

# Интенсификация процесса замораживания мяса при атмосферном давлении и в вакууме с использованием электрофизических полей

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

Московский государственный университет прикладной биотехнологии

***The validity of the concept of intensification of meet freezing process be the impact of electromagnetig wawes and induced electrostatic induction is confirmed.***

На кафедре «Технологическое оборудование и процессы отрасли» (ТОЛО) Московского государственного университета прикладной биотехнологии (МГУПБ) В.В.Илюхиным были сформулированы три концепции интенсификации тепломассообменных процессов при коронном разряде: изменение газового состава среды; электроконвекция; электромагнитные волны и наведенная индукция.

Проблема, заключающаяся в объяснении физики процесса интенсификации тепломассопереноса при коронном разряде, возникла в 1976 г. (авторское свидетельство № 507292 Э.И. Каухчешвили, Ю.Л. Ермаков, В.В. Илюхин, Н.А. Синцов и соответствующая статья «Электрофизические свойства компонентов мясокостного сырья при низких температурах», опубликованная в журнале «Мясная индустрия» в 1976 г.).

При проведении экспериментов по электросепарации криоизмельченного мясокостного сырья в широком интервале температур ниже криоскопической на кафедре «Оборудование мясокомбинатов» привлекли внимание побочные явления этого процесса:

- образование нитевидных кристаллов;

- интенсификация усушки мясной фракции;
- изменение цвета мясной фракции.

Постановка последующих экспериментов с целью изучения этих нежелательных явлений при электросепарации позволила В.В. Илюхину сформулировать три комплексные задачи, решение которых открывало новые направления в интенсификации тепломассообменных процессов:

- ✓ сушка материалов в электрофизическом поле коронного разряда;
- ✓ охлаждение, замораживание и оттаивание материалов в электрофизическом поле коронного разряда;
- ✓ биофизическое воздействие электрофизического поля коронного разряда.

Однако оставалась неясность в физике процессов интенсификации тепломассопереноса в электрофизическом поле коронного разряда. Попытки десятка докторов и кандидатов технических наук теоретически и экспериментально решить эту задачу не увенчались успехом.

В основу концепции «электроконвекции» Б.С. Бабакиным, М.А. Еркиным, И.П. Верещагиным, В.С. Морозовым было положено представление о превалирующем влиянии электроконвекции.

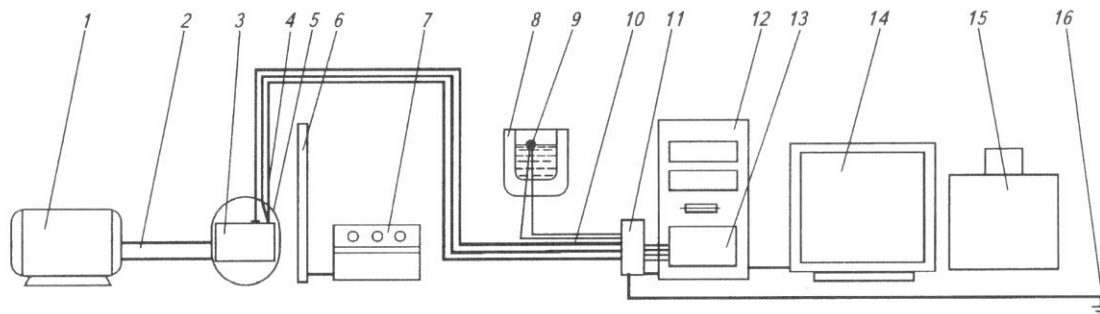


Рис. 1. Устройство для измерения температуры при самозамораживании мяса в вакууме:

1 – вакуумный насос; 2 – трубопровод; 3 – исследуемый образец; 4, 9 – спай термомпары; 5 – стеклянная колба; 6 – антенна-излучатель в виде медной пластины;

7 – генератор электрических импульсов высокого напряжения; 8 – сосуд Дьюара; 10 – соединительные провода; 11 – блок-переходник; 12 – системный блок ПК; 13 – универсальная плата ввода/вывода цифровой и аналоговой информации; 14 – монитор; 15 – принтер; 16 – заземление

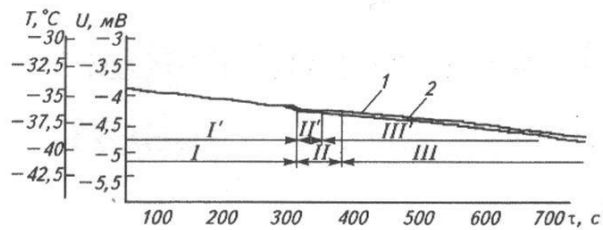


Рис. 2. Осциллограммы электрических импульсов и термограммы самозамораживания мышечной ткани свинины (длиннейшая мышца спины *longissimus*) в условиях вакуума:

- 1 — без применения электромагнитного воздействия (I — стадия охлаждения; II — стадия замораживания; III — стадия домораживания);  
2 — с применением электромагнитного воздействия (I' — стадия охлаждения; II' — стадия замораживания; III' — стадия домораживания)

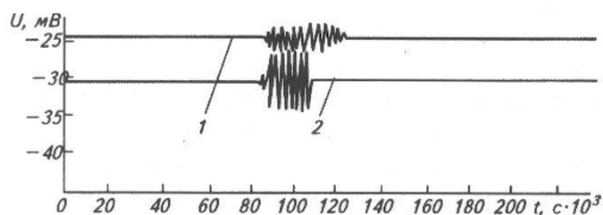


Рис. 3. Осциллограммы электрических импульсов замораживания мышечной ткани свинины (длинная мышца спины *longrimus dorse*) в условиях вакуума:

- 1 — замораживание без применения электромагнитного воздействия; 2 — замораживание с применением электромагнитного воздействия

Хотя в известных основополагающих монографиях по электрогазодинамике констатируется, что эффективность электроконвекции составляет 0,003 %, т.е. практически ноль.

Приоритетом концепции В.В. Илюхина о преобладающем влиянии электромагнитных волн можно считать авторские свидетельства «Устройство для контроля параметров ионизирования потока газа» 1985 г., № 1423877 «Способ сушки материала» 1986 г. и № 1387953 «Способ охлаждения и замораживания влагосодержащих объектов» 1986 г.

В лаборатории кафедры ТОПО МГУПБ проведены исследования по замораживанию компонентов мяса (мышечной, костной, жировой тканей) при атмосферном давлении и в условиях вакуума. Замораживание проводилось с использованием электрофизических полей, получаемых с помощью генератора импульсов высокого напряжения. Схема данной установки представлена на рис. 1.

Устройство для измерения температуры при самозамораживании мяса в вакууме работает следующим образом: генератор электрических импульсов высокого напряжения настраивается на параметры электрических импульсов ( $f = 200$  Гц,  $Q = 3$ ). При включенном вакуумном насосе в стеклянной колбе создают вакуум 1,33 Па. Персональный компьютер с помощью универсальной платы ввода/вывода цифровой и аналоговой информации фиксирует изменения выходных сигналов датчика температуры — термопары — с интервалом опроса до  $10^{-2}$  с. Осциллограммы, полученные с термопары, обрабатывают и масштабируют в режиме «лупы времени» —  $2 \cdot 10^{-6}$  с. Осциллограммы в разных масштабах времени представлены на рис. 2 и 3.

На интенсивность фазового перехода влаги при охлаждении и замораживании мяса существенное влияние оказывают частота импульсов и скважность (рис. 4). Экспериментальным путем установлены рациональные параметры частоты и скважности импульсов  $Q$ . Опытные данные систематизированы и представлены на рис. 5.

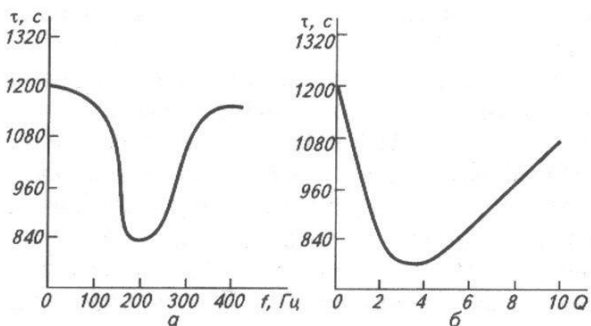


Рис. 4. Графики зависимости времени замораживания образцов мяса:

- а — от частоты; б — от скважности импульсов генератора электрических импульсов высокого напряжения

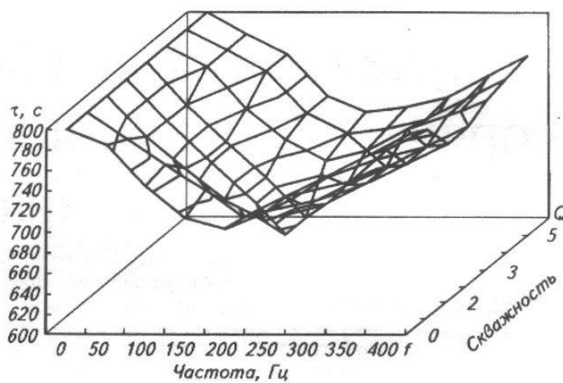


Рис. 5. Поверхность отклика зависимости времени замораживания образца мышечной ткани свинины от частоты и скважности индуцированных импульсов

\*\*\*  
Таким образом, доказана правильность концепции интенсификации процессов теплопереноса за счет электромагнитных волн и наведенной индукции.

Преобладающее воздействие на процессы теплопереноса оказывают электромагнитные волны, генерируемые антенной-излучателем при  $f = 200$  Гц,  $Q = 3$ .