

## СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КОНВЕКТИВНІ СУШАРКИ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Подано огляд сучасних комбінованих методів сушіння різноманітної, в тому числі і сільськогосподарської сировини. Розглянуто ефективні методи енергопідводу теплоти до сировини, що сушиться та способи підвищення інтенсивності сушіння зі збереженням якості готового продукту і його властивостей, зокрема біологічно активних речовин в овочах та фруктах.*

**Ключові слова:** конвективне сушіння, рушійні сили сушіння, енергоефективність сушарок.

### *Abstract*

*Review of modern methods of drying a variety of combinations, including agricultural products. We consider effective methods of supplying heat to the material, which is dried and ways to improve the drying intensity while maintaining quality of the finished product and its properties, including bioactive compounds in fruits and vegetables.*

**Keywords:** convective drying, drying drivers, energy efficiency dryers.

### Вступ

Способів зберігання продуктів та консервування їх поживних властивостей людство, за свою багатовікову історію, створило чимало: теплова обробка продуктів (високими температурами чи холодом), створення контрольованої атмосфери в овочесховищах чи вакуумування, насичення продуктів консервантами (сіллю, цукром, продуктами згоряння органічного палива, штучними хімічними сполуками тощо), бродіння, зневоднення та інші. Технології, що ґрунтуються на цих способах та їх комбінаціях, дозволяють зберегти основну частину вирощеного врожаю та забезпечити населення рослинними продуктами харчування у міжсезоння [1]. Однак, в процесі зберігання та переробки рослинних продуктів втрачається властивий їм природний набір біологічно активних речовин і, в першу чергу, вітамінів. Кисень, світло, іони перехідних металів, підвищені температури, хімічні сполуки консервантів та інші руйнівні чинники запускають і каталізують деструктивні процеси, результатом яких є утворення менш корисних (а нерідко і шкідливих) сполук. Тож не всі способи консервації є однаково корисними.

Метою роботи є огляд і вибір найбільш перспективних комбінованих методів сушіння різноманітної сировини шляхом опрацювання теоретичного матеріалу.

### Результати дослідження

Дійсно ефективним способом збереження природної гами вітамінів у плодах є сушіння [2]. Однак, це справедливо тільки тоді, коли сухофрукти вироблені з дотриманням усіх норм і правил і за оптимальними тепловологісними режимами. Для вибору та призначення таких тепловологісних режимів необхідні знання про кінетику процесу сушіння тієї чи іншої сировини, отримані як на підставі теорії, так і експериментальним шляхом.

Теплове сушіння часто є кінцевим етапом технологічного процесу і, як правило, самим дорогим [3]. Підвищення концентрації розчину шляхом випаровування з багаторазовим використанням теплоти в багатокорпусних випарних апаратах є також більш економічним ніж процес сушіння випаровуванням. Тому сушіння випаровуванням, як правило, використовується на кінцевому етапі технологічного процесу сушіння, коли необхідно видалити як вільну, так і більш міцно зв'язану вологу.

Саме тому енергоефективність сучасних сушарок грає важливу роль в сушильному виробництві. Оскільки сушіння є типовим нестационарним необоротним процесом, то його можна описати лінійним рівнянням, що відповідає першому принципу термодинаміки необоротних процесів

$$j=L \cdot X,$$

де  $j$  – густина потоку;

$L$  – кінетичний коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу;

$X$  – рушійна сила процесу.

В окремих випадках рушійною силою переносу можуть бути градієнти концентрації вологи (вологомісту), температури, осмотичного тиску, загального тиску всередині тіла тощо [4]. Процес сушіння можна інтенсифікувати за рахунок збільшення кінетичних коефіцієнтів  $L$  і рушійних сил  $X$ . Однак слід врахувати, що ці фактори залежать від температури і вологості тіла, тобто змінюються в процесі сушіння.

Збільшення рушійних сил сушіння обмежується властивостями самих матеріалів: термостійкістю і вологостійкістю, а от кінетичні коефіцієнти (наприклад коефіцієнт дифузії вологи всередині матеріалу) можна за певних умов значно підвищити. Важливе значення тут мають нові комбіновані методи енергопідведення і знаходження додаткових рушійних сил, наприклад, при накладанні додаткового акустичного, електричного і магнітного полів та сушильна техніка, що реалізує ці методи.

Велику перспективу має комбінація конвективного сушіння з імпульсними методами обробки матеріалів в процесах сушіння: застосування осцилюючих режимів (нагрів – охолодження), вібросушіння, сушіння в акустичному полі, накладання на конвективний процес сушіння обробки сировини СВЧ, інфрачервоним промінням тощо [4].

Такі методи, різноманітні за фізичною природою, діють на структуру матеріалу і на зв'язок вологи з сухим скелетом, часто допомагають прискоренню процесу сушіння.

Іншим шляхом підвищення енергоефективності сушильної техніки є утилізація теплоти відпрацьованого сушильного агента, як в самій сушарці, так і застосовуючи такий сушильний агент для інших потреб, наприклад для обігріву теплиць, отримання підігрітої води для технологічних потреб цеху тощо.

## Висновки

Запропоновані комбіновані методи сушіння є перспективними з точки зору підвищення енергоефективності конвективних сушарок і потребують подальшого детального дослідження як експериментальними методами, так і методами математичного моделювання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528с.
2. Кац З. А. Производство сушеных овощей, картофеля и фруктов / З. А. Кац. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 216с.
3. 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.
4. Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки / С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак. – Вінниця,: ВНТУ. 2008.– 98с.

**Ірина Валеріївна Фіник** – студентка групи ТЕ-14б, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Finyk\_Ira@i.ua.

**Олександр Юрійович Співак** – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Finyk Irina V.** – Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Finyk\_Ira@i.ua.

**Olexandr Y. Spivak** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.