

**М.В. Артамонова**, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)  
**Н.В. Шмагченко**, канд. техн. наук, ст. викл. (ХДУХТ, Харків)  
**Д.О. Горяник**, канд. фіз.-мат. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)  
**О.Ф. Аксьонова**, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ЗА ДАНИМИ ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

Термогравіметричний аналіз є сучасним методом фізико-хімічного аналізу, який дозволяє встановити процеси зі зміною ентальпії, що відбуваються у досліджуваному зразку під час нагрівання чи охолодження, та визначити їх основні характеристики. До таких процесів відносяться – плавлення, випарювання, розкладання, окислення, відновлення та інше. В останні роки збільшилась кількість робіт присвячених дослідженню харчових продуктів методом термічного аналізу, оскільки він дає змогу проаналізувати стан вологи у харчовому продукті, тобто визначити співвідношення між зв'язаною та вільною водою. Цей параметр безпосередньо впливає на харчову безпеку продукту та його термін зберігання. Стан вологи можна визначити за енергією активації, яка розраховується за даними термогравіметричного аналізу під час нагрівання зразка зі сталою швидкістю та безперервною втратою маси.

Одним із методів знаходження енергії активації є метод Фрімена-Керолла, який полягає в сумісному розв'язанні формального кінетичного рівняння

$$-\frac{dW}{dt} = kW^n$$

та рівняння Арреніуса

$$k = Ae^{-E/RT},$$

де  $W$  – маса зразку,  $k$  – константа швидкості реакції,  $n$  – порядок реакції,  $A$  – предекспоненціальний множник,  $E$  – енергія активації,  $R$  – універсальна газова стала,  $T$  – температура.

Після лінеаризації отримуємо рівняння

$$\Delta \ln(R_T) = n \Delta \ln(W) - \frac{E}{R} \Delta \frac{1}{T},$$

де  $R_T = -Dw / dT$  – швидкість втрати маси зразка.

Таким чином, маємо рівняння прямої лінії

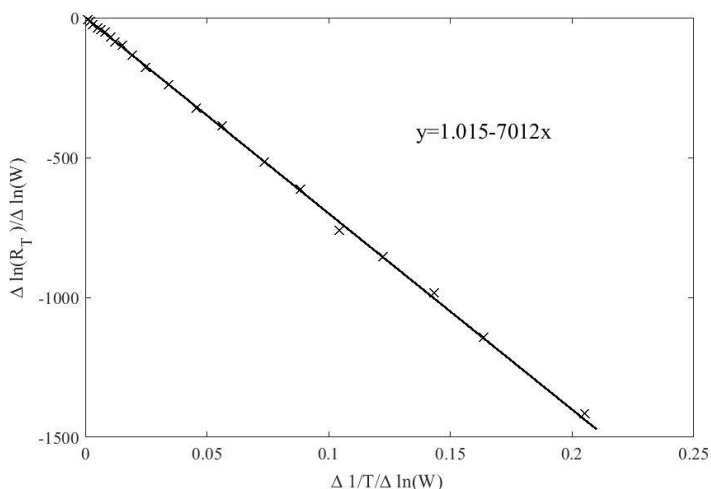
$$y=kx+n,$$

де

$$x = \frac{\Delta 1/T}{\Delta \ln(W)}, \quad y = \frac{\Delta \ln(R_T)}{\Delta \ln(W)}, \quad k = -\frac{E}{R}.$$

Таким чином, енергія активації знаходиться як тангенс нахилу прямої, взятий з протилежним знаком, помножений на універсальну газову сталу.

На рисунку приведено результати обробки даних термогравіметричного аналізу мармеладу желеино-фруктового на пектині з додаванням плодово-овочевих криопаст з айви та гарбуза.



На графіку зображені вихідні дані та пряма лінія регресії отримана за методом найменших квадратів. Тангенс кута нахилу прямої дорівнює  $-7012$ . Отже енергія активації для розробленого зразку мармеладу з криопастами з айви та гарбуза буде дорівнювати:  $7012 * 8,3145 = 58,3$  кДж/моль.