

В.І. Маяк, д-р техн. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)
О.А. Маяк, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)
А.М. Сардаров (ХДУХТ, Харків)

ВПЛИВ ВІБРАЦІЇ НА ВАКУУМНЕ СУШІННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

В даний час процес вакуумного сушіння широко використовується в харчовій промисловості. У свою чергу відомий вплив вібрації на інтенсифікацію багатьох технологічних процесів. Таким чином, становить інтерес дослідження кінетики вакуумного сушіння рослинної сировини в умовах впливу вібраційного поля. Для цієї мети була створена експериментальна установка: вакуум-апарат із оболонкою, що гріє, усередині якого підвішувалася на тросику сталева сітка з розміщеними в неї зразками плодоовочевої сировини. Тросик приєднувався до генератора вібрацій, що був виконаний у вигляді циліндра на опорних пружинах, усередині якого обертався валик з дисбалансами. У процесі вакуумного сушіння періодично на короткий час тросик із сіткою приєднувався до вагового пристрою для виміру ваги зразків, що змінюється. Для описання кінетики вакуумного сушіння використаної харчової сировини було обрано емпіричне рівняння (1), що добре описує криві сушіння s-образного типу.

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = \exp\left[-(k\tau)^n\right], \quad (1)$$

де W – вологовміст, кг/кг; W_p – рівноважний вологовміст, кг/кг; W_0 – початковий вологовміст; k – розмірний кінетичний коефіцієнт, с^{-1} ; n – безрозмірний кінетичний коефіцієнт.

Кінетичні коефіцієнти k , n пов'язані з масообмінними характеристиками – ефективним коефіцієнтом дифузії вологи і масообмінним коефіцієнтом Кирпичева.

$$k = \frac{a_{mэ}}{R_v^2}, \quad (2)$$

$$n = A + B \cdot \text{Ки}_m = A + B \frac{j_m l}{\rho_0 W_0 a_{mэ}}, \quad (3)$$

де $a_{mэ}$ – середній ефективний коефіцієнт дифузії вологи за весь період

сушіння, $\text{м}^2/\text{с}$; $R_v = V/F$ - характерний розмір тіла, м ; V - обсяг тіла, м^3 ; F - площа поверхні тіла, м^2 ; A, B - емпіричні постійні, Кі_m - масообмінний критерій Кирпичева; $a_{mэ}$ - густина потоку маси з поверхні тіла, $\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$; l - характерний гідродинамічний розмір тіла, м ; ρ_0 - маса сухої речовини в обсязі тіла, $\text{кг}/\text{м}^3$;

У результаті регресійного аналізу з використанням рівнянь (1-3) і критеріального рівняння М.А. Верби, одержали рівняння тривалості вібро-вакуумного сушіння τ .

$$\tau = K_e \frac{R_v^2}{a_{mэ}} \left[\ln \left(\frac{W_0}{W_k} \right) \right] \left(1,156 + 2,273 \cdot 10^{-6} \frac{\rho v}{\rho_0 W_0 a_{mэ}} \cdot \frac{p_M - p}{p_M} \right)^{-1} \quad (4)$$

$$K_e = \frac{\tau_1}{\tau} \quad (5)$$

де τ – тривалість вакуумного сушіння без використання вібрації, с ; τ_1 – тривалість вакуумного сушіння з застосуванням вібрації, с ; W_k – кінцевий вологовміст, $\text{кг}/\text{кг}$; коефіцієнт K_e – коефіцієнт енергозберігаючої ефективності вібрації; ρ - густина води, $\text{кг}/\text{м}^3$; v - кінематична в'язкість повітря, $\text{м}^2/\text{з}$; p – тиск пари над поверхнею тіла, що зневоднюється, Па ; P - тиск у вакуумному апараті, Па .

K_e характеризує відношення тривалості сушіння без використання вібрації до тривалості сушіння з застосуванням вібрації.

Для визначення K_e у залежності від амплітуди коливань δ і частоти коливань ν були проведені експерименти по вібро-вакуумному сушінню рослинної сировини. У результати експериментів були знайдені оптимальні значення амплітуди коливань $\delta=0,8$ мм. і частоти коливання $\nu = 40$ Гц. При цих параметрах коефіцієнт енергозберігаючої ефективності вібрації $K_e = 0,75$ і економія енерговитрат досягає 25%.

У такий спосіб експерименти показали, що застосування вібрації скорочує тривалість процесу сушіння на 30%, а отримані рівняння дозволяють розрахувати тривалість вібро-вакуумного сушіння рослинної сировини, необхідну при визначення енерговитрат процесу.