

ПЕРЕРобКА ПЛОдоОВОЧЕвоЇ СИРОВИНИ НА СУШЕНУ ПРОДУКЦІЮ

Ю.Ф. СНЄЖКІН, член кореспондент НАН України
Р.О. ШАПАР, Ж.О. ПЕТРОВА, Д.М. ЧАЛАСЬВ, кандидати технічних наук,
В.С. ШАВРІН, Г.К. ВОСПІТАННІКОВ, наукові співробітники
Інститут технічної теплофізики НАН України

Представлено результати експериментальних досліджень процесів сушіння плодоовочевої сировини з метою інтенсифікації процесу та розробки енергоефективної технології.

Плодоовочева сировина, експериментальні дослідження, кінетика сушіння, ступінчаті режими зневоднення.

Важливе місце в харчуванні людини займають овочі, фрукти, пряносмакові рослини. Але, на жаль, рослинна сировина дозріває за короткий період, і, протягом решти часу, постачання нею споживачів забезпечується тільки за рахунок зберігання та переробки врожаю на пасти, пюре, соки, сушені продукти. Останні мають високу біологічну і харчову цінність, не потребують великих витрат на транспортування та зберігання.

В основі переробки плодоовочевої сировини на сушені продукти лежить процес сушіння. Сушіння як один із методів консервування фруктів і овочів – складний та енергоємний процес і визначається тісним взаємозв'язком теплотехнічних закономірностей і технологічних властивостей об'єктів переробки. Технологічні сторони процесу є вирішальними при виборі оптимального режиму зневоднювання. Оптимальний режим сушіння створюється при мінімальних витратах теплоти і максимальному збереженні нативних властивостей зневодненого матеріалу [1].

Враховуючи вищезгадане, було проведено експериментальні дослідження процесу сушіння з метою його інтенсифікації та розробки енергоефективної технології одержання сушених продуктів.

Методика досліджень

Дослідження кінетики процесу сушіння здійснено на експериментальному стенді [2] при таких параметрах сушильного агента: швидкість V – 1–5 м/с, вологовміст d – 10–200 г/кг сухого повітря, температура t – 60–120 оС. Під час дослідів постійно контролювали зменшення маси за визначені проміжки часу і температуру матеріалу. За отриманими даними побудовано температурні криві $t = f(\phi)$, криві сушіння $W = f(\phi)$ і швидкості сушіння $dW/d\phi = f(W)$.

Як об'єкти досліджень використали яблука, столові буряки, капусту. Результати досліджень, їх графічну обробку наведено на прикладі столових буряків.

Результати експериментальних досліджень. Оптимальні параметри сушіння та інтенсифікація процесу досягається комбінацією таких параметрів і умов сушіння, як форма та розміри плодоовочевої сировини, її питоме навантаження, рух теплоносія щодо зневодненого матеріалу, його швидкість і температура [2].

Істотний вплив на тривалість процесу має температура сушильного агента. Підвищенням температури досягається інтенсифікація зневоднення, час теплового

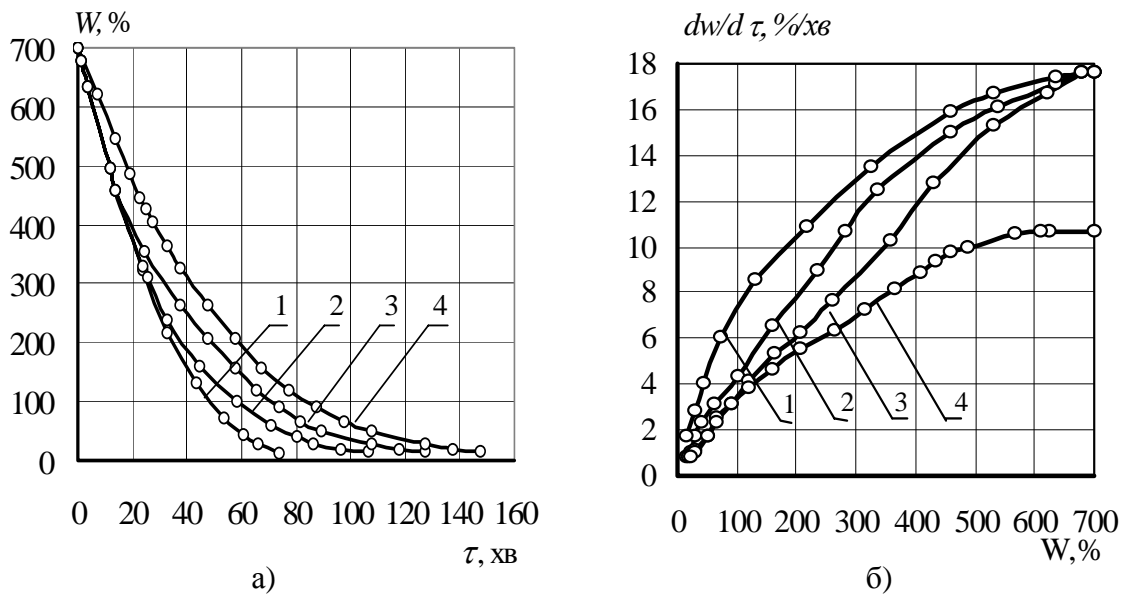


Рис. 1. Ступінчастий режим сушіння столових буряків у обдувному шарі:

а) криві сушіння $W = f(\tau)$; б) криві швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$.

$V=1$ м/с; $d=10$ г/кг сухого повітря; $g=6,3$ кг/м²:

1) 120 °С; 2) 120...100...80°С; 3) 120...80°С ; 4) 80 °С.

впливу зводиться до мінімуму, що забезпечує економічність процесу. Однак при виборі теплового режиму необхідно враховувати гранично-допустиму температуру конкретного матеріалу, що визначається його термостійкістю. Аналіз хімічного складу столових буряків показує, що вони складаються з таких важливих для організму людини термолабільних речовин як пектини, вітаміни, вуглеводи, органічні кислоти, ферменти, барвні речовини, в яких відбуваються зміни при температурах 60–65°С. Тому одержати продукт високої якості можливо за умови, що температура матеріалу в процесі сушіння не перевищує свого критичного значення. Звідси витікає, що температуру теплоносія протягом усього процесу сушіння необхідно змінювати відповідно до закономірностей переносу теплоти і вологи у конкретному матеріалі.

Експериментально підтверджено, що з підвищенням температури сушильного агента з 60 оС до 80, 100, 120 оС тривалість процесу сушіння плодоовочевої сировини скорочується в 2–4 рази. Аналіз кривих кінетики сушіння і температурних кривих показує, що збільшення температури теплоносія з 60 до 120 °С приводить до зменшення тривалості процесу, але температура матеріалу при зневодненні у режимі 120 оС при досягненні матеріалом вологості $W = 430\text{--}400\%$ перевищує гранично-допустиму величину. Сушіння плодоовочевої сировини в режимі теплоносія 60 оС виключається через надмірну тривалість процесу, що знижує поживну цінність висушених матеріалів. Враховуючи вищесказане, з метою інтенсифікації процесу сушіння і щонайменших втрат складових сировини, на підставі результатів експериментальних досліджень розроблено ступінчасті режими зневоднення плодоовочевої сировини (рис.1).

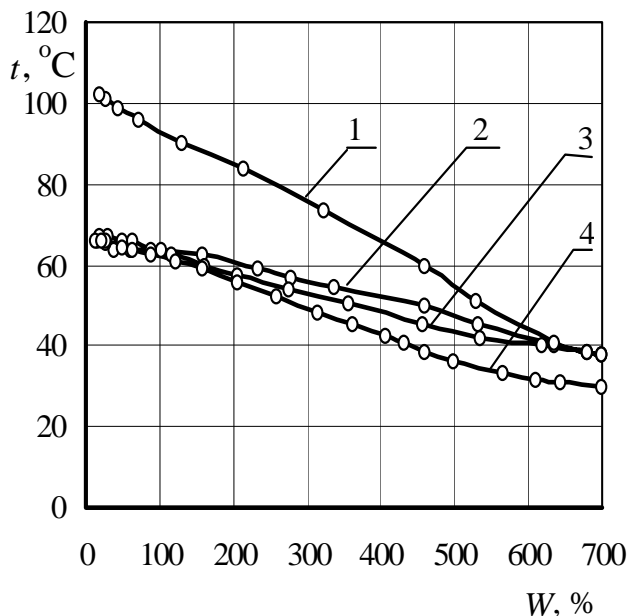


Рис. 2. Зміна середньої температури столових буряків у обдувному шарі: $V=1$ м/с; $d=10$ г/кг сух. пов; $g=6,3$ кг/м²: 1) 120 °С; 2) 120...100...80; 3) 120...80; 4) 80 °С

Сумісний аналіз графічних залежностей показав, що сушіння сировини у зазначених умовах проходить у періодах постійної і спадної швидкостей. Спочатку процесу температура теплоносія досягає 120 °С. Через 30–40 хв температуру теплоносія знижують до 100 °С (див. рис.1,

крива 2), а ще через 30 хв – до 80 °С і підтримують на такому рівні до кінця процесу зневоднення. За іншим ступінчастим режимом температуру теплоносія 120 °С підтримують протягом 30–40 хв з подальшим зниженням її до 80 °С (див. рис. 1, крива 3). Для порівняння наведено криві сушіння при температурі 120 та 80 °С. Як бачимо, температура сировини впродовж сушіння не перевищує свого критичного значення. Такі умови сприяють інтенсифікації процесу і скороченню його тривалості на 10–25 %, досягненню продукції високої якості. До того ж, як показують розрахунки, питомі енерговитрати на 1 кг випареної вологи скорочуються до 15 %, що підтверджує доцільність використання ступінчастих режимів.

На підставі отриманих даних розроблено і впроваджено технологію переробки рослинної сировини, в основу якої покладено метод швидкісного малоенергоємного сушіння. Згідно з технологією свіжі фрукти або овочі на ділянці підготовки сировини до сушіння мийуть, інспектують, гіротермічно обробляють, ріжуть, рівномірно розкладають на піддони сушильної установки та зневоднюють. Температура сировини, за розробленими ступінчастими режимами, в процесі сушіння не перевищує 60–65 °С, що забезпечує максимальний ступінь збереження її поживних речовин [3]. Зовнішній вигляд промислової сушарки тунельного типу СУМ – 2, впровадженої на ДП „Імпульс”, показано на рис. 3.



Рис. 3. Сушильна установка СУМ – 2

Корпус сушарки – тунель, що складається з двох сушильних зон і зони охолодження. Така конструкція дає змогу залежно від виду сировини підтримувати необхідний тепловологий режим. Кількість зон обумовлено продуктивністю сушильної установки.

До кожної з них підведено опалювально–вентиляційну установку, що складається з вентилятора і теплогенератора (рис. 4). На всмоктувальному і нагнітаючому патрубках вентилятора встановлено заслінки для регулювання надходження і скидання повітря. В сушильній установці створюються і автоматично підтримуються необхідні тепловологі параметри сушильного агента, які базуються на результатах експериментальних досліджень. Для сушіння використовується чисте повітря, яке нагрівається у теплогенераторі природним газом. Нагріте повітря подається в сушильну зону, де воно справа наліво омиває рослинну сировину, укладену на піддони, встановлені на візку, який знаходиться в першій напівзоні.

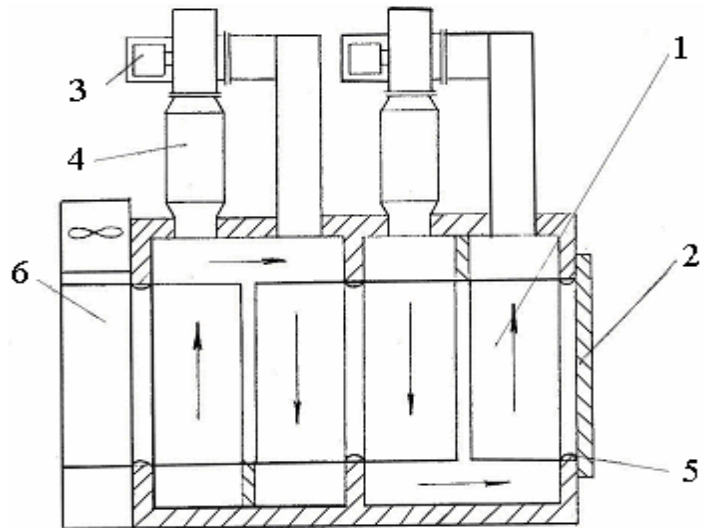


Рис. 4. Схема сушильної установки СУМ – 2: 1 – візок; 2 – ворота сушарки; 3 – вентилятор; 4 – тепло генератор; 5 – ущільнення; 6 – зона охолодження.

Потім у просторі між стіною сушильної установки і бічними поверхнями візків теплоносій змінює свій напрямок на 180° і, рівномірно розподіляючись за висотою візка, обдуває її зліва направо у наступній напівзоні. Після цього теплоносій через бічні рециркуляційні канали надходить до вентилятора. Частина відпрацьованого теплоносія викидається назовні, замість нього підсмоктується така ж сама кількість свіжого повітря. Таким чином, під час проходження візків з рослинною сировиною по сушильних зонах, змінюється напрямок її обдування, що створює додаткові умови для рівномірного сушіння. Рух теплоносія і рослинної сировини в сушильних установках здійснюється за протитечійно-перехресною схемою з частковою його рециркуляцією. Прийнята схема рециркуляції теплоносія в зонах з частковим викидом відпрацьованого повітря і підсмоктуванням свіжого, дозволяє створювати і підтримувати розроблені тепловологі режими в зонах сушарки.

Технологією передбачено сушіння рослинної сировини як до вологості повітря (сухофрукти), так і до низької кінцевої вологості не більш 8 %, що дає можливість отримувати порошкоподібну продукцію. Технологія одержання сушеної продукції універсальна і тому стає можливим зневоднювати практично всю рослинну сировину, ритмічно завантажуючи виробництво протягом року різними видами овочів і фруктів. У такий спосіб можна не лише урізноманітнити асортимент сушеної продукції, а й подовжити експлуатацію технологічного обладнання, збільшити обсяг випуску продукції, підвищити ефективність виробництва.

Отже, за результатами експериментальних досліджень встановлено і узагальнено закономірності кінетики сушіння плодоовочевої сировини, розроблено ступінчасті режими її зневоднення з метою інтенсифікації процесу, на підставі яких запропоновано технологію переробки плодоовочевої сировини на сушену і порошкоподібну продукцію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
2. Шапар Р.О. Интенсификация процессов сушіння рослинних пектиновмісних матеріалів: Дис...канд. тех. наук.: – К., 2004. – 196 с.
3. Снежкин Ю.Ф. Создание и перспективы развития ресурсосберегающих технологий производства пищевых порошков на Украине / 1–я межд. научн.–практ. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)». Труды конференции. – Т. 3. – М., 2002. – С.49–53.

ПЕРЕРАБОТКА ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ НА СУШЕННУЮ ПРОДУКЦИЮ

**Ю.Ф. Снежкин, Р.О. Шапар, Ж.О. Петрова,
Д.М. Чалаев, В.С. Шаврин, Г.К. Воспитанников**

Представлены результаты экспериментальных исследований процессов сушки растительного сырья с целью интенсификации процесса и разработки энергоэффективной технологии.

Флодоовощное сырье, экспериментальные исследования, кинетика сушения, ступенчатые режимы обезвоживания.

PROCESSING OF VEGETATIVE RAW MATERIALS ON DRIED PRODUCTS

**Yu.F. Snezhkin, R.O. Shapar, Zh.O. Petrova,
D.M Chalaev, V.S. Shavrin, G.K. Vospitannikov**

The results of experimental investigation of the processes of drying of vegetative raw materials with the purpose intensification of process and development of effective technology are presented.

Vegetative raw materials, experimental investigations, drying kinetics, step–wise dehydration regimes.