

Стохастический резонанс при замораживании мяса

Д-р техн. наук В.В. ИЛЮХИН, С.В. ШИШКИН

Московский государственный университет прикладной биотехнологии

A hypothesis about appearance of a stochastic resonance during meat freezing has been confirmed. Stochastic resonance arises during the use of electrical signals generated by muscular tissue at a phase transition of the first kind, and of the electrical signals of high voltage pulse generators, directed on the muscular tissue to be frozen.

В соответствии с ГОСТ 18157 – 72 под термином «мясо» понимают тушу или часть туши, полученную от убоя скота, представляющую собой совокупность мышечной, жировой, соединительной и костной (или без нее) тканей. Таким образом, мясо в предельно упрощенном допущении содержит, как минимум, три макрокомпонента – три вида тканей: мышечную, костную и жировую. Все эти компоненты имеют различные теплофизические характеристики [4], и, следовательно, совершенно некорректно в теплотехнических расчетах принимать упрощенно, что мясо – однородное вещество.

Известно, что различают фазовые переходы двух родов [6]. Нами экспериментально установлено: вода в мышечной ткани при традиционных режимах замораживания имеет четко выраженный фазовый переход первого рода, а жировая ткань – четко выраженный фазовый переход второго рода. При фазовом переходе первого рода скачкообразно меняются такие характеристики вещества, как плотность, объемное и линейное расширение, в единице массы выделяется или поглощается вполне определенное количество теплоты, называемое теплотой фазового перехода. При фазовом переходе второго рода некоторая физическая величина, равная нулю в точке перехода, постепенно растет при удалении от точки перехода, при этом плотность изменяется непрерывно, теплота не выделяется и не поглощается. Фазовый переход первого рода – широко распространенное в природе явление. К нему относятся: испарение и конденсация, плавление и кристаллизация, сублимация и десублимация. Поведение костной ткани в отношении фазового перехода имеет более сложную зависимость, определяемую прежде всего количественным содержанием влаги и жира. Кроме того, мышечная, костная и жировая ткани резко отличаются по плотности, дилатометрическим и электрофизическим свойствам [4].

В работах [1, 2, 3] впервые было установлено влияние наведенной электростатической индукции на скорость замораживания объектов, в том числе и мяса. В этих исследованиях констатируется приоритет в управлении процессом замораживания с помощью электрических импульсов широкого диапазона частот, скважности и напряжения, сообщаемых замораживаемому продукту. Следует сразу отметить, что речь идет о сла-

боточных электрических импульсах, поэтому удельные энергозатраты по сравнению с затратами энергии на процесс замораживания практически равны нулю, хотя ускорение или замедление процесса замораживания при использовании слаботочных электрических импульсов может быть весьма существенным (до 30 %).

В.В. Илюхиным была выдвинута гипотеза о влиянии стохастического резонанса на процесс управления тепломассопереносом при наведенной электрической индукции, однако долгое время после публикации работ [1, 3] не удавалось экспериментальным путем обеспечить визуализацию выдвинутой гипотезы. Используя современную электронную систему, авторам в совместной работе удалось обеспечить это при помощи схемы, представленной на рис. 1.

По выдвинутой гипотезе причиной интенсификации процессов охлаждения и замораживания является стохастический резонанс электрических импульсов. Стохастический резонанс как явление был открыт в 1981 г. итальянскими физиками Р. Бензи, С. Сутерой и В. Вулпиани [6]. Физический смысл стохастического резонанса таков: на вход системы поступает смесь случайного и слабого периодического сигналов. Если на выходе будет наблюдаться регулярный сигнал (с небольшими флуктуациями), намного превышающий по интенсивности периодическую составляющую на входе, то мож-

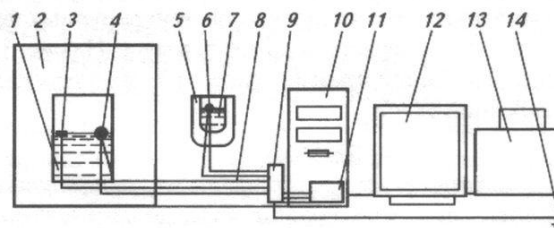


Рис. 1. Схема фиксации слабых электрических импульсов:

- 1 – исследуемый образец; 2 – холодильная камера;
- 3 – электрический зонд; 4, 6 – термопары; 5 – сосуд Дьюара; 7 – раствор воды со льдом;
- 8 – соединительные провода; 9 – блок-переходник;
- 10 – универсальная плата сбора и контроля ввода/вывода цифровой и аналоговой информации; 11 – системный блок ПК; 12 – монитор; 13 – принтер; 14 – заземление

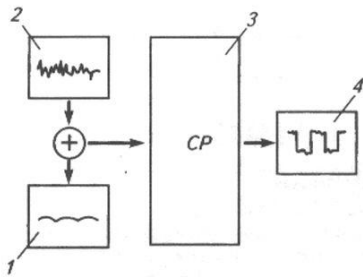


Рис. 2. Схема возникновения стохастического резонанса: 1 – слабый периодический сигнал; 2 – хаотический сигнал (шум); 3 – стохастический резонанс; 4 – полученный усиленный сигнал

но говорить о стохастическом резонансе. Суть эффекта заключается в том, что слабый периодический сигнал захватывает крупномасштабные флуктуации таким образом, что периодический компонент усиливается во много раз. Другими словами, если при росте интенсивности шума на входе устройства на его выходе будет увеличиваться отношение сигнал/шум (классическая мера качества сигнала), то мы имеем дело со стохастическим резонансом (рис.2). С математической точки зрения это означает, что функция интенсивности шума должна иметь максимум в точке, отличной от нуля:

$$r(V_t) = r(0)\exp(V_t),$$

где $r(0)$ – равновесная частота генерации;

$r(V_t)$ – интенсивность шума;

V_t – входной сигнал, складывающийся из периодической и случайной компонент.

Зависимость отношения сигнал/шум на выходе системы имеет максимум, что и свидетельствует о наличии стохастического резонанса. В этой системе сколь угодно малые изменения на входе приводят к изменению частоты генерации даже при отсутствии внешнего шума.

На рис. 3 представлены осциллограммы, показывающие возникновение стохастического резонанса. На рис. 3,а представлена осциллограмма электрических импульсов, полученных зондом от генератора импульсов высокого напряжения. На рис. 3,б представлена осциллограмма электрических импульсов, генерируемых фазовым переходом первого рода влаги в мясе. На рис. 3,в представлена осциллограмма стохастического резонанса в мышечной ткани.

ВЫВОДЫ

Доказана гипотеза и представлены экспериментальные данные, подтверждающие явление стохастического резонанса при замораживании мышечной ткани.

Широкое использование стохастического резонанса позволит внести новый элемент в систему управления тепловыми процессами при замораживании.

Во все научные публикации, где рассматриваются тепловые процессы с фазовыми переходами (сушка, конденсация, сублимация, десублимация, замораживание, оттаивание), необходимо внести коррекцию в отношении тепломассопереноса и сопутствующего элект-

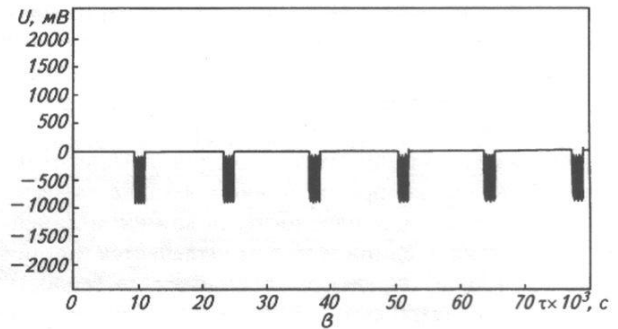
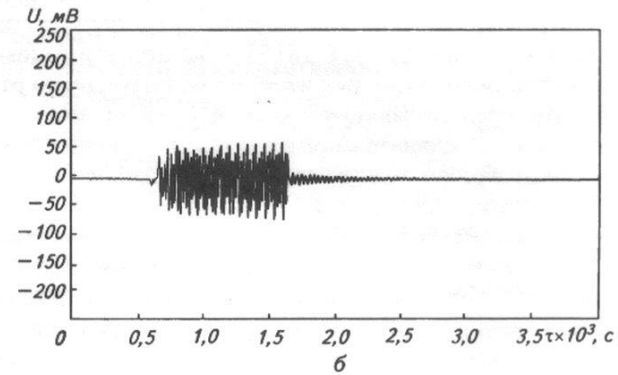
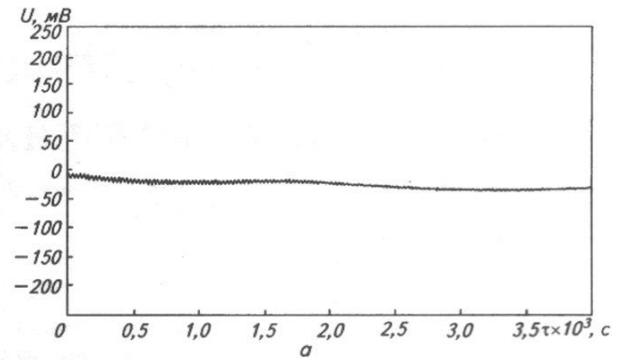


Рис. 3. Осциллограммы, показывающие возникновение стохастического резонанса: а – слаботочных импульсов на электрическом зонде; б – электроимпульсов, генерируемых фазовым переходом первого рода; в – стохастического резонанса

тропереноса. При этом тепло- и массозлектроперенос необходимо рассматривать как единое целое, в противном случае требуется обоснованное указание о принятом допущении в отношении игнорирования факта электротропереноса.

Список литературы

1. А.с. 1011961 СССР. Способ охлаждения и замораживания объекта / В.В. Илюхин, Б.Е. Носков. 1982.
2. А.с. 1346103 СССР . Способ охлаждения и замораживания влагосодержащего объекта / В.В. Илюхин. 1986.
3. А.с. 1387953 СССР. Способ охлаждения и замораживания влагосодержащих объектов / В.В. Илюхин. 1987.
4. Илюхин В.В. Физико-технические основы криоразделения пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1990.
5. Материалы интернет-сайта <http://www.kinnet.ru/cterra>
6. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.