

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРЯМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО НАГРІВУ ДЛЯ СУШІННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Савойський О. Ю., Козін В. М., к.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Прямий електричний нагрів використовується в технологіях переробки плодоовочевої сировини досить давно. При нагріванні біологічних об'єктів змінним електричним струмом, одночасно з підвищенням їх температури відбувається явище електроплазмолізу. Електроплазмоліз – обробка сировини струмом низької або високої частоти, в результаті чого відбувається плазмоліз протоплазми, тобто руйнування білково-ліпоїдних мембран рослинних тканин зі збереженням цілісності клітинних оболонок, що призводить до швидкого вивільнення клітинної вологи (соку). Результати аналізу показують, що у вітчизняній літературі кількість таких досліджень незначна. Аналіз закордонних літературних джерел показав наявність великої кількості досліджень, в яких доведено ефективність використання прямого омичного нагріву для підвищення ефективності процесу сушіння плодоовочевої сировини.

У дослідженні [1] запропоновано систему сушіння картоплі, яка передбачає одночасне поєднання омичного нагрівання та конвективного сушіння нагрітим повітрям. Залежно від режимів, тривалість процесу сушіння з використанням омичного нагріву скоротилася на 20–60 % в порівнянні з конвективним зневодненням. У роботі [2] нарізані пластинами плоди солодкої картоплі між двома титановими електродами нагрівали до заданої температури змінним електричним струмом частотою 60 Гц та усередненою напруженістю поля 50 В/см, 70 та 90 В/см. Одразу після нагріву отримані зразки поміщали до вакуумної сублімаційної сушильної камери. Проведені експерименти показали, що використання попереднього нагріву зразків електричним струмом зменшує час їх зневоднення на 22–24 %.

У роботі [3] розглядається конвективний процес сушіння, при якому нарізані пластинами яблука проходили попередню обробку омичним нагріванням протягом 1 хв при напруженості електричного поля 20–40 В/см. Порівняно з контрольною групою, спостерігалось зменшення часу висихання на 24 %, 35 та 29 % для зразків, оброблених напруженістю електричного поля 20, 30 та 40 В/см, відповідно. Крім того, оброблені яблука значно краще зберігали правильну форму та мали кращі органолептичні показники.

У роботі [4] показано доцільність використання прямого електричного нагріву для сушіння фруктів. Встановлено, що збільшення усередненої напруженості поля прямого електричного нагріву від 20 до 30 В/см при температурах теплоносія 25 °С, 40 та 55 °С дає скорочення часу в 2, 2,3 та 2 рази відповідно. Найбільший ефект спостерігається при порівнянні режимів

20 В/см+25 °С (час 440 хв) та 30 В/см+55 °С (час 110 хв), тривалість сушіння скоротилася в 4 рази. Тривалість сушіння без використання прямого електронагріву при температурі повітря 25 °С складає близько 18 годин. А при робочих температурах повітря в шафі 40 та 55 °С час обробітку складає 8,2 та 4,8 годин, що мінімум в 4 рази перевищує тривалість сушіння з додатковим прямим електричним нагрівом.

Відомі також роботи, які присвячені дослідженням якості готової продукції, зневодненої з використанням прямого електронагріву [5, 6]. Авторами доведено, що використання прямого електричного нагріву в процесі сушіння дозволяє покращити якісні показники сушених фруктів та овочів. Встановлено, що готові продукти мали кращий колір, менше деформувалися в процесі сушіння, краще зберігали вміст поживних речовин та вітамінів. Також виявлено, що прямий електричний нагрів призводить до інактивації ферментів і мікроорганізмів, що позитивно впливає на тривалість зберігання продукту.

Таким чином, використання прямого електричного нагріву в процесі сушіння фруктів викликає великий інтерес. Перевагами даного способу нагріву є простота в реалізації та висока ефективність при мінімальній кількості теплових втрат. Також прямий електронагрів дозволяє забезпечити рівномірний прогрів матеріалу по всьому об'єму, на відміну від поверхневих способів нагріву. Водночас, аналіз літератури показав, що найчастіше даний вид нагріву використовується тільки на стадії попередньої обробки без поглибленого вивчення кінетики зневоднення та фізичних процесів, що відбуваються всередині біологічного об'єкту під час сушіння. Враховуючи складність даних процесів, виникає необхідність визначення залежностей технологічних параметрів від властивостей об'єктів сушіння протягом всього процесу висушування.

Перелік джерел посилань

1. Turgut, S. S., Küçüköner, E., Feyissa, A. H., & Karacabey, E. (2021). A novel drying system – simultaneous use of ohmic heating with convectional air drying: System design and detailed examination using CFD. *Innovative Food Science and Emerging Technologies/Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72, 102727. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102727>.
2. Zhong, T., & Lima, M. (2003). The effect of ohmic heating on vacuum drying rate of sweet potato tissue. *Bioresource Technology*, 87(3), 215–220. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00253-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00253-5).
3. Kutlu, N., Yılmaz, M., Arslan, H., İşçi, A., & Şakıyan, Ö. (2018). The effect of ohmic heating pretreatment on drying of apple. *Proceedings of 21th International Drying Symposium*. <https://doi.org/10.4995/ids2018.2018.7375>.
4. Savoiskyi, O., Yakovliev, V., & Sirenko, V. (2021). Determining the kinetic and energy parameters for a combined technique of drying apple raw materials using direct electric heating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224993>.
5. Kaur, R., Gul, K., & Singh, A. (2016). Nutritional impact of ohmic heating on fruits and vegetables – A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1159000>.
6. Bhale, S. D. (2004). Effect of ohmic heating on color, rehydration and textural characteristics of fresh carrot cubes. https://doi.org/10.31390/gradschool_theses.3918.