

Оценка тепло-физических характеристик мясопродуктов как функция их влагосодержания.

А.М. БРАЖНИКОВ, Н.Э. КАУХЧЕШВИЛИ. Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, ВНИКТИХолодпром. Москва СССР.

Определение продолжительности процесса замораживания пищевых продуктов является одной из центральных задач холодильной технологии. Теория процессов отвода теплоты, основанная на решении уравнения Фурье, в настоящее время разработана достаточно подробно. Вместе с тем, применение достижений этой теории в проектных, оценочных и других инженерных расчетах является скорее исключением, чем правилом. Одной из причин такого обстоятельства является неполное знание исходной информации, в частности о значениях теплофизических характеристик (ТФХ) объектов обработки.

Биологическая природа пищевых продуктов обуславливает существенные вариации их ТФХ. Практически невозможно установить ТФХ однозначно даже для продукта одного товароведческого наименования. Так, например, изменение содержания влаги и жира у одной и той же разновидности рыбы в течение года составляет 20% и более, а разница содержания влаги в мышечных тканях коров приблизительно одного возраста и взятых из одного стада достигает 10% / I /. Это означает, что равнозначность ТФХ пищевых продуктов можно рассматривать как равенство, обрисовывающее некоторый предел границы, внутри которых существуют различия. ТФХ меняются и в самом процессе тепловой обработки объекта, что принуждает брать усредненные значения параметров для осуществления конкретного инженерного расчета. Указанные обстоятельства равно как и известная неточность в задании граничных условий в значительно большей степени определяют точность конечного результата, чем собственно математическая точность решения задач теплопроводности.

Расчеты продолжительности процесса замораживания осуществляют на основе решения "задачи Стефана", полагая, что ТФХ объекта меняется скачкообразно на фронте кристаллизации, что обуславливает необходимость знания значений ТФХ объекта как для замороженного состояния, так и незамороженного.

Нами предлагается метод оценки ТФХ влагосодержащих пищевых продуктов для температур как выше, так и ниже криоскопической. Метод не требует никаких дополнительных знаний об объектах, кроме величины его влагосодержания (W). Анализ значений ТФХ различных пищевых продуктов приведенных литературных источниках / 3, 4 5, 7 / позволил сделать предположение, что влагосодержание является той главной характеристикой продукта, которая определяет особенности его реакции на процессы отвода теплоты при холодильной обработке. Другими словами это означает, что зная влагосодержание продукта можно с помощью формальных соотношений оценить все необходимые для конкретного расчета значения ТФХ.

Общий вид зависимости теплофизической характеристики можно представить в виде линейного соотношения:

$$Y = Y_1 + k(W - W_1)$$

где $k = \frac{Y_2 - Y_1}{W_2 - W_1}$

- Y_1, Y_2 и W_1, W_2 — границы изменения теплофизической характеристики;
 Y — значение характеристики для объекта с влагосодержанием равным W .

Конкретные выражения предлагаемых соотношений и значения принятых констант.

Влагосодержание наиболее употребляемых пищевых продуктов изменяется от начальной $W^0 = 0,5$ до конечной $W^k = 0,98$ (в относительных единицах).

Криоскопическая температура принимается нами усредненной и одинаковой для любого значения влагосодержания $t_{кр} = -1,45^\circ\text{C}$.

Теплота фазового перехода принимается равной теплоте, выделяющейся при переходе воды в лед $L = 335,2 \text{ кАж/кг}$

Соотношение для теплоемкости:

$$c_1 = c_1^0 + (W - W^0) k c_1$$

$$c_2 = c_2^0 + (W - W^0) k c_2$$

где: W — значение влагосодержания того продукта, для которого мы находим ТФХ (здесь и далее индекс "1" относится к температурам ниже криоскопической, индекс "2" — выше);

$$c_1^0 = 1465,4 \text{ Аж/кг}^\circ\text{K}$$

$$c_2^0 = 2093,4 \text{ Аж/кг}^\circ\text{K}$$

$$k c_1 = 1482,7 \text{ Аж/кг}^\circ\text{K}$$

$$k c_2 = 4186,8 \text{ Аж/кг}^\circ\text{K}$$

Для коэффициента теплопроводности:

$$\lambda_1 = \lambda_1^0 + (W - W^0) k \lambda_1$$

$$\lambda_2 = \lambda_2^0 + (W - W^0) k \lambda_2$$

где: $\lambda_1^H = 0,58$ Вт / м°К
 $\lambda_2^H = 0,29$ Вт / м°К
 $k_{\lambda_1} = 1,917$ Вт / м°К
 $k_{\lambda_2} = 0,604$ Вт / м°К

Плотность принимается равной для температур как выше, так и ниже криоскопической

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho^H + (w - w^H) k_p$$

где $\rho^H = 1005$ кг / м³
 $k_p = 208,3$ кг / м³

Возможность практического применения предлагаемой методики определения ТФХ проверялась при нахождении продолжительности замораживания различных мясопродуктов, разных размеров и формы, в различных условиях внешнего теплообмена. Результаты расчетов сравнивались с результатами аналогичного расчета, но со значениями ТФХ найденными традиционным образом, а так же с данными, полученными в результате проведения соответствующих экспериментов. В таблице I. приведены полученные результаты.

Вывод:

Для инженерных оценочных расчетов возможно представить ТФХ пищевых продуктов как линейную функцию влагосодержания.

		Полученные результаты Getting results		Таблица № I (начало) Table N 1 (beginning)	
№ п/п	Объект замораживания Object of frosts	Влагосодержание Initial (relative humidity)	Начальная температура (°C) Initial temperature (°C)	Коэффициент теплообмена в камере (Вт/м ² ·гр.) Heat-transfer coefficient	Толщина объекта (м) Object thickness
1.	Говядина Beef	0,741	38	8,24	0,19
2.	Говядина Beef	0,741	15	24,94	0,015
3.	Фарш говяжий Minced beef meat	0,705	17	499	0,192
4.	Фарш говяжий Minced beef meat	0,705	10	24,94	0,025

Полученные результаты Getting results			Таблица № I (окончание) Table N 1 (finish)		
Продолжительность замораживания (мин) Freezing time (min)			Погрешность между двумя расчетными данными (%) Error between two calculation datas (%)	Погрешность по отношению к данным эксперимента (%) Error between calculation datas and experiment one (%)	
Расчетные данные Calculation datas	Данные эксперимента. Experiment datas	по предложенной методике определения ТФХ by the offer method of definition HFC		ТФХ взяты по справочному материалу HFC are taken from the inquiry material	по предложенной методике определения ТФХ by the offer method of definition HFC
1. 1442,4 (24,04 час)	1533,6 (25,56 час)	1260 (21,0 час)	5,9	+12,6	+17,8
2. 10,4	19,9	20,2	2,45	+0,98	-1,48
3. 101,3	91,8	141	10,5	-11,1	-19,5
4. 46,1	44,9	38,1	2,6	+17,4	+15,1

1. G. Chijev. "Heat-Physic foundations refregiration technology of food products". Moscow. Food. Industry 1979
2. N. Golovkin, P. Inshkov "Analitic investigations technological process of freezing meat". Moscow, CSIITE. 1970..
3. I. Chbic, A. Maslov. "Reference book by the Heat-Physic Characteristics of the food products. Moscow. SIIRT 1977.
4. V. Latishev "Recomendations for Heat-Physic Characteristics of food products. Moscow. SIIRI. 1977.
5. A. Ginzvpg, M. Gromov and ather "Reference book by the Heat-Physic Characteristics of the food products and materials" Moscow. Food Industry 1975
6. J. Postolsky, Z. Gruda "Freezing of food products" Moscow. Food Industry 1978.
7. E. Almashy, L. Erely, T. Sharoy "Quick Freezing of food products" Moscow Light and food Industry 1981.