

Влияние электростимуляции на изменение качества подмороженного мяса по данным функционально-морфологических исследований

Н.А. ГОЛОВКИН, Н.Н. ВОРОБЬЕВА

Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, Ленинград, СССР

Т.Б. ЖУРАВЛЕВА, Ф.Б. ЕРМАКОВА, Г.Б. КОВАЛЬСКИЙ

1-й Ленинградский медицинский институт, Ленинград, СССР

В настоящее время по вопросу улучшения нежности мяса под воздействием электрического тока отсутствуют четкие представления. При прохождении электрического тока по туше вскоре после убоя происходит интенсивное сокращение, что, по-видимому обуславливает все другие последующие явления в мясе. Применение электростимуляции вызывает увеличение активности гликолитического процесса и ускорение наступления посмертного окоченения /1,2/. Электростимуляция приводит к быстрому снижению pH при высокой температуре, что способствует разрыву мембран лизосом и высвобождению кислых гидролаз в мышечную ткань. Лизосомальные ферменты могут вызвать увеличение нежности мяса в результате расщепления белков мышцы. Исследования авторов /3,4/ показывают, что ультраструктурные изменения, представляющие собой результат электростимуляции сравнимы с таковыми в условиях аутолиза в нормальных мышцах. Известно, что развитие аутолитических процессов в мышечной ткани приводит к формированию комплекса специфических изменений, непосредственно влияющих на качественные показатели мяса. Степень развития аутолиза определяет целесообразность использования мяса для промышленной переработки, реализации и хранения. Количественные гистоэнзимологические исследования при оценке воздействия электрического тока на качество подмороженного/переохлажденного/мяса отсутствуют. Изучение влияния электростимуляции для ускорения послеубойных процессов в подмороженном мясе и улучшения его нежности и явилось целью наших исследований. Оценка влияния электростимуляции на мышечную ткань осуществлялась на основании функционально-морфологических критериев.

Объектом исследования являлись полусухожильные мышцы крупного рогатого скота 1 категории упитанности, которые вырезались через 30-40 мин после убоя. Одна мышца подмороживалась после убоя / 1 вариант/, другая мышца из той же туши обрабатывалась импульсным током выбранных ранее параметров. Половина электростимулированной мышцы подмороживалась / 2 вариант/, другая половина выдерживалась при положительной температуре и затем подмороживалась / 3 вариант/. Хранение образцов осуществлялось при температуре -2°C . Сроки отбора проб для гистологических исследований: 30-40 мин после убоя, затем через 3, 7, 14, 17, 21, 28 суток хранения. Фиксация образцов - 10% нейтральный формалин в течение 1 суток. Проводка обычная. Толщина срезов - 5-7 микрон. Окраски - Ван-Гизон и Гейденгайн. Для количественного гистоэнзимологического анализа материал отбирался через 30-40 мин после убоя, затем - 1, 2, 3 суток. Материал замораживали в изооктане, охлажденном в жидком азоте. На 10-микронных срезах, изготовленных в криостате при температуре -15°C , исследовался ключевой фермент анаэробного гликолиза - лактатдегидрогеназа /ЛДГ/ и лизосомальный фермент - кислая эстераза /КЭ/. Количественное определение ферментативной активности проводилось с помощью фотографического способа цитоспектрофотометрии. Спектральные характеристики отложений в волокнах формазана и продуктов реакции азосочетания получали на установке МУФ-5. Препараты фотографировали на установке МУФ-6. Оптическую плотность негативов определяли с помощью микрофотометра МФ-2. Полученные данные обрабатывали статистически на ЭВМ ЕС-1022.

Гистологически на 3 сутки хранения при первом варианте обработки мяса четко выявлялись поперечные полосы сокращения, извилины и изгибы почти на одинаковом расстоянии друг от друга. Ядра плоские. Четко выражена продольная исчерченность. Мышечные волокна раздвинуты. К 7 суткам увеличивалось количество волокон с разрывами и дискоидным распадом. На 14 сутки хранения признаки аутолиза нарастали и в отдельных волокнах можно было видеть зернистый распад с сохранением сарколеммы мышечных волокон. Строма между волокнами разрыхлена.

При втором варианте обработки мяса на 3 сутки хранения была обнаружена отечность стромы с раздвиганием мышечных волокон друг от друга, волнообразный вид, выраженная продольная и поперечная исчерченность. В этот период наблюдали дискоидный распад волокон. Ядра овальные, палочковидные с четкими контурами. К 7 суткам хранения нарастало число волокон с дискоидным распадом, грубой продольной исчерченностью этих дисков и сохранившихся мышечных волокон, а также отмечались очаги зернистого распада. Соединительнотканые прослойки были разрыхлены, отечны, наблюдалась грубая фрагментация коллагеновых фибрилл и пикноз ядер в разволокненной строме. В последующие сроки хранения процессы деструкции мышц, дискоидный распад и образование очагов зернистого распада усиливались.

На 3 сутки хранения при третьем варианте обработки мяса выявлено, что границы мышечных волокон отчетливы. Многие волокна были сегментированы, в некоторых из них наблюдался распад сегментов и локальная деструкция миофибрилл. К 7 суткам увеличивалось количество волокон с разрывами и щелевидными промежутками. Кроме того, наблюдалось большое число волокон с фрагментацией, обнаруживался распад на миофибриллы, отечность соединительнотканых прослоек и фрагментация отдельных коллагеновых фибрилл. С 14 по 28 сутки хранения практически все волокна были в состоянии фрагментации и разволокнения на миофибриллы. Увеличивалось количество распадов миофибрилл с образованием зернистых масс при сохранении целостности сарколеммы.

Данные морфометрических исследований / морфометрия ЭЭ мышечных волокон в продольном разрезе, увеличение 400%, отражающих микроструктурные изменения мяса при созревании,

при разных вариантах технологической обработки мяса представлены в табл. 1

Таблица 1
Table 1

Микроструктурные изменения при хранении мяса
Microstructural changes of meat during storage

Хранение, сутки Storage, days	Вариант Variant	Количество волокон Quantity of fibres		
		Разрывы и щелевидные промежутки Breaks	Распад на сегменты Segment decay	Зернистый распад Grain decay
3	1 2 3	8 8 8	- 1 5	- 1 1
7	1 2 3	10 13 15	11 17 27	- 1 1
14	1 2 3	20 20 30	11 20 24	1 4 6
17	1 2 3	20 30 30	15 26 26	- 10 10
28	1 2 3	20 30 30	17 23 30	6 15 17

Из таблицы видно, что применение электростимуляции и электростимуляции и выдержки ускоряет деструктивные изменения, включая зернистый распад, происходящие в мышечной ткани.

При визуальной оценке гистохимических препаратов не обнаруживалось изменений активности КЭ и ЛДГ во время хранения всех образцов. Однако проведенная количественная оценка уровней гистоэнзимологических реакций выявила совершенно отчетливые их изменения /рис. 1/.

В мышечных волокнах при первом варианте обработки мяса на 1 сутки отмечалось значительное повышение активности КЭ, однако в дальнейшем активность фермента снижалась и достигала по абсолютной величине показателя парного мяса. В изменении активности ЛДГ наблюдались резкие колебания в процессе хранения. Значительный подъем активности ЛДГ на 1 сутки сменялся на следующий день подавлением ферментативной активности, а на 3 сутки вновь отмечался резкий подъем уровня ферментативной реакции. Хранение электростимулированного подмороженного мяса в течение первых двух суток не сопровождалось достоверным изменением по сравнению с парным мясом, однако уровень ферментативной реакции на 3 сутки для КЭ был выше, чем на этот же срок для первого варианта обработки мяса. При хранении мяса 2 варианта обработки отмечался подъем активности ЛДГ аналогичный по выраженности мясу 1 варианта обработки. В процессе хранения наблюдалось падение уровня реакции до значений, соответствующих показателям активности анаэробного гликолиза в парном мясе. Характер изменений структурно-метаболических показателей при хранении мяса 3 варианта обработки отличался от двух предыдущих вариантов. Т.е. на 1 сутки хранения отмечалось достоверное снижение активности лизосомального фермента и прогрессирующее нарастание эстеразной активности, причем на 3 сутки она была самой высокой из всех сравниваемых вариантов. При хранении мяса 3 варианта обработки наблюдалось прогрессирующее нарастание активности ЛДГ, начиная с 1 суток хранения и также, как и для КЭ на 3 сутки достигала самого высокого значения. Анализ гистограмм распределения показал, что при электростимуляции, особенно в сочетании с выдержкой при положительной температуре, наблюдалось значительно большее разнообразие мышечных волокон по величинам оптических плотностей. Кроме того, при 3 варианте обработки мяса на 3 сутки хранения появлялось большее количество волокон с чрезвычайно высокой активностью обоих исследуемых ферментов.

Таким образом установлено, что электростимуляция, особенно в сочетании с выдержкой способствует ускорению деструктивных изменений в процессе хранения подмороженного мяса. Хранение электростимулированного мяса сопровождается увеличением активности лизосомальных ферментов без усиления процессов анаэробного гликолиза. При хранении электростимулированного, выдержанного мяса отмечается нарастающее с каждым днем увеличение показателей, отражающих анаэробный гликолиз и функцию лизосом.

Анализ цитоспектрофотометрических данных позволяет предположить, что различные типы

мышечных волокон по степени реакции на электростимуляцию отличаются друг от друга. Анализируя в целом результаты функционально-морфологических исследований можно с уверенностью сказать, что электростимуляция оказывает положительное влияние на ускорение аутолитических процессов, способствующих повышению качества подмороженного мяса. При этом наилучший результат следует ожидать при применении электростимуляции с последующей выдержкой при положительной температуре, что также подтверждается дегустационной оценкой.

Литература

Reference

1. Carse W. A. Meat quality and the acceleration of post-mortem glycolysis by electrical stimulation. -J. Food Tech., 1973, 8, 163.
2. McCollum P.D., Henrickson R.L. The effect of electrical stimulation on the rate of postmortem glycolysis in some bovine muscle. -J. Food Quality, 1977, 1, 15.
3. Savell J.W., Dutson T.R., Smith G.C., Carpenter Z.L. Structural changes in electrically stimulated beef muscle. -J. Food Sci., 1978, 43, 1606.
4. Will P.A., Ownby G.L., Henrickson R.L. Ultrastructural postmortem changes in electrically stimulated bovine muscle. -J. Food Sci., 1980, 45, 21;