

ЗАСТОСУВАННЯ СУБЛІМАЦІЙНОГО СУШІННЯ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПРОДУКТІВ

Жила В.І., к.т.н., професор; Іващенко М.А., студент
(ДБТУ, м. Харків, Україна)

Annotation. The paper analyzes the most common methods of food dehydration. The main energy costs for product processing are determined, and the advantages and disadvantages of their use are noted.

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Сухофрукти відіграють важливу роль в житті людини, оскільки вони є не тільки смачним, але й корисним додатком до раціону. На відміну від свіжих фруктів, які при тривалому зберіганні втрачають значну частину вітамінів, що містяться в них, сухофрукти здатні зберігати корисні властивості тривалий час і можуть компенсувати нестачу вітамінів цілий рік, незалежно від сезону. Проведений аналіз, показує, що існуючі методи мають велику вартість обладнання, енергоємні, малоефективні та часто не задовольняють вимогам якості готового продукту.

Мета досліджень. Визначити найкращі способи зневоднення харчових продуктів для збереження їх корисних природних якостей.

Основні матеріали досліджень. Найбільш поширеним способом є конвективне сушіння при пропусканні нагрітого теплоносія через шар вологої сировини [1]. В якості теплоносія використовується повітря, водяна пара, димові гази. Даний метод видалення вологи простий і не потребує складного та вартісного обладнання, що є його основними перевагами.

Основними недоліками установок конвективного сушіння є невисока інтенсивність видалення вологи, високі витрати енергії (1,6–2,5 кВт·год енергії на 1 кг випаруваної вологи), нерівномірність нагріву шару сировини та низька поживна цінність отриманої продукції в результаті дії високих температур.

Зневоднення сировини з використанням інфрачервоних випромінювачів супроводжується значним нагріванням поверхні продукту, що призводить до створення значного температурного градієнту, який перешкоджає дифузії вологи з внутрішніх шарів матеріалу до поверхні. Тому потрібні паузи, під час яких волога буде переміщуватися з середини матеріалу на поверхню [2].

Перевагами інфрачервоного зневоднення є висока продуктивність, гнучкість керування процесом та простота конструкції сушильних установок. Однак наявність суттєвих недоліків, зокрема, нерівномірність нагрівання продукту, досить низького коефіцієнта потужності джерел інфрачервоного випромінювання та значної енергоємності процесу – від 1,5 до 2,0 кВт·год на 1 кг видаленої вологи, стримують широке застосування [2].

Сушіння з використанням струмів надвисоких частот (НВЧ) засноване на явищі поляризації молекул висушуваного матеріалу. Під впливом електричного поля з високим значенням напруженості, що створюється магнетроном спостерігається регульований нагрів сировини. Видалення вологи відбувається з усього об'єму висушуваного матеріалу. Водночас всередині молекул виникають градієнти тиску, що призводить до прискорення дифузії вологи [3].

Перевагою даного методу, порівняно з іншими способами сушіння, є

висока інтенсивність видалення вологи та можливість регулювання та підтримання встановленої температури сировини. Основні недоліки - це висока складність, металомісткість обладнання та значна енергоємність процесу (2,5–5 кВт·год на 1 кг видаленої вологи). Важливим аспектом також є екологічна небезпека через негативний вплив мікрохвильового випромінювання на організм людини та використання високих напруг, що значно підвищує ризик ураження електричним струмом [3].

З точки зору збереження харчової цінності сировини, найкращим способом зневоднення є сублімаційне сушіння у вакуумному середовищі. Дана технологія дозволяє мінімізувати втрату вітамінів, погіршення смаку, кольору, текстури та інших органолептичних якостей готового продукту [4].

Процес сублімаційного сушіння можна розділити на два основні етапи (рис. 4). Під час першого етапу в умовах глибокого вакууму волога виморожується в виходить на поверхню матеріалу. На другому етапі за рахунок інтенсивного виділення тепла відбувається випаровування вологи, при якому лід, омиваючи рідкий, переходить в газоподібний стан.

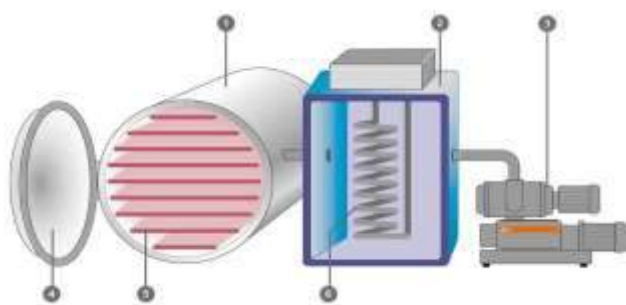


Рисунок 4. Технологічна схема сублімаційної сушарки:

- 1 – сушильна камера; 2 – конденсатор;
3 – вакуумна система; 4 – герметичні
двері шафи; 5 – нагрівальні
пластини; 6 – змійовик охолодження

Однак, через значну вартість та складність технологічного обладнання, низьку продуктивність, високі капіталовкладення та витрати на виробництво широкого поширення установки для сублімаційного сушіння не набули. Не останню роль в цьому також відіграє дуже висока витрата електроенергії (від 3 до 3,9 кВт·год на 1 кг видаленої вологи [25, 38, 39].

Список літератури.

1. Савойський, О. Ю. (2016). Аналіз методів сушки плодоовочевої сировини та їх класифікація. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 175 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України»*, 85–87.
2. Salehi, F., & Satorabi, M. (2021). Influence of Infrared Drying on Drying Kinetics of Apple Slices Coated with Basil Seed and Xanthan Gums. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 519–527. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1908202>.
3. Taghinezhad, E., Kaveh, M., Szumny, A., Figiel, A., & Blasco, J. (2023). Qualitative, energy and environmental aspects of microwave drying of pre-treated apple slices. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43358-6>.
4. Kovacı, T., Dikmen, E., & Şahin, A. Ş. (2020). Energy and exergy analysis of freeze - drying of mint leaves. *Journal of Food Process Engineering*, 43(11). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13528>.