

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ТЕПЛОНОСІЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ СУШІННЯ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ КОЛОЇДНИХ ТІЛ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація.** Експериментально досліджено вплив швидкості теплоносія в конвективній сушарці на інтенсивність сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл. Побудовано кінетичні залежності інтенсивності сушіння для різних швидкостей теплоносія з часом.

**Ключові слова:** сушарки, конвективне сушіння, інтенсивність сушіння, кінетика сушіння, теплоносії

**Abstract.** The effect of coolant velocity in convection dryer on the intensity of drying of capillary-porous colloidal bodies was experimentally investigated. The kinetic dependences of the drying intensity for different rates of heat carrier over time have been constructed.

**Keywords:** dryers, convective drying, drying intensity, kinetics of drying, coolant

### Вступ

Сушіння часто є кінцевим етапом технологічного процесу виготовлення багатьох харчових продуктів, в тому числі і сушні з груш, які є капілярно-пористими колоїдними тілами. На відміну від традиційно застосовуваного в технології виробництва сушених груш копчення, використання саме сушіння передбачає отримання продукту, близького за своїми характеристиками до дієтичного. В процесі сушіння відбувається формування остаточних органолептичних (колір, смак, аромат, консистенція), фізико-хімічних (вмісту вологи, цукрів, вітамінів тощо), біохімічних (активних ферментів) і токсикологічних показників.

Тому визначення оптимальних режимів даної технологічної операції важливим науковим і практичним завданням.

Відмінною особливістю груш є підвищений вміст в них вуглеводів, концентрація яких в клітинному соку по мірі видалення вологи підвищується, що уповільнює подальший процес сушіння. Поряд з високою концентрацією цукрів, наявність в сировині амінокислот зумовлює необхідність використання невисоких температурних режимів сушіння, через протікання процесів утворення меланоїдину і карамелізації [1].

### Результати дослідження

Принципи управління технологічною операцією сушіння базуються на фізико - хімічних властивостях компонентів матеріалу. Використання високотемпературної сушки ускладнюється тенденцією таких компонентів до розпадання за підвищених температур. Це основний фактор, який обмежує можливість інтенсифікації процесу за рахунок підвищення температури і викликає необхідність пошуку інших способів сушіння.

У загальному вигляді рівняння переносу маси при сушінні може бути записане так [2]

$$I_m = -a_m \rho_0 \frac{\partial u}{\partial x} - \delta a_m \rho_0 \frac{\partial t}{\partial x} - a_p \rho_0 \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (1)$$

де  $I_m$  – кількість рідини, що перемістилася всередині тіла в одиницю часу через одиницю поверхні, названа густиною потоку рідини чи маси,  $кг/(м^2 \cdot год)$ ;

$a_m$  – коефіцієнт потенціалопровідності,  $м^2/год$ ;

$u$  – концентрація вологи,  $кг/кг$ ;

$x$  – координата, м;  
 $\rho_0$  – густина абсолютно сухого матеріалу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  
 $\delta$  – термоградієнтний коефіцієнт,  $1/\text{K}$ ;  
 $a_p$  – коефіцієнт фільтраційного переносу,  $\text{м}^2/\text{год}$ ;  
 $\partial u/\partial x$ ,  $\partial t/\partial x$  і  $\partial p/\partial x$  – часткові похідні, пропорційні градієнтам вологості, температури і тиску ( $\nabla U$ ,  $\nabla t$ , і  $\nabla p$ ) що виникають у матеріалі при сушінні.

Однак, на інтенсивність процесу сушіння впливають і інші фактори, такі як швидкість теплоносія, дисперсність сировини тощо. Вплив цих факторів менший за вплив потенціалів сушіння, але їх розумне використання може суттєво впливати на швидкість сушіння, особливо термолабільної сировини.

Відома емпірична формула [2], за якою можна розрахувати інтенсивність сушіння в залежності від швидкості теплоносія

$$I = 5,7 \omega^{0,8} (P_n - P_c), \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}), \quad (2)$$

де  $\omega$  – швидкість повітря,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$P_n$  і  $P_c$  – парціальні тиски водяної пари, відповідно над сировиною і в середовищі, куди йде випаровування,  $\text{Па}$ .

Однак, дану формулу можна використовувати тільки на ділянці адіабатного випаровування, тобто, коли на поверхні сировини є вільна волога.

Тому для подальшого покращення тепловологісних режимів сушіння є доцільним експериментально дослідити вплив швидкості теплоносія на процес сушіння сільськогосподарської сировини, яка переважно є капілярно-пористими колоїдними тілами.

Дослідна установка і детальна методика проведення експериментів описані в [3,4]. В якості сировини було вибрано груші сорту "Лимонка", які є традиційною сировиною для виробництва сухофруктів.

Експерименти виконувались за швидкості теплоносія над сировиною  $3 \text{ м}/\text{с}$ ,  $4 \text{ м}/\text{с}$  і  $5 \text{ м}/\text{с}$ .

Результати досліджень представлені на рис. 1.

З поданих графіків видно, що інтенсивність сушіння зі збільшенням швидкості теплоносія зростає і сягає максимуму через 2 години після початку сушіння, коли закінчується період прогріву сировини.

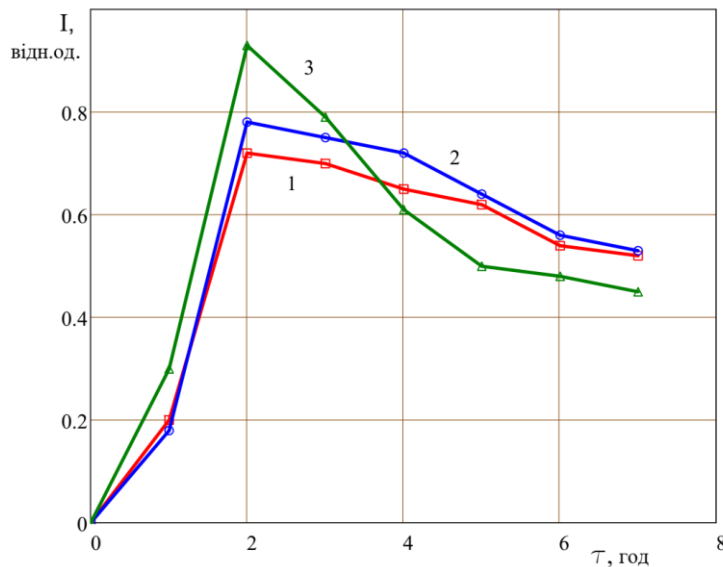


Рис.1 Вплив швидкості теплоносія на інтенсивність сушіння груш  
 1 –  $\omega = 3 \text{ м}/\text{с}$ ; 2 –  $\omega = 4 \text{ м}/\text{с}$ ; 3 –  $\omega = 5 \text{ м}/\text{с}$ .

Максимальна середня інтенсивність сушіння на протязі всього часу сушіння спостерігається за швидкості  $4 \text{ м}/\text{с}$ . Подальше збільшення швидкості призводить до зменшення середньої інтенсивності,

що можна пояснити недостатньою швидкістю масопереносу вологи в самому матеріалі і "обсиханням" поверхні, внаслідок чого умови випаровування починають відрізнятися від адіабатних.

### **Висновки**

Варіацією швидкості руху теплоносія в конвективній сушарці можна впливати на інтенсивність сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл без підвищення температури теплоносія.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 432 с.
2. Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки / С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак. – Вінниця,: ВНТУ. 2008.– 98с.
3. Співак О. Ю. Установка для дослідження кінетики сушіння сировини / О. Ю. Співак, В. І. Музичук, К. О. Іщенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – №2. – С. 88–90.
4. Співак О. Ю. Дослідження кінетики процесів сушіння сільськогосподарської сировини в побутових сушарках / О. Ю. Співак, М. О. Кучинський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – №1. – С. 85–89.

*Співак Олександр Юрійович* – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, eMail spivak000@gmail.com.

*Spivak Olexandr Y.* – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.