

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТРИВАЛОСТІ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ З НЕОДНОРІДНОЮ БАГАТОШАРОВОЮ СТРУКТУРОЮ

Ширкєєва Т.Є., гр. ХМ-25М

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. О.В. Петренко
Харківський державний університет харчування та торгівлі

Вирішення завдань щодо визначення тривалості процесів заморожування є одним з найбільш складних у теплофізиці. Звичайно таке завдання називають завданням про теплопровідність у системах з рухливими границями поділу між отверділою та рідкою фазами, які переміщуються від периферії в глиб тіла.

На сьогодні для визначення часу заморожування продуктів використовують фундаментальну формулу Планка, яка рекомендована Міжнародним інститутом холоду. У випадках коли тіло є неоднорідною багат шаровою структурою (пельмені, млинці, плоди з товстою шкіркою), визначення часу заморожування за фундаментальною формулою Планка є складним завданням.

Для визначення часу подморожування шару певної товщини можна скористатися модифікованою формулою Планка, враховуючи наступні допущення: 1. У замороженій частині теплоємність продукту дорівнює нулю. 2. Льодоутворення в продукті відбувається при постійній температурі (кріоскопічній). 3. Теплофізичні властивості замороженої частини не залежать від температури. 4. Перед початком заморожування тіло охолоджене до кріоскопічної температури. 5. Температура охолоджуючого середовища та коефіцієнт тепловіддачі постійні протягом усього процесу.

$$\tau(\Delta) = \frac{\hat{O} \cdot R^2 \cdot \rho \cdot q \cdot \omega}{\lambda \cdot (t_{\text{д}\hat{O}} - t_{\text{к}\hat{O}})} \cdot \left[\left(\frac{1}{\hat{A}^3} + \frac{\hat{O}}{2 \cdot \hat{O} - 1} \right) \left(1 - \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)^{\frac{1}{\hat{O}}} \right) - \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)^2}{2 \cdot (2 \cdot \hat{O} - 1)} \right],$$

де Δ – товщина шару, що підморожується, м; Φ – коефіцієнт форми продукту; R – характерний розмір продукту, м; ρ – густина продукту, кг/м³; $q = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг – питома теплота кристалізації води; ω – вологовміст води в тілі, кг вологи/кг; λ_3 – теплопровідність замороженої частини продукту, Вт/(м·К); $t_{кр}$ – кріоскопічна температура продукту, °С; $t_{хл}$ – температура холодоносія, що оточує продукт, °С; Bi – число Біо.