УДК 664.8.037.51

EVALUATION OF FROZEN WATER CONTENT IN MEAT AND DAIRY PRODUCTS

D. Sinat-Radchenko, M. Maslikov, M. Maslikov
National University of Food Technologies

Key words:
Meat
Cheese
Temperature
Freezing
Part of frozen water

Article history:
Received 16.07.2015
Received in revised form 24.07.2015
Accepted 25.08.2015

Corresponding author:
D. Sinat-Radchenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

A simple and accurate formula for determining frozen water content in a product, having information only about its temperature, has been suggested. It is based on processing the most reliable experimental data. Part of frozen water content has been determined for several kinds of meat and cheese.

ОЦІНКА ВМІСТУ ВИМОРОЖЕНОЇ ВОДИ В ПРОДУКЦІЇ М'ЯСО-МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Д.Є. Сінат-Радченко, М.М. Масліков, М.О. Масліков
Національний університет харчових технологій

На підставі оброблення найбільш достовірних експериментальних даних у статті запропоновано просту, але досить точну формулу для оцінювання вмісту вимороженої води в продукті лише за температурою продукту. Наведено приклади визначення ω для декількох видів м'ясопродуктів і сиру.

Ключові слова: *м'ясо, сир, температура, заморожування, частка вимороженої води.*

Постановка проблеми. Під час заморожування продуктів при температурі, нижчій за кріоскопічну $t_{кр}$ (коли з'являються перші кристали льоду за повільного зниження температури), вода, що міститься в продукті, поступово перетворюється на лід [1]. Спочатку процес льодоутворення триває інтенсивно, і при досягненні температури на 2 ºС нижчої за кріоскопічну вже близько половини води у продукті переходить у тверду фазу. Далі процес льодоутворення сповільнюється і останні частки води в продукті замерзають при температурі близько –196 ºС (77 К) [2].

Для розрахунку режимів холодильного оброблення та його тривалості потрібно знати вміст льоду у продукті. Його оцінюють за допомогою частки

вимороженої води ω — відношення маси вимороженої води (льоду) до загального вологовмісту продукту:

$$\omega = \frac{m_{\text{л}}}{m_{\text{в}}}. \quad (1)$$

Для визначення ω запропоновано декілька досить складних формул. Найпростішою з них є формула Г.Б. Чижова [3, 4]:

$$\omega = 1 - \frac{t_{\text{кр}}}{t_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

де $t_{\text{пр}}$ — температура продукту, ºС.

Але кріоскопічна температура часто невідома або недостатньо точна, формула (2) не враховує склад продукту, тому розбіжність між дослідними та розрахунковими даними може становити до 10 % [5].

За стандартною методикою [2] рекомендується визначати частку вимороженої води за формулою:

$$\omega = 1 - \frac{1}{\xi_{\text{вр}}} \cdot \frac{1-\alpha}{1+(\alpha-1)\dfrac{\ln(\gamma-77)}{\ln(\gamma-T_{\text{пр}})}}, \quad (3)$$

де $T_{\text{пр}}$ — абсолютна температура продукту, К; α, γ — коефіцієнти, що залежать від виду продукту (табл. 1): $\xi_{\text{вр}}$ — фактична масова частка води у продукті:

$$\xi_{\text{вр}} = \frac{\xi_{\text{в}}}{1-\xi_{\text{ж}}}, \quad (4)$$

де $\xi_{\text{в}}$, $\xi_{\text{ж}}$ — масові частки води та жиру у продукті.

Таблиця 1. **Коефіцієнти у формулі (3)**

Продукт	Значення коефіцієнтів*	
	α	γ , К
Свинина	1,10	$T_{\text{кр}}$ + 1,14
Яловичина	1,10	$T_{\text{кр}}$ + 1,13
Підшлункова залоза ВРХ	1,20	$T_{\text{кр}}$ + 1,25
Печінка яловича	1,20	$T_{\text{кр}}$ + 1,205
Сир кисломолочний	1,10	$T_{\text{кр}}$ + 1,08

*$T_{\text{кр}}$ — кріоскопічна температура продукту, К

Стандартна методика враховує склад продукту, дає змогу визначати частку вимороженої води в діапазоні 77...273 К, проте більш складна для використання.

Мета дослідження. Отримати зручну для практичного використання і водночас достатньо точну формулу для визначення вмісту вимороженої води у продукції м’ясо-молочної промисловості.

Виклад основних результатів дослідження. Для зберігання заморожених харчових продуктів найчастіше використовується інтервал температур

–10...–30 ºС (243...263 К). У цьому інтервалі з коефіцієнтом кореляції близько одиниці частку вимороженої води можна визначити за простою формулою:

$$\omega = \left(a - \frac{b}{t_{\text{пр}}} \right)^{-1} . \qquad (5)$$

До формули (5) входить лише температура продукту, що наближено дорівнює температурі повітря у камері зберігання. Коефіцієнти a, b беруться для конкретного виду продукту. Вони визначені на підставі узагальнення табличних даних [2]. Наприклад, для яловичини першої категорії (продукт I): $a = 1{,}021$, $b = 1{,}340$, тоді:

$$\omega = \left(1{,}021 - \frac{1{,}340}{t_{\text{пр}}} \right)^{-1} . \qquad (6)$$

Значення ω, отримані за формулою (6), корелюють з даними [2].

Таблиця 2. **Кореляція розрахункових і табличних даних**

Температура, ºС	Частка вимороженої води		Розбіжність, %
	за формулою (6)	за даними [2]	
-12	0,8829	0,884	-0,12
-18	0,9129	0,913	-0,01
-24	0,9286	0,928	0,06

Для порівняння на рис. 1-5 наведені значення частки вимороженої води для різних м'ясних і молочних продуктів, розраховані за формулами (2), (3), (5) та взяті з [2].

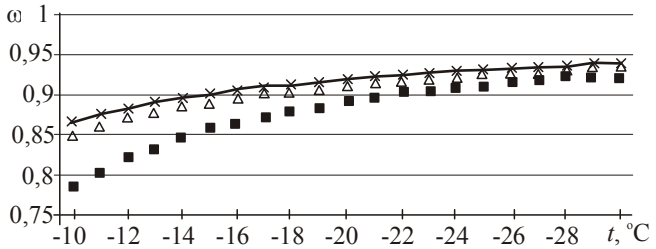

Рис. 1. Залежність частки вимороженої води від температури для яловичини 1-ї категорії: ■ — формула (2); Δ — формула (3); ▬ — формула (5); × — дані [2]

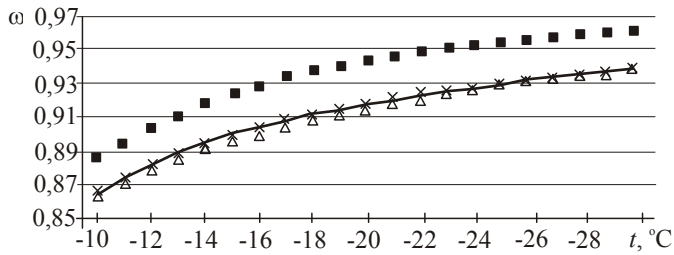

Рис. 2. Залежність частки вимороженої води від температури для свинини м'ясної: ■ — формула (2); Δ — формула (3); ▬ — формула (5); × — дані [2]

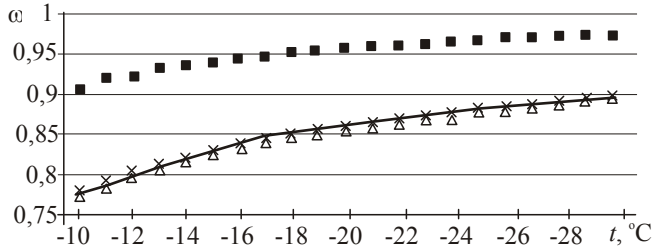

Рис. 3. Залежність частки вимороженої води від температури для підшлункової залози яловичої: ■ — формула (2); Δ — формула (3); ▬ — формула (5); × — дані [2]

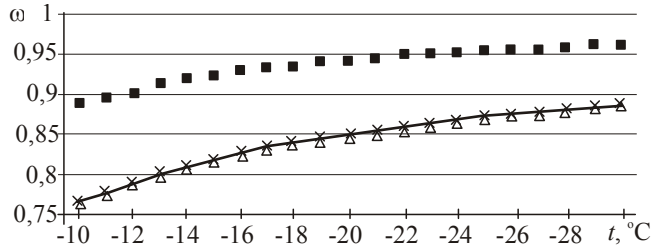

Рис. 4. Залежність частки вимороженої води від температури для печінки яловичої: ■ — формула (2); Δ — формула (3); ▬ — формула (5); × — дані [2]

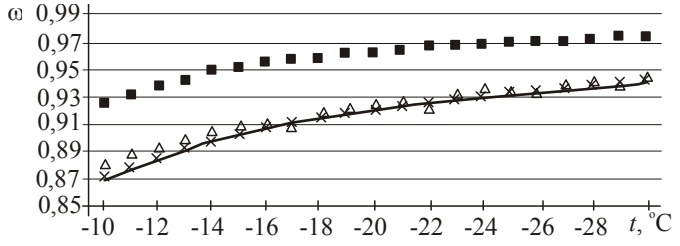

Рис. 5. Залежність частки вимороженої води від температури для сиру кисломолочного жирного: ■ — формула (2);, Δ — формула (3); ▬ — формула (5); × — дані [2]

Найчастіше морожені продукти зберігають при температурі –18 ºС, тому у табл. 3 наведені визначені авторами коефіцієнти *a* та *b* у формулі (5) для м'ясних і молочних продуктів саме при цій температурі.

Таблиця 3. **Коефіцієнти *a* та *b* у формулі (5) для м'ясних і молочних продуктів при температурі –18 ºС**

Продукт	Значення коефіцієнтів		Частка вимороженої води		Розбіжність, %
	a	*b*	формула (3)	дані [2]	
1	2	3	4	5	6
Яловичина 1-ї категорії	1,021	1,340	0,9129	0,913	-0,01
Яловичина 2-ї категорії	1,021	1,385	0,9108	0,910	0,09
Свинина м'ясна	1,022	1,364	0,9109	0,910	0,10
Свинина жирна	1,021	1,426	0,9089	0,908	0,10
Печінка яловича	1,039	2,700	0,8410	0,84	0,12
Підшлункова залоза ВРХ	1,039	2,503	0,8489	0,848	0,11
Сир кисломолочний: жирний	1,022	1,305	0,9137	0,913	0,08

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6
напівжирний	1,021	1,300	0,9147	0,914	0,08
нежирний	1,022	1,280	0,9148	0,914	0,09
дієтичний	1,021	1,171	0,9208	0,920	0,09

Висновки

У результаті проведеного дослідження запропоновано просту і водночас досить точну формулу для оцінювання частки вимороженої води у продуктах на основі лише температури продукту в інтервалі температур –10…–30 ºС. Визначено коефіцієнти формули для кількох видів м'ясних і молочних продуктів.

Література

1. *Масліков М.М.* Холодильна технологія харчових продуктів. Навч. посіб. / М.М. Масліков. — К.: НУХТ, 2007. — 335 с.

2. *Изобарная* удельная теплоемкость, энтальпия и доля вымороженной воды пищевых продуктов. — М.: Издательство стандартов, 1989. — 92 с.

3. *Чижов Г.Б.* Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов / Г.Б. Чижов. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 272 с.

4. *Цуранов О.А., Крысин А.Г.* Холодильная техника и технология. — СПб.: Лидер, 2004. — 448 с.

5. *Примеры* и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов. Ч. 3. Теплофизические основы / А.В. Бараненко, В.Е. Куцакова, Е.И. Борзенко, С.В. Фролов. — М.: Колос-С, 2004. — 249 с.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ВЫМОРОЖЕННОЙ ВОДЫ В ПРОДУКЦИИ МЯСО-МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.Е. Синат-Радченко, М.М. Масликов, М.А. Масликов
Национальный университет пищевых технологий

На основе обработки наиболее достоверных экспериментальных данных в статье предложена простая, но достаточно точная формула для оценки содержания вымороженной воды в продукте только по температуре продукта. Наведены примеры определения ω для нескольких видов мясопродуктов и творога.

Ключевые слова: *мясо, сыр, температура, замораживание, доля вымороженной воды.*