

Эффективность дефростации замороженного блока методом электрогидравлического удара.

Антуфьев, В.Т., Бычихин О.В.

antufjew2010@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

Быстрая дефростация позволяет в наилучшей степени сохранить первоначальное состояние структуры тканей. Поэтому время дефростации становится одним из важнейших показателей процесса, характеризующих эффективность самого способа. Разделение блока на тушки с помощью электрогидравлического удара (патент №1701235 от 01.09.91г. Способ размораживания брикетов рыбы и устройство для его осуществления. Авторы Антуфьев В.Т. и Громцев С.А.) происходит мгновенно, а размораживание продукта (тушек) в воде - в 12-14 раз быстрее. Процесс дефростации можно вести исключительно за счет энергии водопроводной воды. Затраты электроэнергии на создание электрогидравлического удара составляют не более 1-2 % от затрат на полное размораживание рыбы, если это предусмотрено технологией при переработке продукта до готовности. Невысокая стоимость установки делает ее доступной для небольших предприятий.

Ключевые слова: дефростация, электрогидравлический удар, затраты энергии.

Effectiveness of defrostacii frozen block method of electric shock.

Antufiev, V.T., Bythihin O.V.

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food engineering

Fast defrosting at best save initial state structure of tissues. Therefore, defrostacii has become one of the most important indicators of effectiveness of the process itself. Split block for carcasses by means of electric shock (Patent No. 1701235 dated 01.09.91, way of defrosting fish sticks and a device for its realization. Authors V.T. Antufyev and S.A. Gromtsev) happens instantly, and thawing product (carcasses) in water-in 12-14 times faster. The defrostacii can be fought solely with energy from tap water. Cost of electricity to electric shock is not more than 1-2% of the cost of complete thawing of fish according to technology in

the processing of the product until ready. Low cost of installation makes it available for small businesses.

keywords: defrosting, electrohydraulic impact, expenditure of energy.

Анализ направлений исследований, связанных с оптимизацией процесса оттаивания замороженного сырья показывает, что его надо подвергнуть воздействию тепловой энергии с определенным по времени профилем интенсивности. Тепловое воздействие могут оказывать разные теплоносители: атмосферный воздух, нагретый воздух, пар, вода или водяной туман. В некоторых случаях теплоноситель не нужен вообще, поскольку используется принцип преобразования энергии поля в тепловую энергию, генерируемую в самом блоке рыбы (например, СВЧ-энергией). Впрочем, независимо от способа передачи энергии всегда следует помнить о "подводных камнях", которые таятся в глубинах этого процесса. При непосредственном воздействии тепловой энергии на поверхность замороженного сырья тепло распространяется вглубь блока постепенно - слой за слоем. Поэтому наблюдается определенная инерционность процесса, которая выливается в существенный температурный дифференциал между поверхностью замороженного продукта и его сердцевиной. Очевидно, что для того, чтобы в толще замороженного блока температура поднялась до $-1,5^{\circ}\text{C}$, на его поверхности определенный период времени должна будет выдерживаться существенно более высокая температура. При этом слишком высокая температура поверхности может привести к денатурации белка и необратимым структурным изменениям. Нагрев продукта сопровождаются процессы активизации микроорганизмов, жизнедеятельность которых была подавлена воздействием низких температур, и рост их числа. Происходящие биохимические процессы преобразуют структуру мышц. Активируются ферменты, которые, в конце концов, приводят к самораспаду органических веществ, входящих в состав тканей мяса. Ведь процесс размораживания не является полностью обратимым процессом по отношению к замораживанию. Чем дольше проводится процесс размораживания, тем больше структура тканей будет отличаться по качеству от первоначального состояния. Рыба начинает интенсивно терять сок и структура ткани становится рыхлой. Поэтому зачастую перед последующей переработкой размораживание прекращается на границе температуры замерзания или близкой к ней, чтобы приостановить активное развитие микроорганизмов. Быстрая дефростация позволяет в наилучшей степени сохранить первоначальное состояние структуры тканей. Поэтому время дефростации становится одним из важнейших показателей процесса, характеризующих эффективность самого способа.

Таким, образом, реализация технологических процессов размораживания с помощью теплоносителей имеет существенный

недостаток - для размораживания продукта необходимо прогреть весь блок рыбы полностью.

Разделение блока на тушки с помощью электрогидравлического удара (патент №1701235 от 01 09 91г. Способ размораживания брикетов рыбы и устройство для его осуществления. Авторы Антуфьев В.Т. и Громцев С.А.) происходит мгновенно, а размораживание продукта (тушек) в воде - в 12-14 раз быстрее. Создание установок, использующих ЭГУ, позволяет ввести операции высокоскоростной деформации в технологический поток. Расчеты и экспериментальные исследования показывают, что применение такой технологии эффективно.

Первоначально необходимо подсчитать количество энергии, требуемой для разделения блока рыбы электрогидравлическим ударом, и лишь затем, на дефростацию отдельных тушек рыбы и колотого льда, соединявшего их.

Допустим, что на предприятие по переработке рыбы поступает блок замороженного сырья размерами $a \times b \times h$ м. При этом необходимо принять расстояние от места взрыва до поверхности блока H , используя конструктивные соображения. Также известны прочностные характеристики льда:

- Предел прочности льда на срез $R_{CP} = 3 \times 10^5$ Па. [1].
- Модуль упругости льда $E = 0,9 \times 10^{10}$ Па. [1].

1. Для разрушения блока необходимо создать давление, как минимум равное пределу прочности. Это давление создаст сила P_{δ} , Н [2]:

$$P_{\delta} = R_{cp} \times F, \quad (1)$$

где F – площадь потока воды, ударяющей в поверхность блока, m^2 .

2. Определяется коэффициент жесткости системы c , Па·м [2]:

$$c = \frac{E \times F_{\delta}}{l}, \quad (2)$$

где $F_{\delta} = a \times b$ – площадь нижней поверхности блока, m^2 ,

3. По закону Гука определяется динамическая деформация блока δ_{δ} , м:

$$\delta_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{c} \quad (3)$$

Кинетическая энергия потока воды

$$T = \frac{m \times v^2}{2} \quad (4)$$

где v – скорость движения потока, m – масса ударяющей воды, полностью переходит в потенциальную энергию деформации льда

$$U = \frac{P_{\delta} \times \delta_{\delta}}{2} \quad (5)$$

за исключением энергии, затраченной на подъем воды $E = m \times g \times H$.

4. По закону сохранения энергии:

$$T - E = U \quad (6)$$

$$v = \sqrt{\frac{P_{\partial} \times \delta_{\partial}}{m} + 2 \times g \times H} \quad (7)$$

5. При электрогидравлическом ударе часть электрической энергии переходит в кинетическую, часть в тепловую. Соотношение этих частей зависит от многих факторов. Характеризуется это соотношение КПД электрической схемы η :

$$\eta = \frac{T}{W} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где W – электрическая энергия взрыва, Дж.

Коэффициент полезного действия процесса ЭГУ зависит как от параметров электрической схемы ГИТа, так и от свойств подвергающихся ЭГ-обработки объектов, среды, в которой она происходит и характера обработки и может быть выражена функцией нескольких переменных в виде:

$$\eta = f\left(\alpha \cdot l \cdot k_p \cdot \frac{l}{\tau} \cdot b\right), \quad (9)$$

где $\alpha = C \cdot U \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{l}{R}$ – амплитуда импульсного разрядного тока;

l – расстояние межэлектродного рабочего промежутка, м;

k_p – коэффициент, характеризующий резонансные свойства материала;

τ – длительность разрядного импульса, с;

b – крутизна фронта импульса;

C – электрическая емкость накопителя энергии, Ф;

U – рабочее напряжение, В;

L – индуктивность разрядного контура, Гн;

R – сопротивление разрядного контура, Ом.

КПД используемого мною импульсов не превышает значения 0.5 и может быть увеличен схемными решениями до значения 0.9. Используемая схема ГИТа – проста по своей функциональной структуре и надежно работает в широком диапазоне рабочих параметров.

Оставшаяся часть электрической энергии рассеивается в емкости в виде теплоты, необходимой для размораживания рыбы. Т.е. эта энергия не пропадает впустую. Если требуется проводить полное размораживание, тогда требуемую для этого энергию Q , кДж, можно определить следующим образом:

$$Q = G[c(t_n - t_3) + W\omega r + (W\omega c_{\tau} + (1 - \omega)Wc_{co} + (1 - \omega)c_{ce})(t_n - t_3)], \quad (10)$$

где Q – общий расход тепла, кДж;

G – масса продукта, кг;

c – теплоемкость продукта до замораживания, кДж/(кг·град);

t_n – начальная температура продукта, °С;

t_3 – температура замерзания продукта, ° С;
 t_k – температура замороженного продукта, ° С;
 W – содержание влаги в продукте, кг на 1 кг рыбы;
 ω – количество вымороженной влаги, %;
 r – теплота таяния льда, кДж/кг;
 $c_{с.о}$ – теплоемкость незамороженных тканевых соков, кДж/ (кг·град);
 $c_{св}$ – теплоемкость сухих веществ, кДж/ (кг · град);
 $c_{л}$ – теплоемкость льда, кДж/ (кг · град).

При этом можно подводить эту энергию с помощью небольшого подогрева водной среды, в которой происходит процесс дефростации. Например, целесообразно по гигиеническим требованиям использовать воду при температуре 8°С. Тогда требуется, зная значение Q , определить время пребывания продукта в ванне, соответственно и конфигурацию транспортирующего устройства, скорость передачи и другие параметры.

Иногда не требуется проводить процесс дефростации до конца, а разделенная рыба сразу же упаковывается в вакуум-пакеты. Тогда сразу после обработки рыба поступает на упаковку без выдержки в ванне. Соответственно, энергия требуется только для оттаивания льда на поверхности тушек рыбы. Его объемная доля в блоке составляет приблизительно 7%. Тогда вся требуемая энергия рассчитывается:

$$Q = 0,07G[c_1(t_{пл} - t_n) + \lambda_{пл} + c_2(t_k - t_{пл})], \text{кДж}, \quad (11)$$

где G – масса загружаемого блока, кг;
 $\lambda_{пл}$ – скрытая теплота плавления льда кДж/кг;
 $t_{пл}$ – температура плавления С°;
 t_n и t_k – начальная и конечная температура материала С°;
 c_1 и c_2 – удельная теплоемкость материала соответственно до и после плавления льда кДж/кг·град.

Расчет показывает, что процесс можно вести исключительно за счет энергии водопроводной воды. Затраты электроэнергии на создание электрогидравлического удара составляют не более 1-2 % от затрат на полное размораживание рыбы, если это предусмотрено технологией при переработке продукта до готовности. Невысокая стоимость установки делает ее доступной для небольших предприятий.

Таким образом, в данной статье были рассмотрены некоторые методы разделения замороженной рыбы, особое внимание уделено самому, на наш взгляд, перспективному направлению в данной области – размораживанию электрогидравлическим ударом. О его преимуществах позволяет судить сводная таблица свойств и показателей самых распространенных технологий.

Таблица 1

Сравнительные характеристики различных методов дефростации

Показатель	Дефростац ия в воздушной среде	Дефростац ия в водной среде	Паро- воздушной смесью	Микровол новый метод	Инфракрас ный метод	Используй вание ЭГУ

Время дефростации блока массой 12 кг	До 24 часов	До 4 часов	До 10 часов	20-40 минут	Макс. 16 часов	5 – 8 минут
Потери	До 15%	До 5%	До 4%	До 4%		0...0,5%
Равномерность t сырья на выходе	на поверхность и на многовыше	на поверхность и выше	на поверхность и выше	почти равномерна	перегрев поверхности	полностью однородна
Санитарное состояние сырья	Ухудшается развитием крофлоры	Ухудшается : развитие микрофлоры	Ухудшается развитие микрофлоры	Стабильно	Стабильное	Улучшается частичная стерилизация сырья
Санитарное состояние помещения	Ухудшается значительно сильный запах	Ухудшается незначительно: запах	Ухудшается незначительно: запах	Без изменений	Ухудшается значительно сильный запах	Без изменений
Удобство эксплуатации (возможность механизации и автоматизации)	ручное управление	ручное управление	частичная автоматизация	частичная автоматизация	частичная автоматизация	возможна полная автоматизация
Эксплуатационные расходы	Высокие	Средние	Высокие	Средние	Высокие	Низкие
Стоимость	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Средний срок окупаемости	Нет данных	До 12 месяцев	До 10 месяцев	Нет данных	До 12 месяцев	До 2 – 3 месяцев

Список литературы

1. Технологии разделения замороженных продуктов электрогидравлическим ударом (с применением взрыва проволочек). «Известия СПбГУНиПТ» №4 2007 г.
2. Установка для разделения замороженных пищевых продуктов. Сборник лучших докладов по итогам 61 Научно-технической конференции творчества молодёжи СПбГУНиПТ – 2008 г.
3. Бабакин Б.С., В.Т. Антуфьев, С.А. Громцев, Ю.А. Соловьёв. Технологии разделения замороженных блоков рыбы электрогидравлическим ударом (с применением взрыва проволочек). Реферативный сборник Московского государственного университета пищевых биотехнологий, 2008г.
4. Антуфьев В.Т., Громцев С.А. Заявка на изобретение № 4931859/13 (037505) от 5 мая 1991 г. Способ и устройство для оттаивания (дефростации) продуктов.