

**КІНЕТИКА СУШІННЯ КІСТОЧКОВИХ ПЛОДІВ В КОНВЕКТИВНИХ СУШАРКАХ**

О. Ю. Співак, В. К. Павлюк

**DRYING KINETICS STONE FRUIT IN CONVECTIVE DRYERS**

O. Spivak, V. Pawluk

*Досліджувалась кінетика сушіння кісточкових плодів в камерних конвективних сушарках. Як сировину, використали вишні сорту Любська з початковою вологістю  $W_0 = 90\%$ ; сливи сорту Угорка італійська з початковою вологістю  $W_0 = 82\%$ ; черешні пізніх сортів ( $W_0 = 86\%$ ); дику аличу ( $W_0 = 85\%$ ). Результати сушіння порівнювали з літературними даними сушіння абрикос в промисловій сушарці ПКС-45. Встановлено залежності швидкості сушіння кісточкової плодової сировини та зміна абсолютної вологості сировини в процесі сушіння. На підставі експериментальних даних отримано часові залежності відносної швидкості сушіння кісточкової плодової сировини в камерних сушарках та апроксимаційну залежність зміни абсолютної вологості кісточкової сировини в процесі сушіння.*

*Исследовалась кинетика сушки косточковых плодов в камерных конвективных сушилках. В качестве сырья использовали вишни сорта Любская с начальной влажностью  $W_0 = 90\%$ ; сливы сорта Венгерка итальянская с начальной влажностью  $W_0 = 82\%$ ; черешни поздних сортов ( $W_0 = 86\%$ ); дику алычу ( $W_0 = 85\%$ ). Результаты сушки сравнивали с литературными данными сушки абрикос в промышленной сушилке ПКС-45. Установлены зависимости скорости сушки косточкового плодового сырья и изменение абсолютной влажности сырья в процессе сушки. На основании экспериментальных данных получены временные зависимости относительной скорости сушки косточкового плодового сырья в камерных сушилках и аппроксимационные зависимости изменения абсолютной влажности косточкового сырья в процессе сушки.*

*Drying kinetics of stone fruit in the chamber of the convective dryers a investigated. Raw materials used cherry varieties Lyubskiy with initial moisture  $W_0 = 90\%$ ; Italian plum varieties with  $W_0 =$  initial humidity 82 % cherries late varieties ( $W_0 = 86\%$ ); wild plum ( $W_0 = 85\%$ ). The results of drying compared with published data of drying apricots in the industrial dryer PKS-45. Depending on the drying rate of bone-O raw material change in the absolute humidity in the drying process were obtained. On the basis of experimental data, depending on the relative velocity of the drying of raw stone chamber dryers and approximation depending modifying the absolute humidity of the core material in the drying process were obtained by.*

**Вступ. Постановка проблеми**

Сушіння – найефективніший, перевірений тисячоліттями спосіб концентрування і тривалого зберігання усіх поживних та лікувальних властивостей фруктів, ягід, овочів, пряних та лікарських рослин. Проте і сьогодні багато хто запитує: навіщо споживати сушені фрукти та ягоди, а тим більше овочі? Адже торгівля практично круглий рік пропонує свіжі яблука і груші, цитрусові та банани, більшість овочів, різноманітні фруктові та овочеві консерви, швидкозаморожені ягоди, соки тощо. Це безумовно добре, що у людей є широкий вибір для задоволення своїх потреб і уподобань. Але для населення країн з помірним та холодним кліматом забезпечення раціонального харчування, що збалансоване за вітамінами, мікроелементами, органічними кислотами та за іншими біологічно активними речовинами, завжди було і залишається досить гострою проблемою, особливо в весняно-зимову пору року [1].

Разом з тим, виробництво високоякісних сухопродуктів неможливе без попереднього дослідження властивостей сировини, оскільки вони мають велике різноманіття навіть в межах одного сорту: сировина, що виросла в гірській місцевості і та, що дозріла біля води, матиме різний вміст і набір сухих речовин, вітамінів та біологічно активних речовин, а, отже, для найкращого збереження всіх корисних властивостей і сушити її потрібно за іншими тепловологісними режимами.

### Формулювання мети досліджень

Метою даної роботи є експериментальне дослідження впливу тепловологісних режимів на швидкість сушіння і якість готової висушеної продукції.

### Основна частина

В роботі досліджувалась кінетика і динаміка сушіння різних видів плодовоовочевої сировини в сушарках малого класу від ТОВ "Компанія "Технопром-Продукт". Для цього на базі сушарки "С-1М" був виготовлений експериментальний стенд [2]. Як сировину використали вишні сорту Любська з початковою вологістю  $W_0 = 90\%$ ; сливи сорту Угорка італійська з початковою вологістю  $W_0 = 82\%$ ; черешні пізніх сортів ( $W_0 = 86\%$ ); дику аличу ( $W_0 = 85\%$ ). Результати сушіння порівнювали з літературними даними сушіння абрикос в промисловій сушарці ПКС-45.

Сушіння кісточкових плодів має свої особливості. Кісточкові найгірше з усіх видів плодовоовочевої сировини віддають вологу. Вологу від випаровування захищає досить товста шкірка, пори в якій закриті камеддю. Змивання камеді лужними розчинами невисокої концентрації, чи нанесення на поверхню шкірки сітки мікротріщин методом бланшування, призводять лише до короточасного підвищення випарної здатності – в подальшому ці пори та тріщини "запливуть" захисним шаром камеді. Підвищення ж температури призводить до руйнування шкірки і практично повного витікання плодового соку.

Результати експериментальних досліджень сушіння різних видів сировини та їх обробка показали, що кінетичні залежності зміни вологості і швидкості сушіння досить подібні. На рис.1 подані зведені залежності швидкості сушіння для всіх досліджуваних продуктів в нормованих координатах. Із даного рисунка випливає, що відносна швидкість випаровування вологи в зоні постійної швидкості сушіння для всіх продуктів в діапазоні похибок експериментів приблизно однакова. Розбіжність в зоні прогріву сировини пояснюється як відмінами геометричних розмірів і мас висушуваних частинок сировини, так і морфологічними структурами сировини.

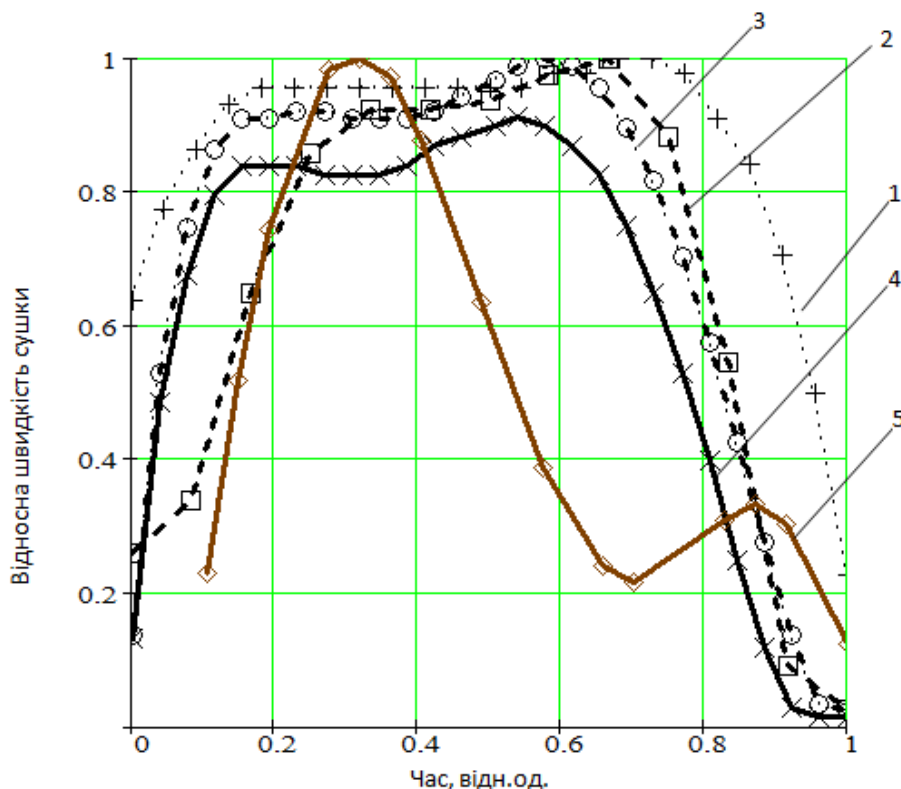


Рис. 1. Залежності відносної швидкості сушіння кісточкової плодової сировини в сушарках типу „С-1М”  
 1 – вишні (початкова вологість  $W_0 = 90\%$ ); 2 – сливи ( $W_0 = 82\%$ ); 3 – черешні ( $W_0 = 86\%$ );  
 4 – алича; 5 – абрикоси (урюк) за літературними даними [3]

Результати порівняння відносних абсолютних вологовмістів для всіх видів висушеної

сировини зведені на рис. 2. Наведені результати свідчать про те, що наші дослідні дані в межах похибки експерименту можна апроксимувати однією залежністю. Ця функціональна регресійна залежність, яка отримана за допомогою ПЕОМ в середовищі Mathcad, має вигляд:

$$W^*_c = -1,109 \cdot \tau^{0,798} + 1,081.$$

На цьому ж рисунку нанесені літературні експериментальні дані для абрикосів, які оброблені в запропонованих нами координатах.

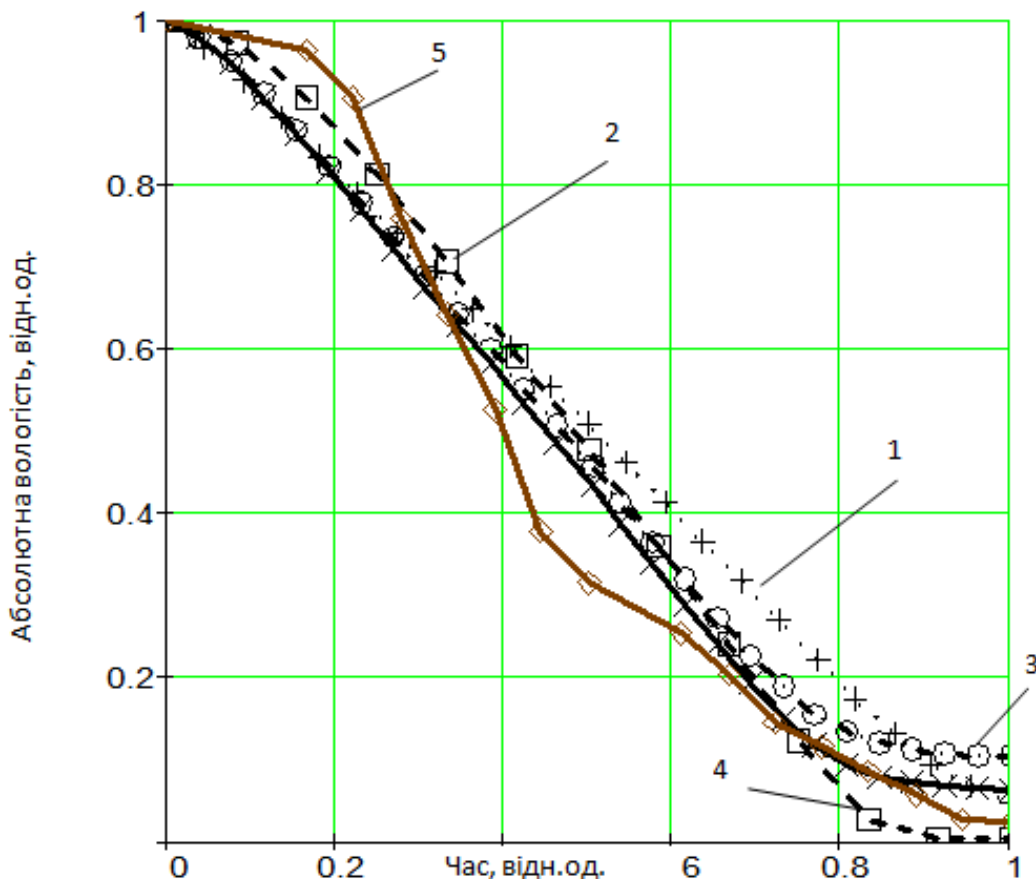


Рис. 2. Значення поточних абсолютних вологостей плодоовочевої сировини в сушарках типу „С-1М”

1 – вишні (початкова вологість  $W_0 = 90\%$ ); 2 – сливи ( $W_0 = 82\%$ ); 3 – черешні ( $W_0 = 86\%$ );  
4 – алича; 5 – абрикоси (урюк) за літературними даними [3]

З рис. 2 видно, що сушіння абрикосів в сушарці ПКС-45 (за літературними даними), відбувається більш нерівномірно і для отримання високої якості готового продукту з рівномірною вологістю за об'ємом в такій сушарці, необхідно здійснювати багаторазове перемішування сировини вручну. Крім того, нерівномірність процесу сушіння призводить до ускладнення вибору технологічного графіка і режиму сушіння.

Рециркуляція частки відпрацьованого теплоносія дозволяє створити такі тепловологісні параметри теплоносія в сушарці, які дозволяють максимально довго витримувати режим адиабатного випаровування від сировини – на поверхні плоду завжди є вільна волога, тобто швидкість випаровування і швидкість дифузії вологи на поверхню матеріалу з глибинних шарів є практично однаковою. Такий режим дозволяє максимально рівномірно видаляти вологу і запобігати утворенню вологонепроникної кірки на поверхні плодів, що сушаться в сушарці.

### Висновки

- Наявність кривих сушіння дозволяє спростити розрахунки технологічних режимів сушки різних видів сировини в сушарках ідентичного типу, а також прогнозувати найбільш ефективні режими технологічного графіка сушки.
- Залежності на підставі експериментальних даних про зміну вологості матеріалу на суху масу  $WC = f(\tau)$  і швидкості сушіння  $N = f_1(\tau)$  дають основу для визначення характеристик кінетики процесів сушіння та правильного підбору тепловологісних режимів сушіння.
- Результати експериментальних досліджень сушіння різних видів сировини за різними технологічними схемами організації руху теплоносія в сушарці та їх обробка показали, що для сушарок малого класу найбільш перспективною є схема руху теплоносія з рециркуляцією. Вона дозволяє активно і просто управляти тепловологісним режимом сушіння, збільшуючи ділянку адіабатного випаровування на кривій сушіння, що, в свою чергу, зменшує час сушіння і підвищує товарну якість готового продукту, а отже і його ринкову вартість.

### Використана література

1. Абдулхаликов З. А. Разработка и интенсификация процесса сублимационной сушки растительного сырья для получения диетических продуктов : автореф. дисс. на соискание учёной степени канд. техн. наук : спец. 05.18.12 – "Процессы а аппараты пищевых производств" / Абдулхаликов Заурбек Абдулвагидович; Дагестанский государственный технический университет. – Махачкала, 2011. – 20 с.
2. 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. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 2012. – № 1. – С. 85-89.
3. Хусаинов У. М. Сушка плодов и винограда / У. М. Хусаинов. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 41 с.
4. Справочник мастера сушильного производства / Б. В. Зозулевич, Л. А. Кабанов, В. Г. Поповский, А. А. Силич. – М.: Агропромиздат, 1985. – 175 с.

**Співак Олександр Юрійович** – к.т.н., ст. викладач кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

**Павлюк Владислав Костянтинович** – студент Вінницького національного технічного університету.