер, поперечная и продольная исчерченность.

На втором этапе сегментации подвергаются большинство мышечных волокон. Как и на первом этапе, эндомизий волокон, а в сегментах структура ядер, поперечная и продольная исчерченность продолжают сохраняться. Наконец, на третьем этапе (фаза глубокого автолиза) обнаруживается распад сегментов на миофибриллы, а миофибрилл на саркомеры.

Саркомеры при микроскопии срезов, сделанных из такого Мяса, просматриваются в виде зернистой массы, заключенной в эндомизий.

Морфологические и микроструктурные изменения в тканях также являются причиной размягчения и разрыхления мяса в процессе его созревания, благодаря чему пищеварительные соки более свободно проникают к саркоплазме, что улучшает ее переваримость. Необходимо отметить, что соединительнотканные белки при созревании мяса почти не подвергаются протеолитическим процессам. Поэтому при равных условиях созревания нежность различных отрубов мяса одного и того же животного, а также одинаковых отрубов различных животных оказывается неодинаковой; нежность мяса, содержащего много соединительной ткани, невелика, а мясо молодых животных нежнее, чем старых.

В результате комплекса автолитических превращений различных компонентов мяса при его созревании образуются и накапливаются вещества, обусловливающие аромат и вкус созревшего мяса. Определенный вкус и аромат придают созревшему мясу азотсодержащие экстрактивные вещества ≈ гипоксантин, креатин и креатинин, образующиеся при распаде АТФ, а также накапливающиеся свободные аминокислоты (глутаминовая кислота, аргинин, треонин, фенилаланин и др.). В образовании букета вкуса и аромата, по-видимому, участвуют пировиноградная и молочная кислоты.

И.А. Смородинцев высказывал предположение, что вкус и аромат зависят от накопления в созревшем мясе легкорастворимых и летучих веществ типа эфиров, альдегидов и кетонов. В дальнейшем в ряде исследований показано, что ароматические свойства созревшего мяса улучшаются по мере накопления в нем общего количества летучих редуцирующих веществ. В настоящее время при помощи газовой хроматографии и масс-спектрометрического анализа установлено, что к соединениям, обусловливающим запах вареного мяса, относятся ацетальдегид, ацетон, мртилэтилкетон, метанол, метилмеркаптан, диметилсульфид, этилмеркаптан и др.

При повышении температуры (до 30 гр. С), а также при длительной выдержке мяса (свыше 20≈26 суток) в условиях низких плюсовых температур ферментативный процесс созревания заходит так глубоко, что в мясе заметно увеличивается количество продуктов распада белков в виде малых пептидов и свободных аминокислот. На этой стадии мясо приобретает коричневую окраску, в нем увеличивается количество аминного и аммиачного азота, происходит заметный гидролитический распад жиров, что резко снижает его товарные и пищевые качества.

Для интенсификации процессов созревания, улучшения и сбалансированности качественных показателей сырья разработаны физические, химические и биохимические методы. Наиболее распространенным и перспективным приемом является использование протеолитических ферментных препаратов.

Внесенные в сырье препараты обеспечивают аналогичный автолитическому эффект преобразования белковых структур, однако процессы созревания мяса под их влиянием протекают в 3-5 раз интенсивнее и заканчиваются в более короткий срок. Хотя ферментные препараты отличаются специфичностью воздействия на такие белки мяса, как миозин, коллаген и эластин, конечные результаты этих процессов имеют много общего. При этом интенсивность и глубина превращений белковых структур зависит от дозировки препаратов, физико-химических условий, продолжительности обработки. Действие ферментов в конечном итоге вызывает существенные изменения белков мяса и системы экстрактивных веществ, что соответственно придает сырью нужную консистенцию (нежность), вкус и аромат.

Протеолитические ферменты синтезируются практически всеми живыми существами. Эти ферменты очень широко распространены в природе.

В промышленных целях как источник получения протеиназ используются животные ткани, растения и микроорганизмы.

2. Зоотехнические факторы, определяющие биохимический статус и качество мяса.

Биохимические процессы, происходящие при созревании в мясе больных животных, отличаются от биохимических процессов в мясе здоровых животных. При лихорадке и переутомлении энергетический процесс в организме повышен.

Окислительные процессы в тканях усилены. Изменение углеводного обмена при болезнях и переутомлении характеризуется быстрой убылью гликогена в мускулатуре. Поэтому почти при всяком патологическом процессе в организме животного содержание гликогена в мышцах сокращается. Поскольку гликогена в мясе больных животных меньше, чем в мясе здоровых, то и количество продуктов распада гликогена (глюкозы, молочной кислоты и др.) в мясе больных животных незначительное.

Кроме того, при тяжело протекающих заболеваниях еще при жизни животного в его мускулатуре накапливаются промежуточные и конечные продукты белкового метаболизма. В этих случаях уже в первые часы после убоя животного в мясе обнаруживается повышенное количество аминного и аммиачного азота.

Незначительное накопление кислот и повышенное содержание полипептидов, аминокислот и аммиака являются причиной меньшего снижения показателя концентрации водородных ионов при созревании мяса больных животных Этот фактор влияет на активность ферментов мяса. В большинстве случаев концентрация водородных ионов, устанавливающаяся в результате созревания мяса больных животных, более благоприятна для действия пептидаз и протеаз.

В итоге накопление в мясе больных животных экстрактивных азотистых веществ и отсутствие резкого сдвига величины рН в кислую сторону считаются условиями, благоприятными для развития микроорганизмов.

Изменения, происходящие в мясе больных животных, по-иному влияют и на характер физико-коллоидной структуры мяса. Меньшая кислотность вызывает незначительное выпадение солей кальция, что, в свою очередь, является причиной меньшего изменения степени дисперсности белков и других изменений, характерных для них при нормальном созревании мяса. Сравнительно высокий показатель рН, накопление продуктов распада белков и благоприятные условия для развития микроорганизмов предопределяют меньшую стойкость мяса больных животных при хранении. Перечисленные признаки свойственны мясу каждого тяжелобольного животного; они являются причиной известной однотипности в изменении физико-химических показателей мяса, полученного от животных, убитых с течением патологического процесса, независимо от природы заболевания. Это положение не отрицает, специфических изменений в составе мяса при отдельных заболеваниях, но дает основание говорить об общих закономерностях созревания мяса при патологии в животном организме.

Почти при всяком патологическом обмене веществ содержание гликогена в мышцах уменьшается. Поскольку в мясе больных животных гликогена меньше (по сравнению с мясом здоровых) то и количество продуктов распада его (глюкозы, молочной кислоты и др.) незначительно.

В настоящее время вопрос направленного использования сырья с учетом хода автолиза приобретает особое значение, так как существенно возросла доля животных, поступающих на переработку с промышленных комплексов, у которых после убоя в мышечной ткани обнаруживаются значительные отклонения от обычного развития автолитических процессов, причину возникновения которых связывают с прижизненным стрессом.

В соответствии с этим различают мясо с высоким конечным рН (DFD) и экссудативное мясо (PSE). Мясо с признаками DFD имеет через 24 часа 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 экссудативности подвержены наиболее ценные части туши: длиннейшая 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 5,5-5,2, 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.

Мясо с признаками PSE из-за низких рН (5.0-5.5) и водосвязывающей 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: 1 - 5,0-5,5; 2 - 5,6-6,2; 3 - 6,3 и выше.

**3. Основные процессы, протекающие в мясе при хранении**

Мясо от свежеразделанных туш называют парным. Оно не подвергается термической обработке в холодильнике. Парное мясо - это мясо, полученное непосредственно после убоя и переработки скота, не потерявшее животного тепла.

В зависимости от термического состояния мяса после холодильной обработки различают:

мясо остывшее - отдавшее тепло в естественных условиях или в вентилируемых камерах (температура в толще мышц, близкая к температуре окружающей среды). Практически температура остывшего мяса примерно 12-15 °С;

мясо охлажденное - имеющее после термической обработки температуру в толще мышц от 4 до 0 °С; мясо переохлажденное - имеющее температуру в толще мышц от - 1,5 до - 3 °С;

мясо замороженное - имеющее температуру в толще мышц до - 6 °С;

мясо размороженное - оттаявшее после замораживания до температуры в толще мышц - 1 °С и выше. Температуру мяса измеряют термометрами различной конструкции в толще мышц на глубине не менее 6 см от поверхности.

**Загар мяса.** Спустя короткий промежуток времени после убоя, в мышечной ткани теплокровных животных наблюдается повышение температуры. После прекращения жизни животного в результате того, что кислород более не поступает в организм и не происходит синтез веществ, в ткани начитают преобладать анаэробные процессы окисления, носящие необратимый характер. Но в первые часы послеубойного периода из-за наличия кислорода миоглобина, в мышечной ткани происходит анаэробный гликолиз, в ходе которого освобождается довольно много энергии. Однако к этому времени в теле животного уже нарушены все виды терморегуляции, осуществляемые через кожный покров и дыхательный аппарат. Отвод крови из кровеносных сосудов и их сужение после обескровливания животного приводят к резкому уменьшению теплоотдачи через кожу. Полностью прекращается отдача тепла в легких. Вследствие этого энергия, которая при жизни животного использовалась для различных синтетических реакций, переходит в тепло, что и выражается в повышении температуры ткани.

Подсчитано, что это выделение тепла значительно превосходит тепловыделение при жизни животного и составляет в среднем 0,15 ккал/кг\*ч. Дополнительный расход холода, необходимый для отнятия этого тепла, составляет 10-15% общего расхода холода на охлаждение мяса. Этот дополнительный расход холода на отвод тепла, выделяемого в результате биохимических реакций, зависит от режима и скорости охлаждения. При интенсивном охлаждении в условиях низких температур тепловыделение вследствие замедления биохимических процессов меньше и, соответственно, меньше расход холода. С этих позиций ускоренное охлаждение является более экономичным.

При несвоевременном охлаждении послеубойное выделение тепла может явиться причиной загара мяса - порока, выражающегося в том, что в глубинных слоях мышечная ткань приобретает сероватый оттенок и неприятный запах. Вследствие медленного отвода тепла температура в глубинных слоях мяса может достигать 40оС и выше. При таких температурах начинают денатурировать термолабильные мышечные белки, происходят процессы распада отдельных полипептидов с выделением свободных, часто серосодержащих аминокислот, миоглобин переходит в метмиоглобин, происходит ряд других реакций, которые обусловливают образование очагов порчи мяса.

Опасность появления загара особенно велика у упитанных животных, в мышцах которых содержатся большие количества гликогена.

Для предупреждения загара мясо необходимо своевременно охлаждать, а при появлении первых его признаков на толстых частях полутуши делаются надрезы, что обеспечивает доступ кислорода и ускорение понижения температуры.

**Холодовое сжатие.** Интенсивное охлаждение мяса до температуры ниже 10оС вызывает так называемое "холодовое сжатие, или уплотнение мышц", приводящее к повышению жесткости мяса.

Поскольку охлаждение мелких животных и птицы происходит быстрее, чем крупного рогатого скота, то опасность повышения жесткости мяса вследствие холодового сжатия у них больше.

В значительной степени на эффект холодового сжатия оказывает влияние упитанность животного. Так, туши баранов с повышенным отложением подкожного и внутримышечного жира, по сравнению с малоупитанными, в меньшей степени подвержены изменениям, так как жировая ткань замедляет скорость охлаждения. По этой же причине свинина с толстым слоем шпика охлаждается настолько медленно, что сжатие мышечной ткани под действием холода не происходит.

Увеличение жесткости мяса зависит также от того, находится ли мышца в растянутом или свободном состоянии. В том случае, когда мясо еще до наступления посмертного окоченения отделяют от костей, а затем быстро охлаждают, создаются особенно благоприятные условия для сжатия мышц под действием холода. Напротив, если мышцы остаются прикрепленными к скелету и полутуши находятся в подвешенном состоянии, то величина сжатия мышц уменьшается.

Эффект холодового сжатия считается необратимым, и поэтому интенсивно ведутся поиски путей его предупреждения. Известно несколько способов предотвращения холодового уплотнения или его уменьшения. К ним относятся растяжение мышц под действием дополнительных грузов или под действием собственной массы туши; введение в мышцы химических веществ, способных связывать ионы кальция; создание условий для полного распада АТФ.

Контракция мышц будет исключена, если сила растяжения, действующая на них, превысит силу сжатия, вызываемую уплотнением. Для этого прибегают к разъединению нескольких позвонков у туши и подвешиванию дополнительного груза. Известен также метод жесткого механического закрепления положения туш, находящихся в парном состоянии.

Некоторые химические вещества, связывая ионы кальция, препятствуют образованию актомиозинового комплекса. С этой целью перед убоем животным внутривенно вводят 1,2-циклогександиаминотетрауксусную кислоту (СДТА), этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА), адреналин.

Химические вещества можно ввести в мышцы животного сразу после убоя путем шприцевания. Такое же действие оказывают релаксанты - фосфаты, хлориды магния или цитрат натрия.

Холодовое сжатие можно также предотвратить, создав условия для быстрого снижения рН и расщепления АТФ. Эти условия создаются путем применения электростимуляции или выдержки мяса при положительных температурах.

Наиболее доступным способом предотвращения холодового уплотнения является способ охлаждения с применением переменного температурного режима. Частично охлажденные полутуши выдерживаются несколько часов в зависимости от способа санации воздушной среды при температуре 12-20оС. С повышением температуры вследствие более активного протекания биохимических процессов продолжительность выдержки сокращается. В дальнейшем осуществляется быстрое охлаждение полутуш до температуры хранения. При указанном методе мясо обладает лучшими гидрофильными свойствами и нежностью.

**Изменения мяса при подмораживани и хранении в подмороженном состоянии.** Продукты в охлажденном и переохлажденном состоянии сохраняют высокие вкусовые свойства и пищевые достоинства. Мясо в виде полутуш или туш мелкого рогатого скота после первичной обработки охлаждается в камерах, специально оборудованных подвесными путями и системой охлаждения. Существует несколько способов и режимов охлаждения мяса. Полутуши после охлаждения хранятся в подвешенном состоянии на подвесных путях в камерах хранения, где строго поддерживается заданная температура (обычно около 0оС) и относительная влажность воздуха (85-90%). Срок хранения в таких условиях - 7-11 суток.

**Мясо в полутушах можно охладить до температуры -2оС при отсутствии кристаллизации содержащейся в нем воды. Переохлажденное мясо может храниться 14-20 суток.**

**Изменения при хранении подмороженного мяса теплокровных животных имеют свои особенности, влияющие на происхождение процесса его созревания.**

В первые сутки хранения при - 2оС, несмотря на отрицательную температуру, биохимические процессы в мясе протекают интенсивно вследствие изменения концентрации солей, вызванного частичным вымораживанием воды. В дальнейшем основное влияние оказывает понижение температуры, в результате чего мышечная ткань постепенно проходит все стадии ферментации, протекающие при хранении обычного охлажденного мяса, но растянутые во времени. Так, состояние окоченения при температуре хранения -2оС отодвигается на 10-13-е сутки, а на 15-20-е сутки хранения такое мясо по качественным показателям соответствует созревшему охлажденному мясу. Понижение температуры не только отодвигает сроки прохождения тканью посмертных процессов, в частности окоченения, но и уменьшает степень развивающегося при этом напряжения. Если принять напряжение, развиваемое в состоянии сокращения одиночным мышечным волокном при 20оС за 100%, то при понижении температуры до 5оС оно достигает приблизительно 90%, при 0оС - 50%, а при -2оС - около 20%.

Развивающиеся в конце трехнедельного срока хранения при -2оС некоторые явления денатурации почти полностью обратимы. При температурах, близким к криоскопическим, в мышечной ткани с достаточной глубиной происходят процессы ферментации, обусловливающие получение мяса высокого качества.

Хранение подмороженного мяса способствует большему накоплению в нем свободных аминокислот. Так, суммарное содержание свободных аминокислот после 12 сут хранения мяса при -2оС соответствует примерно такому же количеству свободных аминокислот в мясе, хранившемся при 2оС в течение 7 суток.

При хранении мяса в условиях низких положительных температур наибольшее содержание летучих ароматических веществ наблюдалось на 6-7-е сутки хранения, а при близкриоскопической температуре хранения - на 14-16-е сутки. Качественный состав ароматического букета охлажденного и подмороженного мяса один и тот же.

**Изменения мяса при замораживании и хранении в замороженном состоянии.** При быстром замораживании (примерно 10 см/ч и выше) образуются мелкие кристаллы льда, которые равномерно распределяются по всей толще замораживаемого продукта. В этом случае структура мышечных волокон и соединительной ткани значительно не изменяется.

При медленном замораживании в результате усиленной регидратации мышечных волокон образуются крупные агрегированные кристаллы льда между ними, главным образом в межпучковых пространствах. При этом значительные изменения претерпевает соединительная ткань.

Степень разрушения структурных элементов тканей зависит не только от скорости замораживания, но и от глубины развития автолитических процессов в тканях к моменту замораживания. При замораживании полутуш сразу после убоя мышечные волокна и соединительная ткань хотя и увеличиваются в объеме, но все же сохраняют присущие им внешние очертания и взаимное расположение. В мясе, замороженном в состоянии посмертного окоченения, мышечные волокна имеют волнообразную конфигурацию. Соединительная ткань растянута кристаллами льда и на отдельных участках имеет разрывы. При этом растворимость белков минимальна, а при размораживании и тепловой обработке потери мясного сока максимальны. Таким образом, говядину следует замораживать в парном или ферментированном состоянии.

Замораживание мяса сопровождается уменьшением влагосвязывающей способности, что вызвано денатурационными изменениями белков актомиозинового комплекса, а также образованием льда, под действием которого изменяются меж - и внутримолекулярные взаимодействия гидрофильных групп белков. При хранении мороженного мяса происходит дальнейшее снижение влагоудерживающей способности, и чем продолжительнее срок хранения, тем оно значительнее.

Во время хранения говядины, рыбы и птицы происходят волнообразные изменения элементов окислительно-восстановительной системы, в результате чего значительно уменьшается содержание аскорбиновой кислоты и увеличивается количество ее окисленных форм. Аскорбиновая кислота предохраняет от окисления белки, содержащие SH-группы. В то же время дисульфидные связи обусловливают устойчивость молекулы белка к замораживанию. С понижением температуры сохранность аскорбиновой кислоты повышается.

В связи с образованием в продуктах льда изменяется общая концентрация ионов в клеточном соке, что приводит к нарушению связи между отдельными группами липидов в мембранах. При хранении птицы при -18оС увеличивается кислотное число, что свидетельствует об ускорении гидролиза жира. Между гидролизом жира и денатурацией белков существует взаимосвязь, поскольку миозин денатурируется свободными жирными кислотами.

На денатурацию белков мышц рыбы наряду с другими факторами оказывает влияние ферментативное и неферментативное высвобождение жирных кислот. При понижении температуры от -2,4 до -10оС наблюдается аномальное ускорение гидролиза жирных кислот. При дальнейшем понижении температуры активность липолитических ферментов снижается, но их активность сохраняется даже при -30оС.

Окислительные процессы являются основной причиной порчи жирной рыбы. Особенно быстро портится рыба с содержанием в жире 60-80% непредельных жирных кислот. Срок хранения при -18оС - 1-2 месяца.