

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ РІПЧАСТОЇ ЦИБУЛІ

Вступ

Процес сушіння достатньо складний тепло-і масообмінний процес, який потребує досконалого експериментального вивчення з метою визначення його основних закономірностей.

До головних факторів, які визначають кінетичні показники сушіння і зумовлюють якість одержаного продукту належать температура і швидкість руху сушильного агента, форма і розміри часток матеріалу, товщина шару матеріалу на сушильній поверхні.

Під кінетикою сушіння розуміють зміну середньої вологості і температури матеріалу з часом. Характер перебігу процесу сушіння найбільш повно описується кривими сушіння (в координатах вологовміст матеріалу - час), кривими швидкості сушіння (в координатах швидкість сушіння - вологовміст матеріалу), а також температурними кривими (в координатах температура матеріалу - вологовміст матеріалу) [1, 2].

Ріпчаста цибуля традиційно є одним із найбільш вживаних овочів. В останній час поширилось застосування сушеної цибулі в харчоконцентратній, м'ясомолочній та консервній промисловості. Відомо, що цибуля

ріпчаста - цінна овочева культура, є джерелом біологічно активних речовин, містить вітаміни С, В, РР, А, Е, поліфеноли, органічні кислоти та мінеральні макро- і мікроелементи [3 - 5].

Дослідженням сушіння цибулі займалося багато науковців [6, 7], однак з'явилися нові сорти цибулі, які за своїм хімічним складом відрізняються від тих, що вирощували в Україні раніше. Відомо, що хімічний склад впливає на водоутримуючу здатність матеріалу і дослідження кінетики сушіння є необхідною складовою при розробці та проектуванні сушарок нового покоління. Тому були проведені дослідження кінетики сушіння ріпчастої цибулі сорту „Херсонський” на експериментальному сушильному стенді Інституту технічної теплофізики НАН України (рис. 1).

Методика досліджень

Експериментальний стенд складається з системи ізольованих повітропроводів з пристроями для теплової обробки та циркуляції теплоносія, сушильних камер, систем контролю і підтримання температури теплоносія та автоматизованого збирання і обробки інформації про перебіг процесу зневоднення матеріалу.

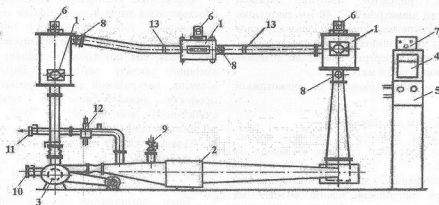


Рис. 1. Принципова схема експериментального стану:

- 1 - сушильні камери; 2 - калорифер; 3 - вентилятор; 4 - потенціометр; 5 - щит керування;
6, 7 - автоматична система регулювання температури; 8 - термометри опору;
9, 10, 11 - патрубки з шиберами; 12 - психрометр, 13- спеціальні решітки.

Сушильна камера (1) являє собою прямокутний металевий короб з люком для введення зразків матеріалу. Люк і протилежна стінка камери зроблені із прозорого скла, через яке можна спостерігати за станом матеріалу в процесі сушіння.

Дільниця теплової підготовки теплоносія (2) містить трьохсекційний електричний нагрівач потужністю 45 кВт. Для точної підтримки заданої температури калорифер підключений до автоматичної системи регулювання температури, яка базується на електричному регуляторі ЕРТ-4 (7) та термометрах опору TCM-50 (8).

Рух теплоносія відбувається за допомогою відцентрового вентилятора (3) середнього тиску по системі повітропроводів. Зміна швидкості руху досягається регулюванням числа обертів робочого колеса вентилятора. Співвідношення між відпрацьованим та свіжим повітрям регулюється за допомогою шиберів на патрубках (9, 10, 11).

Експериментальний стенд обладнаний автоматизованою системою збирання та обробки інформації, яка містить комп'ютер, цифрові ваги AD-500, прикладну спеціалізовану комп'ютерну програму та канал вимірювання температури, який складається з аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і-7018 та інтерфейсу - і-7520.

Температура повітря та зразка матеріалу в сушильній камері під час сушіння реєструється за допомогою термоелектричних перетворювачів (тип L), які вмонтовані в спеціальні голчаті зонди. Аналогові сигнали з термоелектричних датчиків перетворюються в АЦП

в цифрову форму та за допомогою інтерфейсу передаються в комп'ютер. Основна похибка виміру температур не перевищує $\pm 1^\circ\text{C}$.

Прикладна комп'ютерна програма дає можливість автоматично накопичувати інформацію про перебіг процесу сушіння, виконувати всі необхідні розрахунки та графічні побудови.

Перед проведенням вимірів сушильний стенд виводили на заданий температурний режим, після чого на деку штанги ваг в сушильній камері розташовували зразки ріпчастої цибулі, в центральну частину зразка розміщали зонд з датчиком температури і вмикали комп'ютерну систему збору та обробки інформації, яка безперервно реєструвала температуру сушильного агента, зміну маси зразка та його температуру під час сушіння.

Процес сушіння вважається завершеним, коли ваги перестають реєструвати зміну маси зразка, тобто маса зразка стає незмінною. Суху масу зразка визначали згідно з ГОСТ 28561-90.

Були проведені досліди при температурах теплоносія 60, 70 та 80°C і швидкості 2 м/с. Після визначення оптимальної температури сушильного агента досліджували залежність кінетики сушіння від його швидкості (2, 2,5 та 3 м/с). Вибір цих величин обумовлений тим, що сушіння матеріалу при швидкості сушильного агента менше 2 м/с для реальних промислових установок з використанням низькопотенційної теплоти економічно не вигідне, а отримання швидкості більше 3 м/с маловірогідно через підвищення аеродинамічного опору в сушильній камері.

Зразки ріпчастої цибулі нарізали кружальцями діаметром 35...40 мм завтовшки 5мм. Це обумовлено тим, що зразки такого розміру під час сушіння зберігають пружність та площу живого перерізу шару, що дозволяє рівномірно висушити матеріал.

Матеріал зневоднювали до рівноважної вологості.

Результати досліджень

Результати дослідів у вигляді кривих сушіння та швидкості сушіння зображені на рисунках 2-5.

Із наведених даних випливає, що температура теплоносія значно впливає на процес сушіння цибулі. Як видно з рисунків 2 та 3, підвищення температури сушильного агента призводить до збільшення швидкості та зменшення часу сушіння.

Однак при температурі теплоносія 80°C спостерігалася зміна кольору зразка до світло-коричневого, тобто відбувалося підгоряння цибулі. Це веде до зміни органолептичних показників, що пов'язано зі зміною фізико-хімічного складу матеріалу. Втрачаються вітаміни, натуральний смак і аромат, якість продукту знижується. При температурі сушильного агента 60 і 70°C цибуля залишалася природного кольору.

Однак сушити ріпчасту цибулю при температурі 60°C не рентабельно, тому що швидкість сушіння значно менша, а час - набагато більший ніж при температурі 70°C.

Тому дослідження впливу швидкості теплоносія на кінетику сушіння проводили при температурі теплоносія 70°C (рис. 4 та 5).

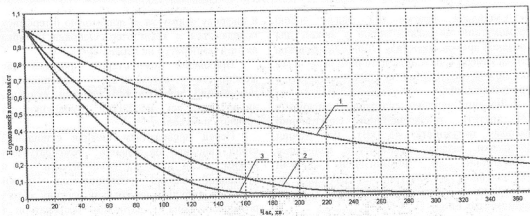


Рис. 2. Криві сушіння ріпчастої цибулі при різних температурах теплоносія: 1 - 60; 2 - 70; 3 - 80°C. Швидкість сушильного агента 2 м/с

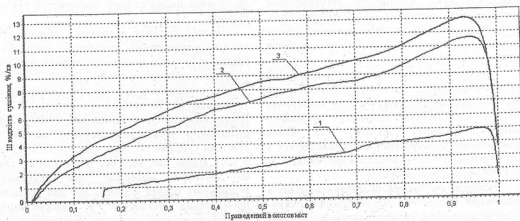


Рис. 3. Криві швидкості сушіння ріпчастої цибулі при різних температурах теплоносія: 1 - 60; 2 - 70; 3 - 80°C. Швидкість сушильного агента 2 м/с

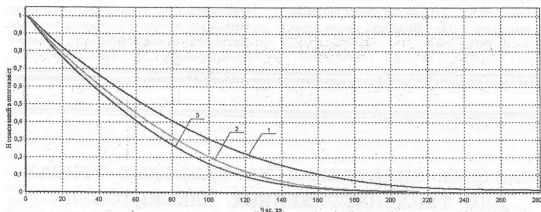


Рис. 4. Криві сушіння ріпчастої цибулі при різних швидкостях теплоносія:
1 - 2; 2 - 2,5; 3 - 3 м/с. Температура сушильного агента 70°C

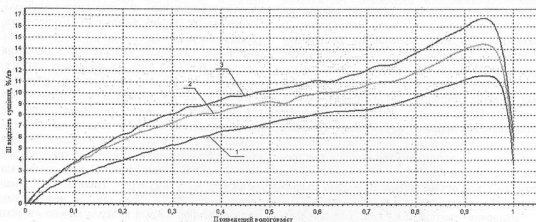


Рис. 5. Криві швидкості сушіння ріпчастої цибулі при різних швидкостях теплоносія:
1 - 2; 2 - 2,5; 3 - 3 м/с. Температура сушильного агента 70°C.

Одержані результати свідчать про збільшення швидкості зневоднення та зменшення часу із ростом швидкості сушильного агента. З рис. 4 видно, що для досягнення 10% вологовмісту матеріалу при швидкості теплоносія 2 м/с необхідно 164 хв., при 2,5 м/с - 126 хв., при 3 м/с - 118 хв.

Висновки

Із одержаних результатів витікає, що температура і швидкість теплоносія значно впливають на процес сушіння ріпчастої цибулі.

Підвищення температури теплоносія викликає збільшення швидкості та зменшення часу сушіння. При зневодненні цибулі сорту „Херсонський” через пригорання не рекомендується підвищувати температуру теплоносія більше 70°C.

З підвищенням швидкості теплоносія з 2 до 3 м/с швидкість сушіння збільшується, а час сушіння зменшується на 28%.

Отримані дані щодо кінетики сушіння

ріпчастої цибулі можуть бути використані при розробці і проектуванні сушарок з використанням низькопотенційної теплоти.

Література

1. Лыков А.В. Теория сушки. - М.: Энергия, 1968. - 472 с.
2. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1973. - 528 с.
3. Воскобойников В.А., Гуляев В.Н., Кац З.А., Попов О.А. Сушеные овощи и фрукты. - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 190с.
4. Пасальський Б.К. Хімія харчових продуктів. Навч. посіб.: КДТЕУ, 2000-196с.
5. Дмитриева Е.Т., Евстигнеев Г.М., Марх З.А. и др. Консервы и концентраты для детского питания. - М.: Агропромиздат, 1985. -246с.

6. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. -М.: Пищевая промышленность, 1976. - 248с.

7. Филоненко Г.К., Гришин М.А., Гольденберг Я.М., Коссек В.К. Сушка пищевых растительных материалов. - М.: Пищевая промышленность, 1971. - 439 с.