

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРИ ЕЕ МЯГЧЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЕМ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ

Д 30

Ю.Ф. Заяс , Н.Т. Смольский

Для улучшения органолептических свойств, в частности для увеличения нежности, мясо подвергают созреванию, применяют механическое мягчение или воздействуют на него ферментами. Используемые способы улучшения качественных свойств мяса обладают рядом известных недостатков. В связи с этим, проведены исследования /1/ по использованию ультразвуковых колебаний для обработки мяса с целью увеличения его нежности. Установлено, что при подборе соответствующих параметров ультразвукового поля достигается увеличение нежности мяса. Разработка эффективного способа мягчения мяса представляет практический интерес для промышленности.

Настоящая статья посвящена изучению изменений ультраструктуры мышечной ткани в процессе ее мягчения ультразвуком.

Образцы мышечной ткани (полусухожильный мускул) подвергали обработке ультразвуком частотой 19 и 1000 кГц. При воздействии ультразвуком частотой 19 кГц использована экспериментальная установка, в которой смонтирован преобразователь ПМС-6, пита-

мый от ультразвукового генератора УЗГ-10М. На установке ГУ-3 с применением пьезоэлектрического преобразователя обрабатывали образцы частотой 1000 кГц. Продолжительность обработки 1,3 и 5 мин. Контрольные образцы мясной ткани выдерживались в растворе.

Используемый для исследований материал фиксировали 3 часа в 1%-ном спиртовом растворе четырехокси осмия по Паладе /2/, обезживали в спирте и 2 часа докрашивали в 1 %-ном спиртовом растворе уранил-ацетата при температуре 0°C. Дальнейшее обезживание производили в 96 и 100 %-ном спирте, затем заключали в метакрилаты. Полимеризацию производили в течение 24-36 час. при температуре 50°C. Полученные ткани, заключенные в блоки, нарезали на микротоме ЛКБ 4301 А, докрашивали в 1 %-ном растворе уранилацетата в 25 %-ном этиловом спирте. Затем просматривали на электронном микроскопе ЭМ-3 при инструментальном увеличении в 10-20 тыс.раз.

Толщина миофибрилл в исследованных мышцах колебалась в пределах 1 - 1,5 мк, причем отдельные утолщенные миофибриллы часто расщеплялись по длине. Ядра мышечных волокон находились по периферии под оболочкой - сарколеммой. Между миофибриллами располагались митохондрии - саркосомы. В мышечных волокнах хорошо видны оба диска миофибрилл - анизотропный А и изотропный У. А-диск представляет собой миозиновые протофибриллы в виде спиральных тяжей диаметром около 130 Å. У-диск состоит из актиновых протофибрилл диаметром около 50 Å, состоящих из актина. Актиновые протофибриллы крепятся к Z-мембране толщиной 40 мк, пересекающей У-диск.

Проведенными исследованиями установлено, что при относительно большой интенсивности ультразвуковых волн происходят деструктивные явления в мышечном волокне, сопровождающиеся нарушением целостности его субмикроструктуры. На рис. 1-3 наглядно видны множественные разрывы миофибрилл мышечных волокон с образованием отдельных фрагментов и осколков, состоящих из одного, двух или трех саркомеров. Эти разрывы происходят как по анизотропным, так и по изотропным дискам миофибрилл. Однако, разрывы миофибрилл под действием ультразвуковых колебаний происходят чаще всего по Z -мембранам /рис.2/.

Множественная деструкция миофибрилл характеризуется разволокнением и набуханием миозиновых нитей и распадом миофибрилл. Деструкционные явления распространялись по всей ширине среза (на несколько миофибрилл) и в длину охватывали один-два саркомера (см.рис.2).

В обработанных ультразвуком образцах мышечной ткани обнаружены саркомеры с различной морфологической структурой. На рис.1 представлены саркомеры, у которых с обеих сторон сохранена Z -мембрана. Наряду с этим, обнаружены отрывы мембраны только с одной стороны (см.рис.2), в то время как нити актина остаются свободными, образуя своеобразную бахрому. В ряде случаев обнаружен разрыв миофибрилл между Z -мембранами по середине анизотропного диска (см.рис.3). Такой характер разрыва установлен для частоты ультразвука 1000 кгц. При этом обнаруживаются как поперечные, так и продольные и косые разрывы. Для некоторых образцов характерными являются косые разрывы (см.рис.1).

Установлено образование трещин в структуре миофибрилл; последние раздвигаются, расщепляются, пространство между ними разрыхляется. Обнаруживаются саркомеры вообще лишенные Z-мембран или же они остаются в середине, а разрыв происходит по анизотропным дискам. В этих случаях саркомеры представляют собой анизотропные диски, на ^{конце} которых видны разволокненные активные нити (см. рис. I). В контрольном образце мышечной ткани (рис. 4) вышеуказанных изменений не обнаружено.

Значительным изменениям подвергается сарколемма мышечных волокон. Эти изменения заключаются в ее разрыхлении, разволокнении и разрывах.

В целом не установлено какие из структурных элементов миофибрилл отличаются минимальной устойчивостью к воздействию ультразвуковых волн, то-есть отсутствует четко выраженная закономерность деструктивного воздействия ультразвука на структурные элементы волокна. Однако, во многих случаях разрывы наблюдаются по месту прикрепления актиновых нитей к Z-мембране. По-видимому, это объясняется тем, что место прикрепления актиновых нитей к Z-мембране является наиболее чувствительным участком. Ранее считали, что нити актина пронизывают Z-мембрану, и лишь в последнее время установлено /3/, что они прикреплены к её выступам. Предполагается /4/, что это соединение является механическим или же образуется своеобразное переплетение нитей. Деструкция Z-мембран обуславливает увеличение нежности мяса. Уменьшение нежности мышц в результате тотальной деструкции Z-мембран установлено Дитерейджем /5/.

В ультразвуковом поле возможно также нарушение физико-коллоидного состояния протоплазменных структур, сопровождающееся увеличением расстояния между нитями актина.

Степень разрушения ультраструктуры зависит от продолжительности воздействия ультразвука. При обработке в течение 3-5 мин установлена более глубокая степень разрушения структуры, чем при обработке в течение 1 мин.

Частота ультразвуковых колебаний (19 и 1000 кгц) не оказывает существенного влияния на деструкционный характер воздействия ультразвука (см. рис. 1, 2 и 3). Частота 1000 кгц вызывает наиболее интенсивное и сплошное разрушение миофибрилл до разрозненных фрагментов, имеющих округлые формы. Обработка ультразвуком частотой 19 кгц сопровождается поперечным разрывом отдельных миофибрилл; форма разрыва рваная, угловатая; фрагменты разрушенных миофибрилл более крупные, чем при обработке частотой 1000 кгц.

Вышеизложенные результаты исследований изменений ультраструктуры мышечной ткани, подвергнутой обработке ультразвуком, показывают, что увеличение ее нежности обусловлено, прежде всего, деструкцией миофибрилл мышечных волокон.

ВЫВОДЫ:

1. Электронномикроскопическими исследованиями установлен характер воздействия ультразвука на мышечную ткань; при относительно большой интенсивности ультразвука происходит деструкция мышечного волокна, сопровождающаяся нарушением целостности его

микроструктуры; установлены множественные разрывы миофибрилл.
с образованием отдельных фрагментов, разволокнением и набуха-
нием миофибрилл.

2. Степень и характер воздействия ультразвука на ультраст-
руктуру мышечной ткани зависит от продолжительности обработки и
частоты ультразвука.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заяс Ю.Ф., Соловьев В.И., Орлова Т.Н., Мительштейн Т.И., Гариан Б.В. "Использование ультразвуковых колебаний для увеличения нежности мяса", Труды ВНИИМПа, вып. XXII, 1970, 43.
2. Palade G.R. J. Exptl. med. 92, p. 285, 1952.
3. Knappreis G.G., Carlsson F. Journal Cellulose Biology, v. 13, p. 323, 1962.
4. Reedy M.K. Proc. Roy. Soc. v. 160, p. 458, 1964.
5. Deatherage R.E. Food Research, v. 12, № 2, p. 164, 1947.



Рис. 1. Частота 19 кгц; продолжительность обработки - 3 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров, Соловьев В.И., Орлов Т.Н., Михальченко Т.Н., Гурьев В.В. "Успехи химии ультракоротких волн для увеличения прочности металлов". Труды ВНИИМ, вып. XII, 1970, 43.
2. Feltz G.E. J. Appl. Phys. 27, p. 235, 1952.
3. Kierstead G.S., Saito M. Journal Cell Biology, 7: 13, p. 823, 1962.
4. Kierstead G.S. J. Cell Biol. 1962, 12: 1-10.
5. Death



Рис. 2. Частота 19 кгц; продолжительность обработки - 5 мин



Рис. 3. Частота кгц; продолжительность обработки - 3 мин.



Рис . 4. Контрольный образец мышечной ткани.