

УДК 621.181.7

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ГІРКОГО ПЕРЦЮ В КАМЕРНІЙ КОНВЕКТИВНІЙ СУШАРЦІ

О. Ю. Співак, Д. І. Денесяк, К. О. Іщенко

Експериментально досліджено кінетику процесу конвективного сушіння плодів гірко перцю як за стаціонарного режиму, так і за режиму зі спадаючою швидкістю сушіння. Побудовано криві сушіння, кінетичні залежності швидкості та інтенсивності сушіння. Крива швидкості сушіння, отримана методом графічного диференціювання, чітко розділена на три зони: зону нагріву і зони сушіння з постійною і спадаючою швидкістю. Для збереження високої якості готового продукту зону сушіння з постійною швидкістю можна збільшити підбором тепловологісного режиму, зокрема зміною коефіцієнта рециркуляції теплоносія.

Ключові слова: сушарки, конвективне сушіння, крива сушіння, кінетика сушіння, теплоносії

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ ГОРЬКОГО ПЕРЦА В КАМЕРНОЙ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛКЕ

А. Ю. Спивак, Д. И. Денесяк, К. А. Ищенко

Експериментально досліджено кінетику процесу конвективної сушки плодів гірко перцю як при стаціонарному режимі, так і при режимі з падаючою швидкістю сушки. Побудовані криві сушки, кінетичні залежності швидкості та інтенсивності сушки. Крива швидкості сушки, отримана методом графічного диференціювання, чітко розділена на три зони: зону нагріву і зони сушки з постійною і змінною швидкістю. Для збереження високої якості готового продукту зону сушки з постійною швидкістю можна збільшити підбором тепловологісного режиму, наприклад зміною коефіцієнта рециркуляції теплоносія.

Ключевые слова: сушилки, конвективный сушки, кривая сушки, кинетика сушки, теплоноситель

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DRYING KINETICS HOT PEPPER IN CHAMBER CONVECTION DRIERS

O. Spivak, D. Denesyak, K. Ishchenko

Experimentally studied the kinetics of the process of the Chili pepper fruit convective drying stationary, and with a decreasing drying speed. The drying curves, kinetic dependences of the drying speed and drying intensity are presented. Drying speed curve obtained by graphical differentiation is divided clearly into three zones: heating zone and drying zones with constant and decreasing speeds. To maintain the high quality of the finished product drying zone with the constant speed can be increased by coolant recirculation factor change.

Keywords: dryers, convective drying curve drying, drying kinetics, coolant

Вступ. Постановка проблеми

Основними величинами, від яких залежить інтенсивність процесу конвективного сушіння сільськогосподарської сировини, зокрема плодів гірко перцю, є температура, вологість і швидкість теплоносія. Управління цими параметрами дає змогу отримувати готовий продукт стабільно високої якості, незалежно від виду вихідного продукту. Відомо [1], що плоди навіть одного сорту, в залежності від кліматичних та погодних умов, чи місця де вони виростили, можуть мати різний вміст сухих та поживних речовин. Вибір необхідного тепловологісного режиму сушіння для того чи іншого випадку може базуватись тільки на практичному досвіді та результатах експериментів. Тому експериментальні дослідження процесів, що проходять при сушінні різних видів сировини є актуальними.

Формулювання мети досліджень

Метою даної роботи є експериментальне дослідження впливу основних параметрів сушильного процесу на швидкість сушіння і якість готової висушеної сільськогосподарської продукції.

Основна частина

Експерименти при стаціонарних режимах проводилися з параметрами, які не змінювалися на всьому протязі процесу сушіння, з метою виявлення найбільш оптимальних параметрів на різних етапах сушіння.

Дослідження проводилися при наступних технологічних параметрах: швидкість потоку повітря становила 1,575 м/с, температура сировини змінювалася від 45°C до 65°C, а товщина шару сировини змінювалася від 1 до 3-х мм. В результаті проведених експериментів була підібрана оптимальна товщина 2 мм, при якій гіркий перець висихає найшвидше.

Експериментальна установка і методика проведення експериментів описані в [2, 3].

Зміна відносної вологості на загальну масу від часу сушіння подана на рис. 1. Крива сушіння має вигляд, характерний для капілярно-пористих колоїдних тіл, з вираженими зоною прогріву і зонами постійної швидкості сушіння та сушіння зі спадаючою швидкістю. Після обробки отриманих даних і перетворення їх отримуємо графіки швидкості сушіння і інтенсивності сушіння для конвективного процесу сушіння гірконого перцю.

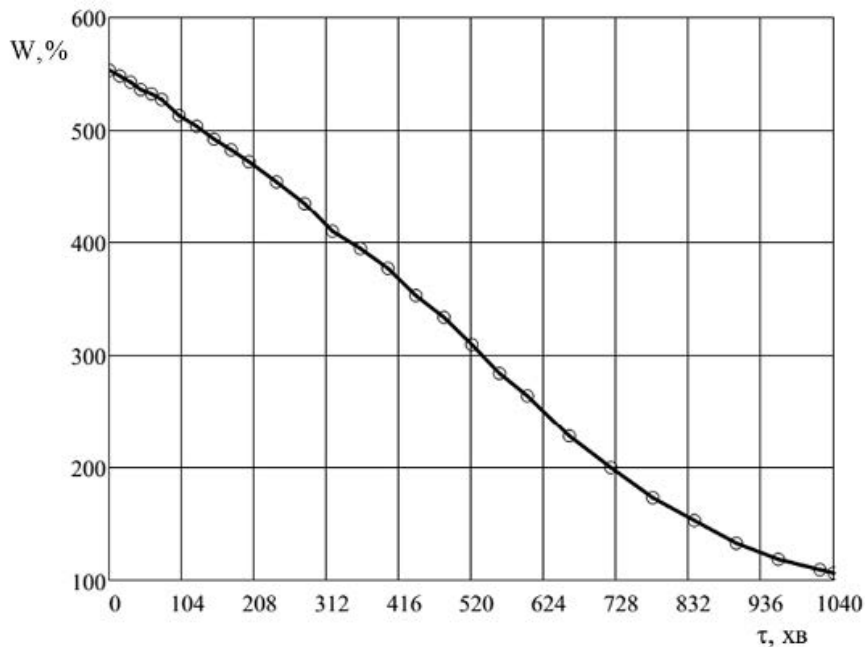


Рисунок 1 – Крива сушіння гірконого перцю

Етап прогріву характеризується нагріванням продукту по поверхні і частково по об'єму та початком випаровування вологи з поверхні гірконого перцю у вигляді пари в навколишнє середовище.

Етап сушіння з постійною швидкістю характеризується наявністю вільної вологи на поверхні часточки плоду. Випарувана волога видаляється з поверхні продукту за допомогою вентилятора і відводиться з робочої камери. Температура постійна по всій товщині плодів і рівна температурі мокрого термометра теплоносія. Волога з верхніх шарів починає випаровуватися і переходити в навколишнє середовище, поле вологостей всередині пластин гірконого перцю, починає змінюватися: вологість верхніх шарів нижча, ніж шарів в глибині продукту, тобто виникає градієнт концентрації вологи, який зростає до середини часточки продукту. Під впливом цього градієнта волога у вигляді рідини починає переміщуватися до верхніх шарів часточок. У цей час потік вологи відчуває опір скелета продукту, який знижує швидкість пересування вологи і в результаті цього збільшується температура часточок гірконого перцю.

Можна стверджувати, що в періоді постійної швидкості сушіння відбувається видалення капілярної вологи (волога мікро- і макрокапілярів). На цьому етапі вся корисна теплота, що надходить з теплоносієм, використовується для активного випаровування вологи з поверхні, а температура продукту залишається постійною.

Етапу сушіння зі спадаючою швидкістю властиве збільшення температури гіркого перцю при цьому видаляється адсорбційна волога. В цей період сушіння вологість верхніх шарів продукту наближається або стає рівною гігроскопічній. Відбувається прискорення поглиблення зони випаровування вологи в середину продукту. У той же самий час уповільнюється охолоджувальний вплив процесу видалення вологи з верхніх шарів плодів гіркого перцю. Температура верхніх шарів зростає, наближаючись до заданої температури нагріву продукту. Все це призводить до скорочення кількості теплоти, яку переносять через поверхню гіркого перцю.

Активна зона, в якій відбувається випаровування вологи, поступово переміщується всередину продукту. Волога переміщується у вигляді рідини з центральних шарів часточок до поверхні і випаровується в активній зоні де відбувається перехід рідини в пару, а від кордону випаровування до верхніх шарів продукту волога пересувається у вигляді пари. Потік пари нагрівається до температури продукту, перебуваючи в контакт з стінками пор, і з поверхні плодів видаляється потоком повітря.

Для термолабільних речовин, якою є гіркий перець, фактором, що лімітує тривалість сушіння, є максимально можлива температура нагріву продуктів. Для того, щоб процес сушіння протікав найбільш ефективно і одержувані плоди були якісними, необхідно в подальшому дослідити зміну температури продукту в процесі сушіння.

Як видно з рис. 2, сушитись часточки перцю починають відразу, ще на етапі прогріву, який триває приблизно півтори години. Цей етап можна прискорити, піднявши потужність нагрівника, але для термолабільних матеріалів перегрів вкрай небажаний, крім того існує небезпека обсихання – через активне відведення вологи поверхня вкривається погано проникною для вологи кіркою.

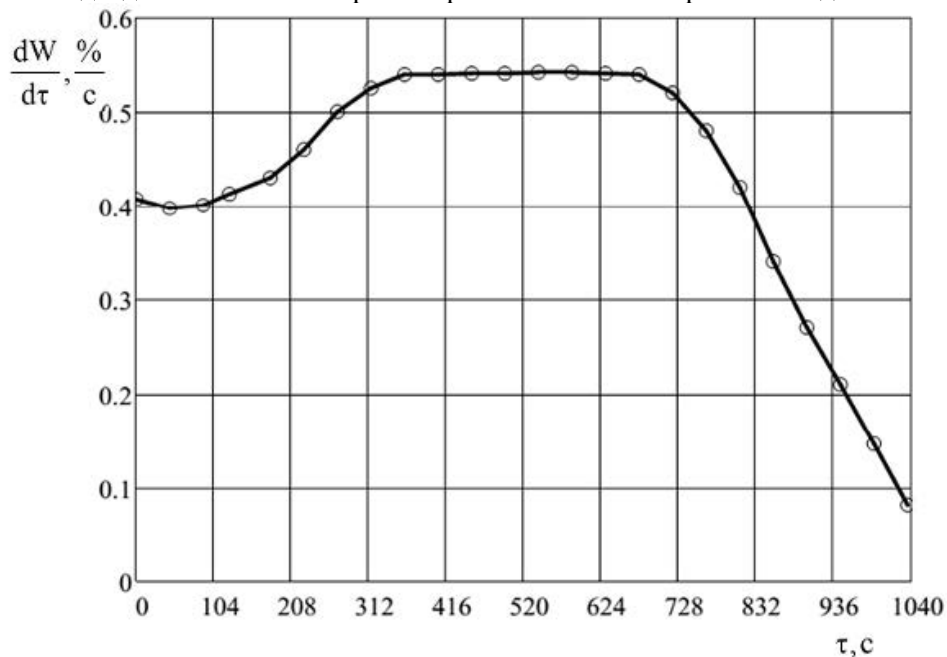


Рисунок 2 – Швидкість сушіння гіркого перцю

Якщо таке відбувається, в подальшому волога практично перестає випаровуватись, температура всередині матеріалу різко зростає до температури сухого термометра і сировина починає "варитись" – в результаті отримаємо брак. Швидкість сушіння на етапі прогріву знаходиться на рівні 0,4%/с.

Далі швидкість сушіння зростає і в зоні сушіння з постійною швидкістю знаходиться на рівні 0,55 %/с. Отримані дані добре корелюють з [4].

Інтенсивність сушіння отримували графічним диференціюванням кривих швидкості сушіння (рис. 3).

Висновки

- Досліджено кінетику процесу конвективного сушіння плодів гіркого перцю як за стаціонарного режиму, так і за режиму зі спадаючою швидкістю сушіння. Побудовано криві сушіння, кінетичні залежності швидкості та інтенсивності сушіння.
- Крива швидкості сушіння, отримана методом графічного диференціювання, чітко розділена

- на три зони: зону нагріву і зони сушіння з постійною і спадаючою швидкістю.
- Для збереження високої якості готового продукту зону сушіння з постійною швидкістю можна збільшити підбором тепловологісного режиму, зокрема зміною коефіцієнта рециркуляції теплоносія.

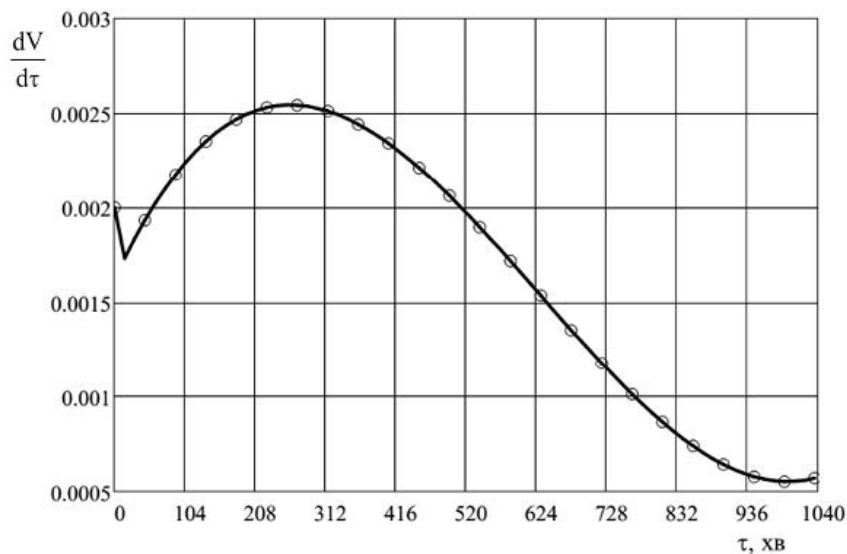


Рисунок 3 – Зміна інтенсивності процесу сушіння гіркого перцю

Використана література

1. Галашева, А. М. Биохимическая оценка плодов сортов яблони на слаборослых вставочных подвоях / А. М. Галашева, Н. Г. Красова, М. А. Макаркина // Селекция и сорторазведение садовых культур: сб. ст. – Орел: ВНИИСПК, 2007. С. 47-55.
2. Співак О. Ю. Установка для дослідження кінетики сушіння сировини / О. Ю. Співак, В. І. Музичук, К. О. Іщенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – №2. – С. 88–90.
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. – 2012. – №1. – С. 85–89.
4. Дорохин Р. В. Научное обеспечение процесса комбинированной СВЧ - конвективной сушки специй при импульсном энергоподводе :автореф. дис. ... на соискание ученой степени кандидата технических наук : спец. 05.18.12 – "Процессы и аппараты пищевых производств" / Р. В. Дорохин. – Воронеж, 2014. – 20 с.

Співак Олександр Юрійович – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Денесяк Дмитро Іванович – студент Вінницького національного технічного університету.

Іщенко Ксенія Олександрівна – студентка Вінницького національного технічного університету.

Спивак Александр Юрьевич – к.т.н., доцент кафедры теплоенергетики Винницкого национального технического университета.

Денесяк Дмитрий Иванович – студент Винницкого национального технического университета.

Ищенко Ксения Александровна – студентка Винницкого национального технического университета.

Spivak Alexander – Ph. D., docent the department heatenergetics Vinnytsia National Technical University.

Denesyak Dmytro – student Vinnytsia National Technical University.

Ishchenko Xenia – student Vinnytsia National Technical University.