### План

Созревание мяса 2

Литература 12

### СОЗРЕВАНИЕ МЯСА

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» («вызрева­ние») 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 дри 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—2°С—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 аутолиза. 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.

Схему биохимических изменений в процессе созревания мя­са можно представить следующим образом.

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 про-теолитических 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 °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.

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.

### ЛИТЕРАТУРА

* Горегляд Х.С. и др. «Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии продуктов животноводства». М.: Государственное издательство с/х литературы. 1960.
* Горегляд Х.С. и др. «Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии переработки продуктов животноводства». М.: Колос. 1981.
* Макаров В.А. и др. «Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства». М.: Агропромиздат. 1991.