

Исследование ряда факторов, влияющих на качество мяса при импульсной стимуляции

Н.А.ГОЛОВКИН, Н.Н.ВОРОБЬЕВА, С.А.ЕВЕЛЕВ

Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, Ленинград, СССР.

Результаты исследований, проведенных за последнее время показали, что интенсивное охлаждение или замораживание свежего мяса сразу после убоя животного способствует возникновению сокращения в результате наступления холодового сокращения. С целью предотвращения холодового сокращения и достижения высокой нежности мяса в ряде стран мира стали применять электростимуляцию. Приведенные в литературе данные об оптимальных режимах электростимуляции весьма разноречивы. Это, по-видимому, связано с недостаточной изученностью факторов, влияющих на качество мяса при стимуляции. Исходя из доступной литературы, нами не обнаружено исследований, посвященных повреждающему воздействию электрического тока на мышечную ткань. Поэтому целью наших исследований являлась оценка электрофизических явлений, происходящих в животиную ткань под воздействием электрического тока, изучение его повреждающего действия на структуру ткани (эксперимент 1), а также влияния напряжения, количества и расположения электродов на эффект тендеризации (эксперимент 2).

Объектом исследования являлась полусухожильная мышца *semitendinosus*. В работе проводили два вида исследований. В первом эксперименте мышцы вырезали из полутуш крупного рогатого скота в состоянии расслабления обрабатывали электрическим током напряжением от 50 до 450 В, после убоя. Электростимуляцию образцов проводили в интервале напряжений 50-250 В. Частота тока - 25 Гц. Стимуляцию образцов осуществляли на специально разработанной установке, блок-схема которой представлена на рис.1. Подвод электрического тока осуществляли с помощью электрода, вводимого в мышцу. Упруго-эластичный модуль определяли на консистомере "Реотест-ИМ", разработанным в Ленинградском технологическом институте холодильной промышленности. Измерения проводили в точках 1-9, изображенных на рис.2, до стимуляции, а также через сутки после стимуляции и хранения при температуре 12-15°С. Качество мяса оценивали сенсорным методом по пятибалльной системе.

В результате проведения первого эксперимента было установлено, что при стимуляции мышечной ткани в диапазоне напряжений 50-450 В ток менялся от 0,05 до 0,5 А. Общий вид функции $f(I, \tau)$ при напряжениях выше 100 В можно подразделить на два участка: 1-й характеризуется ступенчатым увеличением тока до его максимального значения, 2-й - появлением искрового

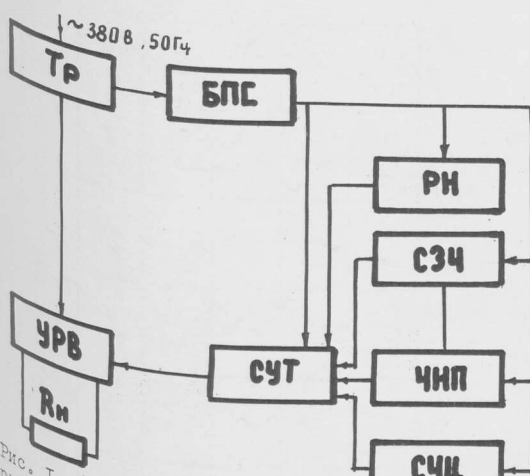


Рис. 1. Блок-схема электростимулятора. Тр-силовой трансформатор; БПС-блок питания системы; УРВ-управляемый тиристорный выпрямитель; СУТ-система управления тиристорами; СЗЧ-система задания частоты; ЧНП-система числа импульсов; СЧЦ-система задания частоты; R_н-сопротивление нагрузки.

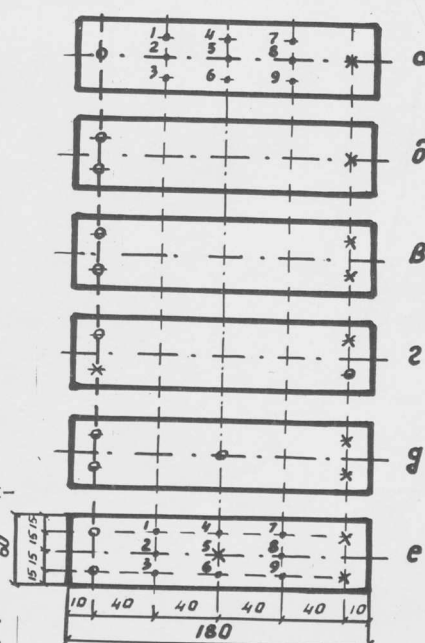


Рис. 2. Схема расположения электродов (о и х - электроды).
Fig. 2. Electrode layout diagram (o and x - electrodes).

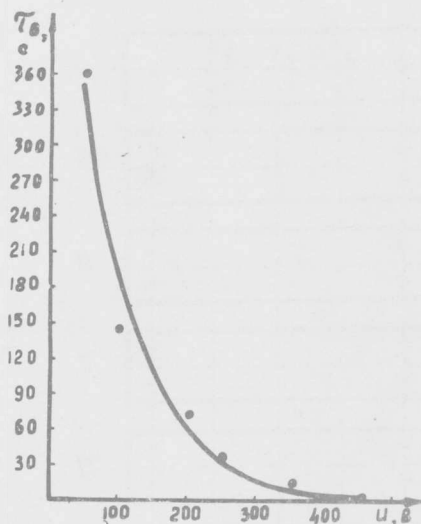
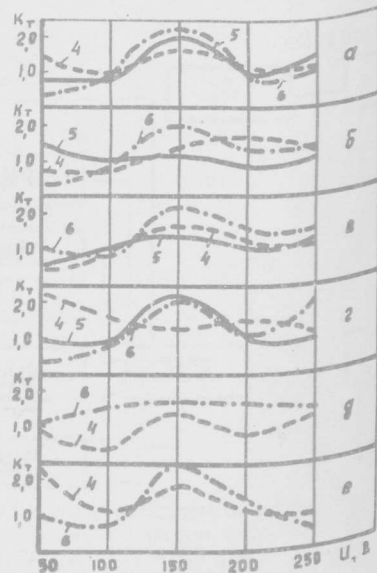
разряда. Как известно, мышечная ткань представляет собой полупроводник преимущественно поперечной проводимости. При помещении ткани между электродами и подаче на них напряжения происходит упорядоченное движение ионов. По мере увеличения времени стимуляции или напряжения концентрация ионов увеличивается настолько, что возникает ударная ионизация. Вследствие этого появляется сложная многофазная система с присутствием плазмы, в результате чего происходит пробой ткани. Для оценки этих электрофизических явлений, происходящих под воздействием электрического тока, введен коэффициент $K\tau$. Этот коэффициент представляет собой отношение времени достижения максимального тока, предшествующего явлению пробоя τ_1 , к времени окончания послепробойных явлений τ_2 (I). Изменение коэффициента $K\tau$ при различных напряжениях представлено в таблице I.

Table 1.

Таблица I

U, В	100	200	300	350	400	450
$K\tau$	45,55	1,68	1,23	1,19	1,16	1,06

Из данных таблицы следует, что по мере увеличения напряжения величина $K\tau$ уменьшается, что связано с ускорением наступления пробоя ткани. Как известно, электрическое сопротивление является чувствительным показателем, характеризующим изменения в структуре ткани. Причем в качестве допустимого предела изменения электрического сопротивления мышечной ткани на 10% от первоначальной величины, считая, что выше этого значения изменения в структуре существенны и недопустимы. Тогда предельно возможное время импульсной стимуляции в зависимости от подаваемого напряжения может быть выражено функцией $\tau_g = 63I \cdot e^{-0,0118U}$ (рис.3), полученной в результате обработки экспериментальных данных. Для проведения второго эксперимента необходимо было выбрать оптимальное время стимуляции, в течение которого в мясе не происходит существенных структурных изменений. Исходя из таблицы I, коэффициент $K\tau$ имеет максимальное значение при 100 В. Это значит, что при этом напряжении интенсивность электрофизических явлений, приводящих к пробоям ткани, для исследуемого диапазона напряжений минимальна. Для 100 В предельно возможное время стимуляции равно 190 с. Учитывая предельно возможное время стимуляции и особенность технологического процесса производства охлажденно-го мяса, в качестве времени воздействия было выбрано 72 с. Для характеристики эффективности тендеризации при импульсной стимуляции был введен коэффициент тендеризации, представляющий собой отношение упруго-эластичного модуля до стимуляции к упруго-эластичному модулю через сутки после стимуляции. Зависимость K_T от напряжения, количества (n) и вариантов расположения электродов (N) представлена на рис.4 (цифрами указаны точки, в которых проведе-

Рис.3. Функция $\tau_g = f(U)$ Fig.3. Function $\tau_g = f(U)$ Рис.4. Функция $K_T = f(U, N, n)$ Fig.4. Function $K_T = f(U, N, n)$

ны замеры). Явно выраженный максимум для большинства точек, в которых проводилось измерение упруго-эластичного модуля наблюдается для электродной системы типа "а" и "в" при 150 В. Эффективность этого напряжения подкрепляется данными, помещенными в таблице 2. В ней представлены результаты органолептической оценки мяса в зависимости от напряжения стимуляции $K_0 = f(U)$.

Table 2. Таблица 2

В	50	100	150	200	250
K_0	4,0	4,1	4,5	4,2	4,2

Выводы

Проведены исследования ряда факторов, влияющих на качество мяса при импульсной стимуляции. Рассмотрены некоторые электрофизические явления, происходящие в мышечной ткани под воздействием электрического тока, для их объективной оценки введен коэффициент $K\tau$. Разработан метод определения повреждающего действия электрического тока на структуру ткани, предложена аналитическая зависимость для расчета предельно возможного времени импульсной стимуляции $t_k = 63I \cdot e^{-0,0118U}$. Исследовано влияние напряжения, количества и расположения электродов на эффект тендеризации, предложен метод оценки эффективности стимуляции по коэффициенту тендеризации K_t . Установлено, что оптимальными параметрами электростимуляции являются: напряжение - 150 В, частота - 25 Гц, продолжительность стимуляции - 72 с.

Литература

1. Воробьева Н.Н., Головкин Н.А., Евелев С.А. Исследование некоторых электрофизических явлений при импульсной стимуляции животной ткани - В кн.: Холодильная обработка и хранение пищевых продуктов. Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1981.