

**Л.Г. Мартиненко**, канд. техн. наук, доц. (ХТЕІ КНТЕУ, Харків)

**К.В. Карпенко**, канд. с.-г. наук, доц. (ХТЕІ КНТЕУ, Харків)

**Т.В. Клусович**, студ. (ХТЕІ КНТЕУ, Харків)

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ ПІД ЧАС ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ**

У процесі термічної обробки харчового продукту, за рахунок енергії теплового руху атомів і молекул, у його структурі відбуваються перетворення, порушується певна кількість зв'язків між окремими ланками білкових молекул.

Зміну відносної кількості структурних зв'язків упродовж часу термічної обробки  $t$  (за цей час харчовий продукт досягає кулінарної готовності), можна обчислити за допомогою наступного виразу:

$$\frac{n}{n_0} = \exp \left[ -\kappa \cdot \int_0^t \exp(-U_1 / (R_{\Gamma} \cdot T(r, \tau))) \cdot d\tau \right], \quad (1)$$

де  $n_0$  – концентрація зв'язків до початку термічної обробки,  $\text{м}^{-3}$ ;  $n$  – концентрація зв'язків, після обробки протягом часу  $t$ ;  $\kappa$  – коефіцієнт пропорційності,  $\text{с}^{-1}$ ;  $U_1$  – енергія активації структурних зв'язків, Дж/моль;  $T(r, \tau)$  – температурне поле харчового продукту, К;  $R_{\Gamma}$  – універсальна газова постійна, Дж/(моль·К);

Температурне поле харчового продукту, який має геометричну форму кулі можна представити у наступному вигляді:

$$T(r, \tau) = 273 + T_k + 2 \cdot (T_k - T_0) \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\sin\left(\frac{n\pi r}{R}\right)}{r} \cdot \frac{R}{n\pi} \exp\left\{-a \cdot \left(\frac{n\pi}{R}\right)^2 \tau\right\}, \quad (2)$$

де  $T_k$  – температура нагрітого середовища, °С;  $T_0$  – початкова температура харчового продукту, °С;  $r$  – просторова координата, м;  $R$  – радіус харчового продукту, м;  $a$  – коефіцієнт температуропровідності харчового продукту,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

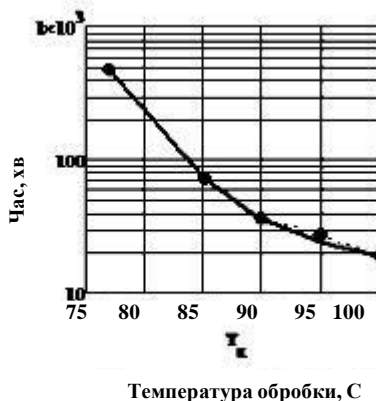
Рівняння для визначення енергії активації  $U_1$  структурних змін у харчовому продукті має наступний вигляд:

$$\int_0^{t_1} \exp\left\{-\frac{U_1}{R_{\Gamma} \cdot T_1(r, \tau)}\right\} \cdot d\tau = \int_0^{t_2} \exp\left\{-\frac{U_1}{R_{\Gamma} \cdot T_2(r, \tau)}\right\} \cdot d\tau, \quad (3)$$

де  $t_1, t_2$  – час протягом якого центральні частини харчового продукту досягають кулінарної готовності при обробці в середовищу, що має температуру  $T_{k1}, T_{k2}$  відповідно.

Для визначення енергії активації структурних перетворень в картоплі використовуємо відомі дослідні результати. Очищена картопля, покладена у воду з температурою  $T_{ki}=100, 95, 90, 85, (77-80)^\circ\text{C}$ , набуває кулінарної готовності протягом часу  $t_i=19, 27, 36, 73$  хв, 8 годин.

Результати дослідження інтегрального рівняння (3) в системі MathCad 14 наведені на рис. суцільною кривою.



**Рисунок – Залежність часу, протягом якого картопля досягає стану кулінарної готовності від температури обробки:  
●●● – дослід; — — — — теоретичні розрахунки**

Теоретичні розрахунки залежності часу протягом якого картопля досягає стану кулінарної готовності від температури обробки співпадають з дослідними, якщо енергія активації в рівнянні (3) дорівнює 256 кДж/моль.

Використання в рівнянні (3) п'яти значень для часу  $t_i$  та температури  $T_{ki}$  дозволяє оцінити енергію активації зв'язків між ланками молекул, що розриваються при нагріванні картоплі, та достовірність її визначення у наступному вигляді:

$$U_1 = (256 \pm 16) \text{ кДж/моль}, P=95\%. \quad (4)$$

Результати досліджень можуть бути використані розробниками новітніх технологій створення продуктів харчування із заданими властивостями.