

УДК 664.7:635.68:66.047

Кучерявий В.В.¹, Кюрчева Л.М.²

¹ аспірант, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя

² канд. с.-г. наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя

ВІДХОДИ СИРОВИНИ ПРИ СУШІННІ ПОЛУНИЦІ

Світова харчова промисловість нині стикається з серйозною проблемою через великі обсяги відходів, що утворюються на всьому протязі її ланцюга постачання. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), щорічно викидається близько 1,3 млрд т їстівних продуктів харчування, що погіршує забруднення навколишнього середовища [1]. Значна частина цих відходів походить із фруктів, на які щороку припадає понад 1700 млн т [2]. Найпоширенішою формою відходів є побічні продукти фруктів, такі як насіння, м'якоть, шкірка або жмих, що становлять 10–35 % сирової маси.

Сушіння є одним із найпоширеніших способів консервування полуниці завдяки її високому вмісту вологи та швидкому псуванню [3]. Однак під час сушіння, а також на різних етапах підготовки (миття, нарізання, гомогенізація) утворюється значна кількість відходів сировини. Ми проаналізували основні джерела, характеристики та можливості повторного використання відходів, що виникають при сушінні полуниці. Розглянули вплив параметрів сушіння на вихід готового продукту та кількість відходів, а також окреслили підходи до

зменшення їх обсягів шляхом застосування сталих технологій.

Полуниця (*Fragaria × ananassa*) високо цінується за смакові якості, аромат і високу концентрацію біологічно активних речовин – антоціанів, вітаміну С та поліфенолів. Через високий вміст вологи (приблизно 90%) вона є надзвичайно нестійкою до зберігання.

Тому сушіння (конвекційне, вакуумне, сублімаційне, мікрохвильове тощо) використовується для продовження терміну зберігання і виробництва порошків або снєків [1]. Водночас процес супроводжується утворенням відходів на різних стадіях: обрізання плодоніжок, залишки пюре, нестабільна піна, налипання продукту на лотки тощо. Ці відходи не використовуються, хоча містять цінні поживні речовини й можуть бути вторинною сировиною.

Під час миття, сортування та нарізання видаляються плодоніжки, зіпсовані або переспілі ягоди. Ці втрати становлять близько 5–10% маси сировини. У промисловому сублімаційному сушінні частина пюре може бути втрачена через нестійкість піни або нерівномірне нанесення на піддони.

Втрати під час процесу сушіння. Під час термічної обробки ще 3–8% маси може бути втрачено через налипання на поверхні сушильної камери, усадку тканин і окиснення. Деякі леткі речовини (органічні кислоти, ароматичні сполуки) розкладаються, що знижує сенсорні властивості та вихід сухих речовин.

Відходи після сушіння. Після завершення сушіння залишається дрібнодисперсний порошок, насіння, клітинні рештки у фільтрах і ситах. Хоча ці залишки містять багато клітковини та поліфенолів, вони зазвичай не використовуються. Їх частка становить 2–4% від маси переробленої сировини.

Хімічний склад відходів від сушіння полуниці. Відходи сушіння (шкірка, насіння, жмих) містять:

- харчові волокна – до 45% (целюлоза, геміцелюлоза, пектини);
- фенольні сполуки – 2–5 мг ГЕК/г (елагова кислота (природна поліфенольна сполука, міститься в червоних ягодах), антоціани, флавоноїди);
- залишкові цукри – 5–10%, білки (3–4%) та мінерали (K, Ca, Fe).

Ці компоненти роблять полуничні відходи перспективною сировиною для збагачення харчових продуктів, виготовлення біоплівок, косметичних засобів і біоенергетики. Дослідження [4-7] показують, що навіть після термічної обробки висушений жмих полуниці зберігає високу антиоксидантну активність.

Вплив параметрів сушіння на утворення відходів. Параметри сушіння суттєво визначають не лише якість продукту, а й кількість утворених відходів:

- Високотемпературне повітряне сушіння ($\geq 70^{\circ}\text{C}$) сприяє розкладанню антоціанів, окисненню й збільшенню «функціональних втрат».
- Сублімаційне сушіння мінімізує хімічні втрати, але вимагає великих енергозатрат; частина матеріалу втрачається через залишки піни.
- Вакуумне та мікрохвильове сушіння скорочує час обробки та загальний обсяг відходів до 30% порівняно з традиційними методами.

Оптимізація температури, вологості та швидкості повітря дозволяє зменшити масові втрати і підвищити вихід готового продукту.

Загальні втрати сировини під час сушіння полуниці на промислових лініях можуть досягати 10–20% від вхідної маси. Без утилізації ці відходи створюють екологічне навантаження через високий біохімічний показник споживання кисню (БСК). Рациональне використання побічних продуктів сушіння дозволяє знизити обсяг утилізації на 40–60%, підвищити енергоефективність виробництва та отримати додаткову економічну вигоду.

У межах концепції циркулярної економіки відходи сушіння можна використовувати для екстракції фенольних сполук, виробництва натуральних барвників, харчових добавок або біодобрив.

Шляхи зменшення та повторного використання відходів:

- Оптимізація підготовки сировини: рівномірне нарізання, стабілізація піни, використання антиоксидантів для зниження втрат.
- Контроль параметрів сушіння: використання сенсорів вологості та систем моніторингу для запобігання пересушуванню.
- Вторинне використання: додавання полуничних відходів у хлібобулочні вироби, молочні продукти або мюслі; використання насіння для

отримання олії; виробництво біополімерів і компосту.

- Оцінка життєвого циклу (LCA): включення утилізації відходів у загальний екологічний баланс виробничої лінії.

Висновки. Сушіння полуниці неминуче супроводжується утворенням відходів сировини, однак ці відходи можуть стати цінним ресурсом. Оптимізація технологічних параметрів, удосконалення конструкції сушильних установок та використання побічних продуктів відкривають можливості для зменшення негативного впливу на довкілля й підвищення економічної ефективності виробництва. Подальші дослідження мають бути спрямовані на кількісну оцінку масового балансу відходів, автоматизацію процесів і розробку технологій вилучення біоактивних сполук із полуничних залишків.

Список використаних джерел:

1. The role of circular economy in food waste management in fulfilling the United Nations' sustainable development goals / D. Prokic et al. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*. 2022. Vol. 15, no. 1. P. 51–66. URL: <https://doi.org/10.2478/ausal-2022-0005> (date of access: 17.10.2025).

2. Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste / T. Edwiges et al. *Waste Management*. 2018. Vol. 71. P. 618–625. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.030> (date of access: 17.10.2025).

3. Кучерявий В. В., Кюрчева Л. М. Особливості методів сушіння плодовоовочевої продукції. *Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток* : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Київ, 21 листоп. 2024 р. Київ, 2024. С. 336–337.

4. Impact of Different Dehydration Methods on Drying Efficiency, Nutritional and Physico-Chemical Quality of Strawberries Slices (*Fragaria ananassa*) / P. Antunes et al. *Processes*. 2025. Vol. 13, no. 7. P. 2065. URL: <https://doi.org/10.3390/pr13072065> (date of access: 17.10.2025).

5. Bastos Y., Rocha F., Estevinho B. N. Microencapsulation of Extracts of

Strawberry (*Fragaria vesca*) By-Products by Spray-Drying Using Individual and Binary/Ternary Blends of Biopolymers. *Molecules*. 2024. Vol. 29, no. 19. P. 4528. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules29194528> (date of access: 17.10.2025).

6. Efficient freeze-drying of foamed strawberry puree: a study on drying kinetics and physicochemical properties / Z. ZHOU et al. *Sustainable Food Technology*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1039/d4fb00227j> (date of access: 17.10.2025).

7. Structural characterization of strawberry pomace / A. T. Hotchkiss et al. *Heliyon*. 2024. P. e29787. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29787> (date of access: 17.10.2025).