

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЯСА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПОСЛЕУБОЙНЫЙ ПЕРИОД.

ЗАХАРОВ Р.С., МОИСЕЕНКО Е.Н., МАНГЕР Х., ЯЦЕНКО А.П.

Одесский технологический институт холодильной промышленности. г.Одесса СССР.

Развитие холодильной техники и совершенствование холодильной технологии в последние 20 лет позволило (для увеличения микробной стойкости пищевых продуктов сокращения производственных затрат на их обработку) осуществлять охлаждение и замораживание парного мяса в кратчайшие сроки. Параллельно проводимые исследования качественных характеристик показали некоторые их ухудшения в связи с проявлением эффекта "холодового сжатия" мышц при интенсивной обработке холодом до наступления посмертного окоченения. При производстве и обработке фасованного и упакованного мяса во влагонепроницаемые материалы наблюдается повышенные потери мясного сока при хранении охлажденных и при дефрестации замороженных полуфабрикатов. Величина этих потерь составляет 2-3% от первоначальной массы образцов.

Сокращение длины мышц до 40% в результате "холодового сжатия" приводит к увеличению жесткости мяса в 2 раза и более. Конечно, биологическая и питательная ценность, микробная чистота, химическая стойкость значительно влияет на оценку пищевого продукта потребителем. Однако наличие всех этих факторов и даже хорошего вкуса и аромата не обеспечивают мясу должной оценки потребителем, если оно при этом жесткое. Нежное мясо с высокими вкусовыми качествами можно получить только после его созревания - длительной выдержки при низких положительных температурах, что, естественно, является весьма дорогостоящей операцией (расход холода, усушка, значительные площади холодильников, необходимость зачистки).

Искусские способы, ускоряющие созревание мяса, или по меньшей мере улучшающих его консистенцию, является сегодня одной из наиболее актуальных и сложных задач. В настоящее время разработаны методы тендеризации мяса при которых за счет увеличения скорости ферментативных процессов быстрее наступает процесс посмертного окоченения и его разрешение. Однако эти способы не нашли широкого применения в промышленности по ряду причин: большая дороговизна и сложность оборудования, затраты чистых ферментов, и различных добавок, малая производительность при массовом производстве. Интенсификация процесса созревания и улучшения при этом консистенции методом электрической стимуляции мышечной ткани после убоя животного заслуживает особого внимания. Как показывают исследования последних лет в электростимулированных образцах процесс уменьшения значения величины рН (рН менее 6,2, свидетельствует о наступлении посмертного окоченения) ускоряется в 10-15 раз, что свидетельствует о более быстром протекании биохимических реакций, важнейшей из которых (для получения высокой нежности мяса) является распад аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) через аденозиндифосфорную кислоту (АДФ) и аденозинмонофосфорную кислоту (АМФ) до имозина. Электрический ток действующий в послеубойный период посредством нервной системы на мышцы активизирует понижение внутренних резервов энергии связанной в белковых комплексах мышечной ткани, что в свою очередь приводит к быстрому наступлению посмертного окоченения и его разрешению. Таким образом можно сказать, что воздействие импульсами электрического тока является катализатором послеубойных изменений приводящих к наступлению посмертного окоченения позволяющего избежать эффекта "холодового сжатия" при проведении интенсивной термообработки в кратчайший после убоя срок. Электростимулирование - это не только способ тендеризации, но и метод ускорения процесса созревания.

Таблица I.

№ п/п	Авторы статьи	Параметры электро-стимулирования	Объект электро-стимулирования	Исследуемые показатели
1	2	3	4	5
1.	Дзвей, Гильберт, Карсе 1976г.	U = 3600 В (в разомкнутой цепи). U = 1600 В, I = 2 А, частота 15 Гц, импульсный переменный ток, время 30с-10мин (на тушу).	Быки, говядина, баранина. 30 минут после убоя (без шкуры)	органолептические показатели, рН, усилие среза.
2.	Дзвей Гильберт Карсе Лоу 1976г.	те же - " -	30 минут после убоя (разделанные)	те же - " -
3.	Бендолл Кеттердис Джордж 1976г.	U = 30-700 В, I = 6 А, частота 25 Гц, верхняя половина синусоидальной волны переменного тока, время 0,5-3мин. (3000 импульсов).	Телки. 15 мин. после убоя (до разделки) 50-60 мин. после убоя (разделанные)	АТФ, рН, (молочная кислота во избежание посмертного окоченения).

Во всех работах (представленных в таблице I) по изучению действия импульсов электрического тока на скорости биохимических процессов не было замечено какого либо ухудшения качества мяса.

1	2	3	4	5
4.	Бемдолл 1977г.	U = 600 В, частота 25 Гц, время 2 мин.	Говядина.	АТФ, рН.
5.	Савэлл Шмис Дутсон Карпенгер 1977г.	U = 550 В, I = 0,5-5 А, 20 импульсов длитель- ностью 1 с, с интерва- лом 1 с, время 45-70с.	Говядина (1 час после убоя)	органолептические пока- затели, усилие среза.
6.	Савэлл Шмис Дутсон Карпенгер Сутер 1977г.	U = 100 В, I = 5 А, частота 50 Гц (одно- фазной), время 84-100 сек.	Говядина и барами- на.	усилие среза, рН, вкус и сочность.
7.	Савэлл Дутсон Шмис Карпенгер 1978г.	U = 100 В, I = 5 А, 60 циклов, 1 импульс в 0,5-1 с.	Говядина	микроструктура, длина саркомеров.
8.	Бутон Форд Харрис Шоу 1978г.	U = 110 В, 40 импуль- сов в секунду, время 4 мин.	Говядина через 38 минут после убоя и разделки.	рН, усилие среза, длина саркомеров.
9.	Шмис Дутсон Карпенгер Хеттлер 1977г.	U = 100 В, I = 5 А, частота 50 Гц, одно- фазный импульс 0,5 - 8 имп/с, (13, 50, 100, 300 импульсов).	Говядина и барами- на.	те же - " -
10.	Шоу Волкер 1977г.	1) U = 10-110 В, I = 5 А, 40 имп/с, в течении 1- 4 минут. 2) U = 21 В, 10 имп/с, в течении 4 минут.	5 быков в шкуре и 10 полутуш (35 мин. после убоя).	рН

1	2	3	4	5
II.	Куликовская Л.В., Зайцев В.Н. 1979г.	U = 30-600 В, I = 0,5- 0,7 А, частота 40-60 Гц, импульсы прямоуголь- ной формы, 30-50 имп/с, время 2-5 мин.	Говядина (после разделки).	органолептические показатели, рН, уси- лие среза.

Из таблицы видно, что в последние годы развитие электростимулирования идет по пути приме-
нения низких напряжений, и как показали / 5 / оптимальными параметрами могут быть токи промыш-
ленных частот и напряжения 240-250 В. Целесообразность и необходимость электрической сти-
муляции животных в послеубойный период неоспорима.

Последние годы в СССР проводятся работы по изучению влияния электрического тока на качест-
венные показатели говяжьего мяса - во Всесоюзном научно-исследовательском институте мясной
и молочной промышленности, в Одесском технологическом институте холодильной промышленности.

Авторами в лабораторных условиях проведена серия опытов по определению влияния импульсного
электрического тока на качественные показатели мяса. Для электрической обработки мышечной
ткани говядины применяли ток напряжением 0,2 - 0,7 кВ, частотой 10-50 Гц, время воздействия
от 30 с до 2 мин. В качестве электродов использовали стальные зажимы, с помощью которых
обрабатываемую электрическим током мышцу закрепляли в вертикальном положении. При проведе-
нии экспериментальной работы соблюдали строго идентичные условия отбора проб, которые каса-
лись как определенного участка туш, так и заданного послеубойного времени отбора образцов
мышц. Для отбора мышечной ткани крупного рогатого скота подбирали животных в возрасте 1,5 -
2,5 года красной степной породы по принципу аналогов. Образцы мышечной ткани отбирали
через 40 мин. после убоя животного и разделки туши из обеих полутуш. Затем длиннейший спи-
ной мускул из одной полутуши подвергался электрической стимуляции, а мышца из другой полу-
туши - была контрольной. В дальнейшем процессе охлаждения всех образцов (стимулированных и
контрольных) проводили в холодильнике при температуре 273 - 277 К, при этом образцы были
завернуты в газонепроницаемую полиэтиленовую пленку. Качество мяса анализировали сразу
после электростимуляции, последующие исследования проводили каждые 3 часа в течение первых
суток, через 6 часов в течение вторых суток, затем после выдержки мышц 120 час. и 240 час.

Посмертные изменения мышечной ткани с самого начала, как было показано ранее связаны с изменениями углеводной системы. Падение рН при этом является достаточно надежным количественным показателем процесса гликолиза. Так как рН более легко и точно измеряется, чем, например, содержание гликогена или молочной кислоты, то по динамике изменения величины этого показателя судили о скорости протекания гликолиза. рН мяса определяли на рН-метре по общепринятой методике. Консистенцию образцов определяли объективным методом с помощью прибора Большакова-Фомина, регистрирующим усилие среза, необходимое для разрушения образца в камере постоянного объема, при приложении усилия с постоянной скоростью. Наиболее характерные данные по одной из типичных серий опытов представлены на рисунках 1, 2 и в таблице 2.

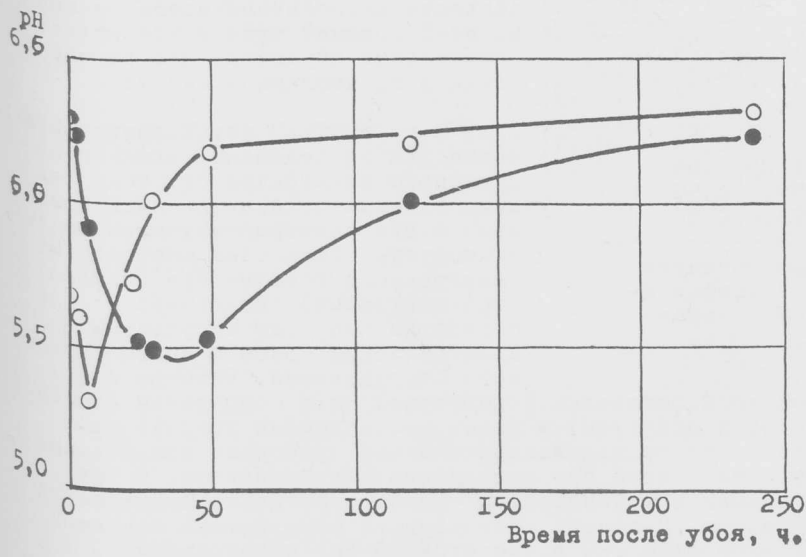


Рис. 1. Зависимость средне-арифметического значения величины рН для контрольного (1) и опытного (2) образцов от времени хранения.

ет возможность предполагать, что в процессе изменения консистенции мяса участвуют не только такие биохимические процессы как распад АТФ и гликогена, накопление молочной кислоты, но и целый ряд других процессов, в том числе изменения в белковой структуре волокон, действие лизосомных ферментов на мышечные белки, изменения в солевой системе. Анализ данных стати-

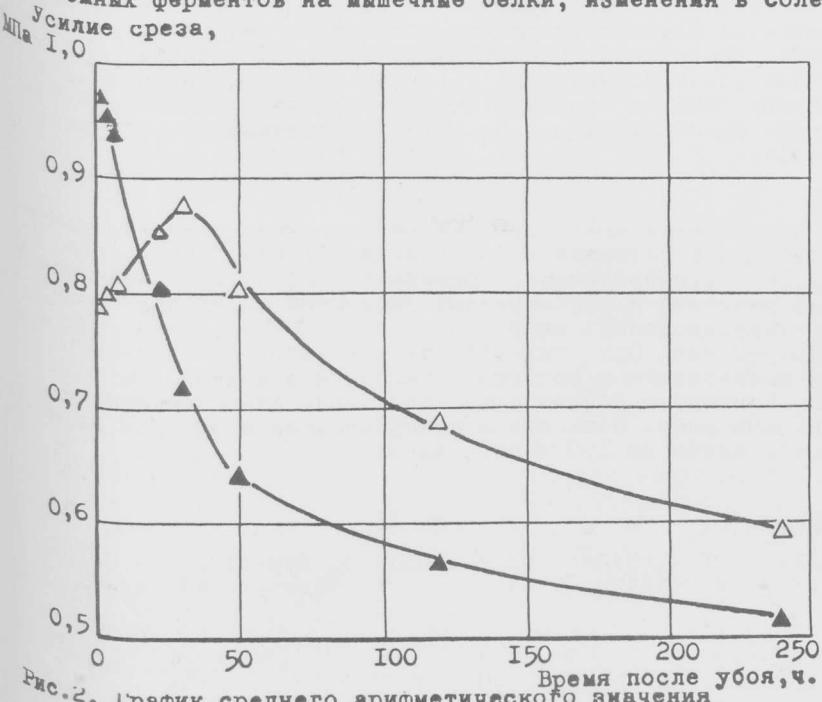


Рис. 2. График среднего арифметического значения изменения усилия среза контрольного (1) и опытного (2) образца от времени хранения.

Проведенные эксперименты показали, что после обработки образца мышечной ткани говядины электрическим током скорость и характер изменения консистенции несколько отличаются от скорости изменения консистенции контрольного образца (не подвергнувшегося электрической стимуляции) и выдержанного при той же температуре. В ходе эксперимента нами установлены довольно характерные зависимости таких качественных показателей мяса как его рН и консистенция. По мере снижения рН в нестимулированном образце наблюдается нарастание его жесткости, которая уменьшалась в ходе дальнейшего созревания мяса, характеризуемым, как правило, повышением рН. Приблизительно такая же зависимость наблюдается и в исследуемом образце, т.е. изменение консистенции связано с изменением величины его рН, однако эта зависимость не прямолинейна. Так, в одном и том же образце нестимулированного мяса при одной и той же величине рН в парном виде и после созревания величины усилия срезов резко различаются. При рН 6,26 усилие среза через 3 часа после убоя равно 0,8 МПа, а через 240 часов 0,59 МПа. Это да-

ет возможность предполагать, что в процессе изменения консистенции мяса участвуют не только такие биохимические процессы как распад АТФ и гликогена, накопление молочной кислоты, но и целый ряд других процессов, в том числе изменения в белковой структуре волокон, действие лизосомных ферментов на мышечные белки, изменения в солевой системе. Анализ данных статистической обработки показывает, что в ходе созревания контрольной мышцы изменение величины усилия среза, связанное с изменением консистенции мяса, тесно увязано со сроками посмертного окоченения, т.е. максимальное развитие жесткости приходится на 30 часов после убоя животного, что подтверждается и данными рН. Обращает на себя внимание следующий факт: электрическая стимуляция парного мяса приводит к мгновенному значительному увеличению жесткости мяса, усилие увеличивается на 24%, по сравнению с контрольным. Однако, это не является препятствием для размягчения мяса в ходе его последующей выдержки. Уже через 30 часов после убоя величина усилия опытного образца на 19% меньше величины усилия среза контрольного через это же время. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что снижение усилия среза опытных образцов, т.е. улучшение консистенции ткани наблюдается с первых часов созревания. Нами не выявлено увеличение жесткости опытных образцов за счет посмертного их окоченения. Характерно, что консистенция как опытных, так и контрольных образцов через 10 суток созревания оказалась почти одинаковой, органолептически это констатируется сильным размягчением ткани. Следовательно, ускорение процесса созревания электростимулированных мышц, по сравнению с контрольными образцами, выдержанными при температуре 273-277 К, наблюдается в первые сутки. Уже через 24

часа исследуемый образец характеризуется уменьшением величины усилия среза на 6%, по сравнению с контрольным. Примерно такая же консистенция (у.с. 0,81 МПа) нестимулированного мяса проявлялась с опозданием на двое суток. Судя по проведенным исследованиям электростимуляция говядины значительно улучшает консистенцию мяса в первые же сутки созревания при 273-277 К, что является весьма положительным фактом при использовании мяса для реализации в охлажденном виде через торговую сеть, а также для производства мясных полуфабрикатов. В связи с этим возникла необходимость провести аналогичные исследования на всей говяжьей туше и установить оптимальные параметры для ее обработки в промышленном масштабе.

Таблица 2.

Время выдержки образцов после убоя час	Величина рН				Усилие среза			
	Контрольный		Опытный		Контрольный		Опытный	
	\bar{X}	У, %	\bar{X}	У, %	\bar{X} , мПа	У, %	\bar{X} , мПа	У, %
1	6,30	100	5,68	90,1	0,79	100	0,98	124,0
3	6,26	99,3	5,64	89,5	0,80	101,2	0,96	121,5
6	5,92	93,9	5,31	80,4	0,81	102,5	0,94	118,9
24	5,58	88,5	5,72	90,6	0,86	108,8	0,81	102,5
30	5,51	87,4	6,05	96,0	0,88	110,1	0,72	91,1
48	5,56	88,2	6,18	98,0	0,81	102,5	0,65	82,2
120	6,06	96,2	6,21	98,5	0,69	87,3	0,57	72,1
240	6,25	99,2	6,32	100,3	0,59	74,6	0,52	66,0

Изменение величины рН и усилия среза в процессе хранения опытных образцов. \bar{X} - среднее арифметическое значение рН или усилия среза; У - относительные изменения величин, %.

2 x 2,3 x 3 М обеспечивают свободный доступ к подвешенной полутуше. Бокс оборудован подъемными устройствами (для подвешивания и снятия полутуши) и всеми необходимыми устройствами автоматизации, блокировки и защиты, а также контрольно-измерительными приборами для задания, контроля и регистрации параметров электростимуляции при проведении экспериментов, в том числе электронным и светолучевым многоканальным осциллографом - для регистрации процессов в динамике, контроля формы и величины импульсов. В основу электронного стимулятора положен метод преобразования напряжения промышленной сети 220 В, частотой 50 Гц, в напряжение 0,2 - 2,5 кВ, частотой 10-50 Гц, состоит из основных функциональных узлов: задающего генератора коммутатора первичной обмотки высоковольтной обмотки высоковольтного трансформатора; высоковольтных выпрямителей; реле времени с регулированием интервалов в пределах от 30 с до 5 мин; коммутатора полярности; пульта управления с информационно-контрольными органами. Промышленный образец исследовательской установки для электростимуляции говяжьих полутуш внедрен на мясокомбинате, проведены проверочные испытания средств автоматизации и защиты, проводится отработка технологического процесса электростимуляции. В центральной лаборатории мясокомбината организована исследовательская лаборатория, оборудованная необходимыми приборами и установками для определения изменений качественных показателей мяса, обработанного импульсным электрическим током, в том числе: скорости биохимических процессов в мышечной ткани после уоя животного, структурных изменений, жесткости мышечной ткани и пр. Уже первые исследования показали эффективность применения электростимуляции в качестве метода тендеризации мяса говядины в полутушах. Результаты проведенных исследований положены в основу при проектировании промышленных установок для электростимуляции говяжьих полутуш в потоке на мясокомбинатах. При разработке современных типовых проектов мясокомбинатов в СССР - электростимулирование включено в технологические схемы таких производств как составное звено прогрессивных технологий обработки мяса холодом.

ВЫВОДЫ.

Исследования качественных показателей при интенсивной обработке парного мяса показали увеличение его жесткости и ухудшение консистенции в результате проявления эффекта "холодового схятия". Эффективнейшим методом тендеризации, позволяющим избежать эти недостатки является электростимулирование. В результате лабораторных и промышленных испытаний определен оптимальный интервал характеристик электростимулирования: напряжение тока 200-700 В; частота тока 10-50 Гц; время воздействия тока 0,5-2 мин. При этих режимах минимальная величина рН равная 5,31 в стимулированных образцах достигается в течение 6 часов, а в контрольных - рН = 5,51 в течение 30 часов выдержки. Измерения усилия среза показали, что конечная жесткость в стимулированном образце на 0,07 МПа выше. Нежность в стимулированном образце равная конечной нежности в контрольном достигается на 150 часов раньше.

Литература

- 1/1/ Bendall J.R. - J.Sci.Food Agr. 1976,21
- 1/2/ Bendall J.R. - Electrical stimulation of carcasses as a method of avoiding the cold-shortening and the toughness of meat, Материалы 24 конгресса исследователей мясной промышленности
- 1/3/ Bouton P.V. et al - J.Food Sci. 1978,43
- 1/4/ Davey C.L., Gilbert, K.V. - N.Z.J. of Agr. Res. 1976,19,13
- 1/5/ Куликовская Л.В., Зайцев В.Н. - Холодильная техника 1979, 8
- 1/6/ Locker, R.H., Hagyard C.J. - J.Sci.Food Agric. 1963,14
- 1/7/ Marsh, B.B., Leet, N.G. - J.Food Sci. 1966,31
- 1/8/ Savell J.W., Smith G.C., Dutson T.R., Carpenter Z.L. - J.Food Sci 1978,43,5
- 1/9/ Savell J.W., Smith G.C., Dutson T.R., Carpenter Z.L., Suter D.A. - J.Food Sci. 1977,42
- 1/10/ Shaw F.D., Walker D.J. - J.Food Sci. 1977,42
- 1/11/ Smith G.C., Dutson T.T., Carpenter Z.L., Hostetler R.L. - Proc.Meat Industry Research Confer. Chicago, 1977