

Н.С.Машанова

Алматинский технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРИ ПОСОЛЕ

Мақалада бұлшық ет талшығын микроқұрылымдық тұздау кезіндегі зерттеудің нәтижесі көрсетілген. Технологиялық өңдеу процесінде еттің жабысқақтығы заңды түрде анықталған. Бұлшық ұлпасы ет тағамдарының көпшілігінің негізін құрайды және олардың жеткілікті санында болуы керек. Оның өте маңызды элементі клеткалы болып табылады.

The results of muscular tissue microstructure at salting analysis are shown in the article. Regularities of meat tackiness changes in the curing process have been determined. At electroprocessing of a salty muscular fabric the fragmentation structures is observed. Research of samples of a pair muscular fabric after cyclic machining has shown that there is structures, and rupture, a displacement of structural elements next under the relation to each other.

Мышечная ткань составляет основу большинства мясопродуктов и должна содержаться в них в достаточном количестве. Наиболее важным ее элементом является клеточный. В зависимости от строения и свойств этих элементов различают поперечно-полосатую мышечную, продольную и гладкую мышечные ткани. Поперечно-полосатая мышечная ткань составляет основу мяса, в состав которого, кроме мышечных волокон, также входят элементы соединительной ткани и жировая ткань. В зависимости от того, в каких соотношениях в данном образце мяса содержатся указанные компоненты и будет различаться его сортность.

Основными структурными элементами этого типа ткани являются поперечно-полосатые мышечные волокна. Диаметр их составляет несколько десятков мкм, с колебаниями в пределах одного порядка. Это не отдельные клетки, а сложные симпластические образования, содержащие многочисленные овальные клеточные ядра. В мышечной ткани убойных животных они располагаются непосредственно под клеточной оболочкой — сарколеммой. Как это и отражено в названии данного типа мышечной ткани, в ее расслабленных волокнах наблюдается поперечная исчерченность. В сокращенных мышечных волокнах поперечная исчерченность сменяется на продольную. Существует ряд микроструктурных показателей, по которым можно определить стадию созревания мяса и степень развития автолитических процессов. Это наличие и тип исчерченности мышечных волокон, состояние клеточных ядер, наличие разрывов миофибрилл и мышечных волокон [1].

Между мышечными волокнами, окружая их и создавая каркас мышцы, располагаются волокнистые и клеточные элементы соединительной ткани. Непосредственно к мышечным волокнам прилегают тонкие прослойки эндомизия. Пучки мышечных волокон формируются за счет более толстой сети соединительно-тканых волокон — перимизия. Самая же толстая внешняя оболочка сформирована эпимизием. В разных мышцах и у разных видов животных степень развития и состав волокнистой части мышечного каркаса может значительно различаться в соответствии с их анатомическими особенностями.

При технологических воздействиях на мышечную ткань мышечные волокна приобретают те или иные особенности. К ним относятся набухание или уплотнение мышечных волокон, потеря исчерченности, изменение окрашиваемости клеточных ядер, уплотнение мышечной ткани. В замороженном мясе при замораживании и хранении появляются кристаллы льда. Эти кристаллы могут располагаться как между мышечными волокнами, так и внутри них. Их количество и размеры также могут варьировать в больших пределах, приводя к разной степени разрушения сарколеммы и миофибрилл и определяя таким образом качество и технологические свойства сырья. В ряде случаев в размороженном мясе сохраняются дефекты мышечной ткани, появившиеся в результате образования кристаллов льда, что позволяет провести дифференциацию подвергнувшегося замораживанию и охлажденного мясного сырья.

Следующий тканевый компонент всех без исключения мясных продуктов — это соединительно-тканый. В его состав входят несколько различных по функциям и структурным особенностям тканевых типов. Основные из них: рыхлая, плотная оформленная и неоформленная, ретикулярная, хрящевая, костная и другие. Одним из наиболее часто выявляемых в мясопродуктах типов соединительной ткани является рыхлая. Она входит в состав мышечной ткани и всегда находится в мышцах в составе соединительнотканного каркаса. Поэтому в продукт всегда попадает значительное количество соеди-

нительной ткани. Однако ее содержание и состав могут сильно изменяться в зависимости от типа мышцы, возраста животных и условий их содержания.

Коллагеновые волокна получили свое название из-за способности при длительной термической обработке и взаимодействии с водой преобразовываться в глютин. Эти волокна распространены во всех типах соединительной ткани. Они имеют толщину от 5 до 15 мкм и состоят из более тонких белковых миофибрилл, плотно прилегающих друг к другу. У старых животных количество коллагеновых волокон в мясе может увеличиваться, что вызывает снижение пластичности мясного сырья.

Улучшение вкуса, аромата и консистенции мяса, стабилизация его цвета, приобретение специфических свойств при различных технологических процессах в значительной степени зависят от действия присущих мясу ферментов. Между тем мышцы, как отмечали выше, характеризуются низкой концентрацией внутриклеточных ферментов.

Результаты ультраструктурных исследований дополнили картину биохимических изменений, происходящих в мясе при посоле в условиях электромеханической обработки. В парном мясе волокна имеют прямолинейное расположение и плотно прилегают друг к другу. Ядра хорошо видны, различима поперечная исчерченность волокон (рис. 1).

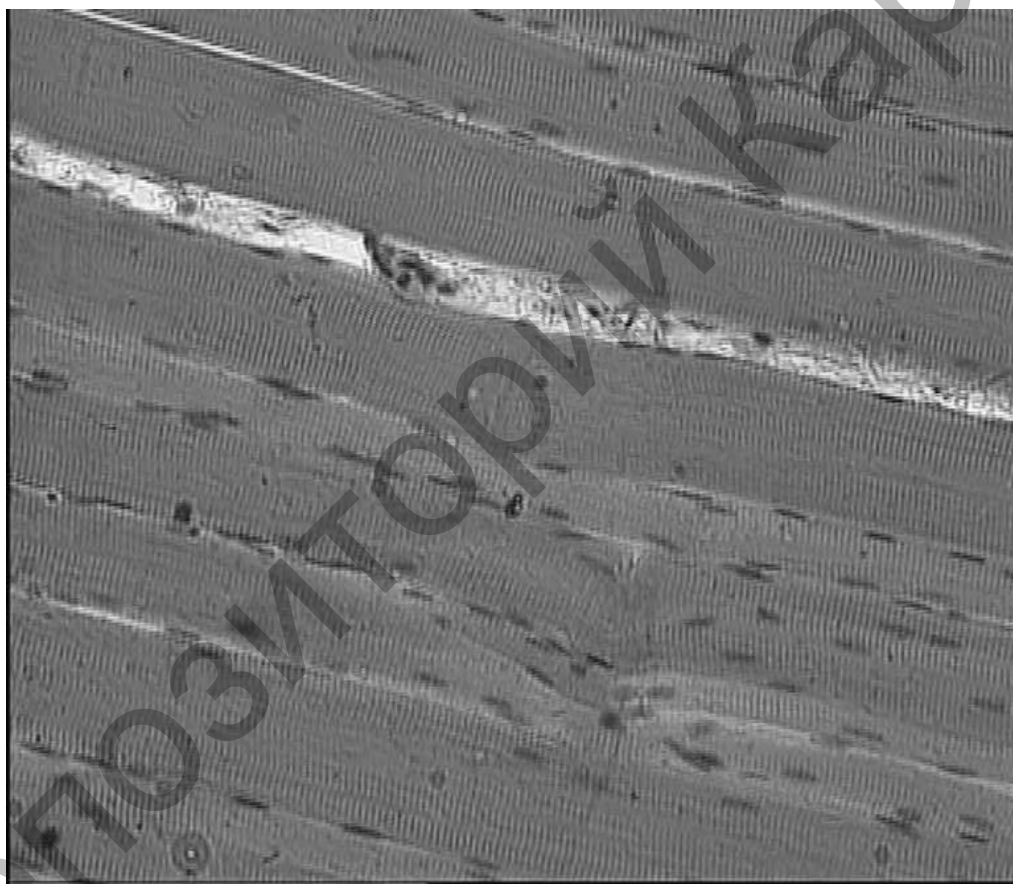


Рис. 1. Микроструктура парной конины

После воздействия электрическим током на соленую мышечную ткань отмечается набухание мышечных волокон. Волокна расположены прямолинейно или волнисто, значительно раздвинуты. Имеются множественные повреждения и деформации волокон. Поперечная исчерченность хорошо различима. В пространствах между волокнами заметно незначительное количество белковой массы. Сарколемма многих волокон сильно повреждена, имеется много узлов сокращения мышечных волокон, что свидетельствует о начале протеолиза мяса [2].

В образцах мяса, подвергнутых механической обработке, наблюдается образование монолитной структуры с хорошо различимыми поперечными микротрещинами и пространствами, заполненными белковой массой. Поперечная исчерченность слабо различима. Имеется много узлов сокращения. Полученные данные по микроструктуре мяса по окончании циклического механического масси-

рования дают основание полагать о существенных разрушениях и протеолитических изменениях через 6–9 ч с момента убоя [3,4].

Исследование ультраструктуры мышечной ткани имеет несомненно важное значение для уяснения сущности протеолитических изменений мяса в процессе посола в условиях интенсифицирующих факторов.

Как видно из рисунка 1, миофибриллы парной мышечной ткани конины находятся в расслабленном состоянии, с ярко выраженной продольной исчерченностью, хорошо просматриваются z-линии. В некоторых участках мышц встречаются единичные полосы сокращения мышечных волокон, что является ответной реакцией их на механическое повреждение.

В результате электровоздействия обнаруживается прогрессирующее сокращение миофибрилл мышечного волокна, утолщение z-линий и их частичное разрушение, становятся трудно различимыми границы деления миофибрилл на саркомеры. При этом продольная исчерченность мышечных волокон сохраняется.

При электрообработке соленой мышечной ткани наблюдается фрагментация миофибриллярных структур, поперечное бахромчатое расслоение z-линий, увеличение пространства между волокнами, заполненного рассолом, нарушение целостности мембраны сарколеммы. Исследование образцов парной мышечной ткани после циклической механической обработки показало, что происходит разрыхление миофибриллярной структуры, деструкция и разрыв протофибрилл в области z-линий, смещение структурных элементов соседних миофибрилл по отношению друг к другу. Наблюдаются дальнейшие повреждения целостности сарколеммы. Миофибриллярные структуры растянуты и набухшие. В местах разрушения миофибрилл и образовавшихся пространств наблюдается скопление мелкозернистой белковой массы (рис. 2).

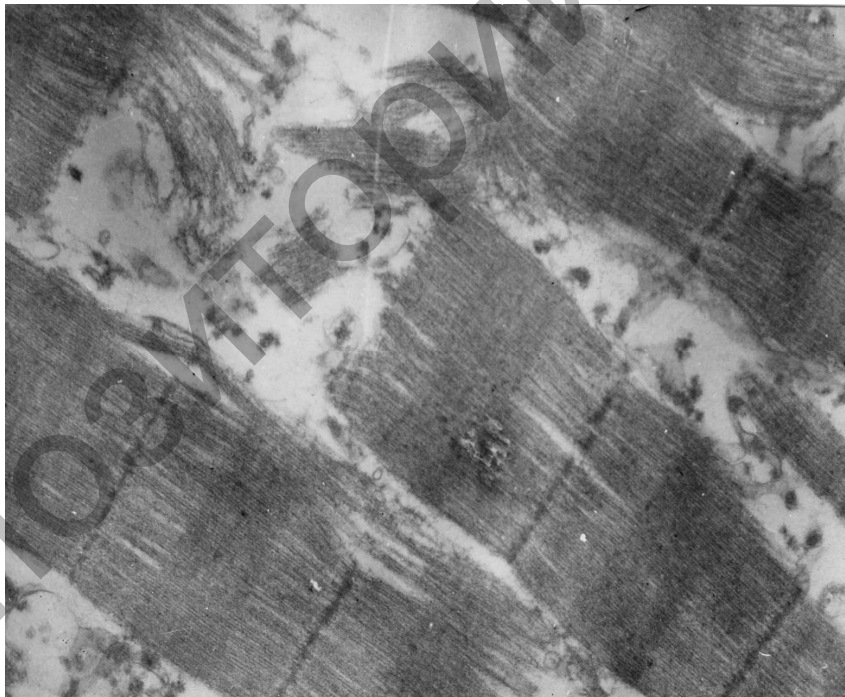


Рис. 2. Ультраструктура мышцы конины после электрообработки

Полученные данные хорошо согласуются с результатами биохимических исследований, свидетельствующих о высвобождении из лизосом протеиназ, обуславливающих деструктивные изменения мышечной ткани при посоле в условиях электромеханических воздействий (А.С. Большаков и др., 1985; Л.С. Кудряшов, 1992).

Результаты изменения ультраструктуры мышц позволяют говорить о развитии при посоле в условиях электромассирования не только процессов, обусловленных воздействием посолочных ингредиентов, но и более глубоких специфических изменений под действием электрического тока.

При образовании монолитной структуры формованных мясопродуктов, изготовленных из отдельных кусков мяса, важное значение имеет адгезионная прочность приведенных в контакт поверх-

ностей. Формирование адгезионных соединений происходит при контакте с поверхностью кусков мяса высоковязкой белковой массы. В этой связи нами проведены исследования влияния электро-массирования и механической обработки на липкость мяса (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Изменение липкости мяса при посоле в условиях электрических и механических воздействий

Вид обработки	Липкость мяса, кПа	
	конина	баранина (для сравнения)
Парное мясо	1,64±0,03	1,51±0,02
Посол с ЭМ	1,28±0,02	1,16±0,03
Посол с МО	4,32±0,04	4,48±0,02

Как видно из таблицы 1, при электро-массировании наблюдается некоторое снижение липкости мяса (на 22 %) вследствие сокращения мышечных волокон и частичного отделения влаги, уменьшающей долю растворимого белка на поверхности мяса. Последующее механическое массирование способствует повышению этого показателя в 2,6 раза по отношению к исходному сырью.

Выявленные нами закономерности изменения липкости мяса в процессе технологической обработки подтверждаются исследованиями микро- и ультраструктуры тканей, которые показали, что в результате механического массирования происходит разрушение клеточной структуры мяса с выделением белковой массы, ответственной за связывающую способность двух поверхностей.

Исследование изменений внутримышечной соединительной ткани конины особенно актуально для определения эффективности использования биологически активных комплексов и физических методов воздействий.

Для улучшения структурно-механических и органолептических показателей конины были использованы шприцевание многокомпонентного рассола, содержащего бульон, растительный жир, плазму крови, сою и поваренную соль в количестве 10–15 % к массе сырья, механическая обработка на установке барабанного типа с продолжительностью до 6 ч для более полного распределения рассола по объему сырья.

Состояние внутримышечной соединительной ткани конины оценивали по содержанию в ней оксипролина. Навеску конины 5 г помещали в стеклянную колбу с притертыми пробками, добавляли 10 мл дистиллированной воды и варили в течение 1 ч в кипящей водяной бане. После варки пробы отмывали многократно от глютена дистиллированной водой (50–55⁰ С) и последующим центрифугированием и удалением жидкости. Остаток количественно переносили для гидролиза в коническую колбу с воздушным холодильником. После гидролиза 6 н HCl в течение 6–7 ч определяли содержание оксипролина, характеризующего количество фибриллярных белков соединительной ткани в навеске мяса. Параллельно определяли содержание оксипролина в сырой навеске мяса конины.

Учитывая, что содержание эластина в эндомизий и перимизий мышцы относительно невелико, и кроме того, эластин содержит всего около 2% оксипролина, считали возможным условно отнести весь найденный в навеске мяса оксипролин к коллагену. Развариваемость коллагена в % рассчитывали по формуле

$$P_k = (OP_{см} - OP_{вм}) / OP_{см} \times 100\% ,$$

где $OP_{см}$ — количество оксипролина в навеске сырого мяса, мг; $OP_{вм}$ — количество оксипролина в навеске вареного мяса, мг.

Количество оксипролина в мышечной ткани конины определяли по методике Ноймана-Логана.

Для исследования были использованы полусухожильные мышцы лошадей 2–3-летнего возраста в парном состоянии, после 6 суток хранения и после обработки многокомпонентным рассолом (МКР), механического воздействия. Результаты определения степени развариваемости коллагена мышечной ткани конины приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Степень развариваемости коллагена мышечной ткани конины

Развариваемость коллагена, %	Парное мясо	Посол МКР	Циклическая механическая обработка	Хранение в течение 144 ч
Опыт 1	23,7	32,3	39,3	24,6
Опыт 2	22,6	30,3	38,5	24,5
Опыт 3	20,3	31,1	38,9	23,5
Среднее	22,2	31,2	38,9	24,2

При хранении мяса конины в охлажденном состоянии до 6 суток происходит изменение степени развариваемости коллагена, что свидетельствует о способности белков соединительной ткани подвергаться автолитическим или другим изменениям. В результате увеличивается их лабильность и уменьшается механическая прочность соединительной ткани.

Из полученных результатов следует, что в первые часы после убоя степень развариваемости коллагена конины составляет 20–23 % от исходного его содержания в конине. Развариваемость уменьшается в процессе хранения и через 48 ч составляет 16–18 %, что, видимо, связано с процессом посмертного очождения. В дальнейшем, во второй фазе созревания развариваемость коллагена снова возрастает и достигает к 144 ч хранения 23–24 %.

Наибольшее увеличение развариваемости коллагена до 35–40 % наблюдается при обработке конины с многокомпонентными рассолами, содержащими ферментный препарат гиалуронидазного действия [5].

Исследование структурно-механических показателей соленой конины показало, что использование многокомпонентного рассола и механических воздействий позволяет улучшить консистенцию соленой конины. Изменение структурно-механических показателей соленой конины приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Структурно-механические показатели соленой конины

Показатели	Контроль — традиционный рассол	МКР (10–15% к массе сырья)	МКР+ МО (2-4 ч)	Традиционный рассол + 6 ч выдержка
Напряжение среза, 10^5 Па				
-поперек волокон	3,10±0,15	2,10±0,10	2,10±0,10	2,35±0,12
-вдоль волокон	2,78±0,12	1,81±0,10	1,71±0,10	2,12±0,10
Пластичность, $м^2 \times 10^{-4}$	3,62±0,21	3,70±0,19	3,75±0,17	3,41±0,12

Под воздействием МКР и механической обработки в рыхлой соединительной ткани происходит набухание и разволокнение коллагеновых волокон, что облегчает их развариваемость.

Сваривание и гидротермическая дезагрегация коллагена при тепловой обработке конины сопровождается снижением прочностных характеристик готового продукта. При достаточно длительном нагреве сваренного коллагена происходит его дезагрегация в глютин, что способствует повышению усвояемости продукта.

Размягчающий эффект МКР и механическая обработка подтверждают также микроструктурные исследования соленой конины. Применение механической обработки вызывает разрушение структуры мышечной ткани, повышение проницаемости в результате механической деструкции и лучшее распределение компонентов МКР не только по прослойкам, но и между отдельными мышечными волокнами. Происходит резкое ослабление или исчезновение поперечной исчерченности, образование в мышечных волокнах поперечных трещин и фрагментов, появление мелкозернистой массы в промежутках между волокнами и в местах нарушения их целостности.

На основании гистологических исследований можно сделать вывод о том, что использование МКР и механической обработки приводит к положительным изменениям микроструктуры мышечной ткани конины и способствует получению нежного и сочного продукта.

Список литературы

1. Шаробайко В.И. Биохимия холодильного консервирования пищевых продуктов. — Л.: Изд. ЛГУ, 1986. — 222 с.
2. Рогов И.А. и др. Химия пищи. — Кн. 1. Белки: структура, функции, роль в питании. — М.: Колос, 2000. — 384 с.
3. Амирханов К.Ж. Использование ферментных и биологически активных препаратов для обработки конины // Новости науки Казахстана. — 2009. — № 1. — С. 95–99.
4. Ультраструктурные исследования морфологии разных мышц овец // Пищевая технология и сервис. — 2008. — № 5. — С. 11–17.
5. Пищевая и биологическая ценность конины // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. — 2007. — № 4. — С. 23–25.

Репозиторий Қарғу