

ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ СУШІННЯ ДИНИ

Сисажкін Ю.Ф. д-р техн. наук, професор, чл.-кор. НАН України,
Шапар Р.О. канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Узагальнені закономірності вологообміну при сушінні плодів дини, розроблені стадійні режими з метою інтенсифікації процесу та збереження природних властивостей сировини.

Was generalized patterns of moisture exchange in drying of fruits melons, developed degree profiles to intensify the process and saving natural properties of materials.

Ключові слова: паротермічна обробка, кінетика вологообміну, стадійні режими сушіння, інтенсифікація процесу, комплексна переробка сировини.

Сучасний рівень комплексної переробки сільськогосподарської сировини вимагає раціонального використання всіх видів ресурсів, зниження їхніх втрат, впровадження ресурсозберігаючих безвідходних технологій, у т.ч. і технологій виробництва сушених продуктів.

Інститутом розроблені екологічно безпечні технології одержання натуральних сушених продуктів в основу яких покладено метод енергоефективного зневоднення. Технологією передбачено виробництво продуктів з рівноважною з навколишнім середовищем вологістю (сухофрукти), з низької залишковою вологістю (чипси), порошкоподібних. Одержання останніх розширює сферу їхнього використання, проте вимагає додаткового технологічного обладнання та призводить до додаткових енерговитрат, особливо при переробці високоцукровмісної сировини такої, як абрикоси, груші, дині, фініки тощо.

Кліматичні умови східно-південних районів України сприятливі для вирощування “теплолюбних” плодів дині. Але для кожного агропромислового підприємства нагальним стає проблема накопичення так званих відходів у вигляді м’якоті, що залишається після видалення насіння, а також нестандартної продукції. виправити ситуацію можливо за умов переробки м’якоті дині на консервовані та сушені продукти.

Основними вимогами, що пред’являються до процесу сушіння плодів дині, як і будь-якої іншої сільськогосподарської культури, є інтенсивність, економічність, забезпечення максимально повного збереження природних властивостей вихідної сировини при переробці і натуральність кінцевої продукції.

В рамках господарчої тематики з підприємством “Пролісок-агро” Запорізької обл. нами досліджено процеси тепломасообміну при зневодненні незатребованої м’якоті дині та обгрунтована технологія виробництва сушеного продукту.

Диня в сушеному вигляді має заслужений попит і є високопоживним делікатесом завдяки своєму унікальному складу [1,2,3]. Вміст цукрів свіжої дині коливається від 9 до 18 %, пектинових речовин від 0,4 до 0,6 %. Харчова цінність дині посилюється наявністю вітамінів у т.ч. каротиноїдів, фолієвої та нікотинової кислот, мінеральних речовин, особливо солей заліза, ароматичних сполук, завдяки чому її споживання рекомендовано в якості профілактичного засобу при атеросклерозі для покращання кровотоку і нормального перебігу окислювальних процесів. Наявність в сировині таких термолабільних речовин робить плоди дині чутливими до впливу високих температур і обмежує температурний рівень процесу, його тривалість.

Відповідно з [4] підвищення енергоефективності процесу досягається проведенням паротермічної обробки сировини. Паротермічна обробка сприяє збільшенню клітинної проникності, інтенсифікації тепломасообміну під час сушіння, скороченню тривалості процесу.

Проте, результатами наших досліджень з порівняння процесу сушіння паротермічно оброблених і необроблених зразків дині встановлено, що істотного прискорення процесу не спостерігається, що можна пояснити тим, що цукри дині впродовж паротермічної обробки, а в подальшому і під час сушіння, утворюють цукровий сироп, який проникає в міжклітинний простір і закупорює пори, тим самим ускладнює видалення вологи [5]. Але в даному випадку маємо проводити паротермічну обробку не стільки для прискорення процесу, скільки для інактивації ферментної системи, стабілізації природного кольору і кращої збереженості сушених продуктів за рахунок зменшення їхньої гігроскопічності.

Експериментально встановлено, що необхідний ефект обробки м’якоті дині залежить від сортової ознаки, ступеня зрілості сировини, її розмірів і форми та досягається при температурі матеріалу $t = 75...85\text{ }^{\circ}\text{C}$ з витримкою 25...40 с.

М’якоть дині, як об’єкт зневоднення, по перетину складається із різнорідних по структурі й будові складових частин: підкоркового шару, середнього і саме м’якоті та мають деякі коливання хімічного

складу (таблиця). Так, величина початкової вологості збільшується від $W = 88\%$ до 90 і 92% у вказаному порядку відповідно, вміст цукрів збільшується у такому ж порядку, а величина органічних кислот знижується від підкоркового шару до м'якоті.

За результатами експериментальних досліджень процесу зневоднення кожної частини встановлено, що механізм видалення вологи носить аналогічний характер. Інтенсивність зневоднення підкоркового шару на 20% перевищує інтенсивність зневоднення середнього шару і на 40% – м'якоті, що можна пояснити різною щільністю будови паренхімних тканин, величиною початкової вологості сировини і різною величиною вмісту цукрів. При зневодненні м'якоті дині, найсолодшої її частини, в міру видалення вологи збільшується концентрація цукрів у клітинному соку, внаслідок чого процес видалення вологи сповільнюється.

Експериментально встановлено, що зміна хімічного складу, структурних і біологічних властивостей плодів дині під час сушіння залежать від тривалості, температурного рівня та інтенсивності теплової обробки, фактором, що їх лімітує, є максимально допустима температура зневоднювального матеріалу.

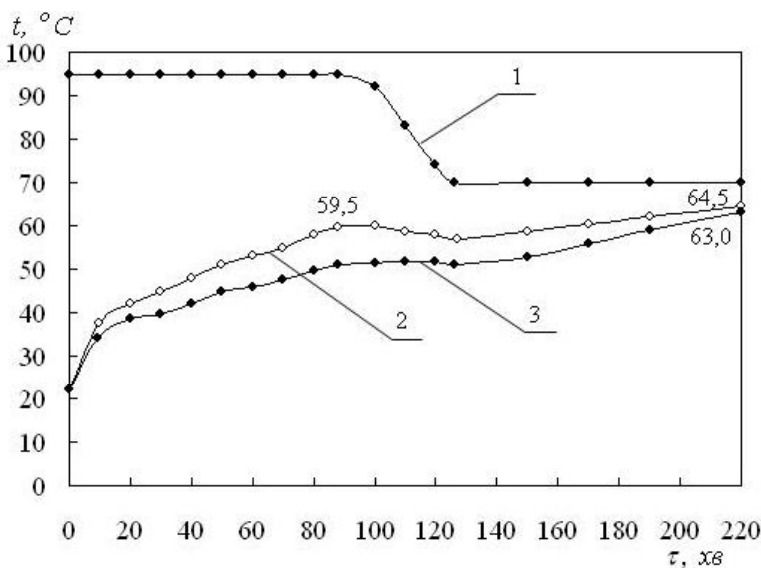
Таблиця 1 – основні показники складових частин плодів дині

Складові частини	Найменування показників, % (на сиру масу)		
	Вологість	Загальний цукор	Кислотність
Підкорковий шар	88,0...89,4 %	3,5...5,5	0,12...0,15
Середній шар	89,2...89,8 %	8,5...10,5	0,08...0,1
М'якоть	90,2...91,7 %	9,5...11,4	0,08...0,1

тура зневоднювального матеріалу.

Враховуючи таке, розроблено двостадійний режим сушіння дині до рівноважної з навколишнім середовищем вологості з урахуванням її природних властивостей, гранично допустимої температури: на першій стадії її зневоднення здійснюють в діапазоні температур сушильного агента $75...100\text{ }^\circ\text{C}$, а на другій – $55...70\text{ }^\circ\text{C}$.

Один з прикладів двостадійного зневоднення наведено на рис. 1 відповідно з яким, на першій стадії процесу температура сушильного агента дорівнює $95\text{ }^\circ\text{C}$, при досягненні матеріалом температури $59,5\text{ }^\circ\text{C}$ температуру теплоносія знижують до $70\text{ }^\circ\text{C}$ і підтримують її на такому рівні до кінця процесу.



$t = 95...70\text{ }^\circ\text{C}$; $V = 2\text{ м/с}$; $d = 10\text{ г/кг}$ сухого повітря:

- 1 – температура теплоносія;
- 2 – температура зовнішнього шару матеріалу;
- 3 – температура внутрішнього шару матеріалу

Рис. 1 – Вплив температури теплоносія на температуру зневоднювального матеріалу

них кислот, пектинових і азотистих речовин, вітамінів у т.ч. каротиноїдів, фолієвої та ніотинової кислоти, мікроелементів та інших біологічно активних речовин.

Найменший перепад температур теплоносія і матеріалу спостерігається наприкінці процесу і складає $\Delta t = 5,5\text{ }^\circ\text{C}$.

Проведення конвективного зневоднення дині за двостадійним режимом інтенсифікує процес теплообміну при сушінні та заощаджує енергоносії за рахунок створення такого оптимального режиму при якому, на першій стадії, коли матеріал має найбільшу вологість, використовується висока температура сушильного агента, яка забезпечує інтенсивне випаровування вологи без зниження якості зневоднювального матеріалу, а на другій стадії процесу – при більш м'якому режимі, завдяки чому виключається перегрівання матеріалу і руйнування термолабільних речовин сировини.

Отже, за рахунок підтримки температури плодів дині під час сушіння на рівні, що не перевищує гранично допустиме значення, забезпечується максимальне збереження натуральних термолабільних інгредієнтів сировини: вуглеводів, органічних

Аналізуючи криві кінетики і швидкості сушіння плодів дині (рис. 2), встановлено, що процес зневоднення проходить в періодах постійної і падаючої швидкості. На стадії прогрівання, при зазначених параметрах процесу, швидкість сушіння збільшується до свого максимального значення 10,8 %/хв і залишається постійною до досягнення матеріалом величини критичної вологості $W_c = 835$ %, після чого швидкість зневоднення плодів дині поступово знижується.

Висушена диня має світлий колір, приємний солодкий смак і аромат, властивий свіжій сировині і використовується цілорічно у системі оздоровчого харчування як самостійний високовітамінний продукт або як складовий компонент в приготуванні різноманітних страв.

Герметичне пакування сприяє мікробіологічній стійкості сушеної дині, уповільнює неферментативне окислення, подовжує термін її зберігання до року.

На підставі проведених досліджень підприємству “Пролісок-агро” рекомендовані енергоефективні режими зневоднення плодів дині, узгоджені і затверджені Укрметрестстандартом України технічні умови ТУ У 15.3-05417118-038:2010 “Диня сушена” та передані для використання.

На даний час підприємство вирощує дині, частина врожаю реалізує в свіжому вигляді, з частини плодів виділяє насіння, а м'якоть дині піддає переробці на сушену продукцію. Крім того, сушінню піддають своєчасно не реалізований у встановлені терміни стандартний та нестандартний врожай.

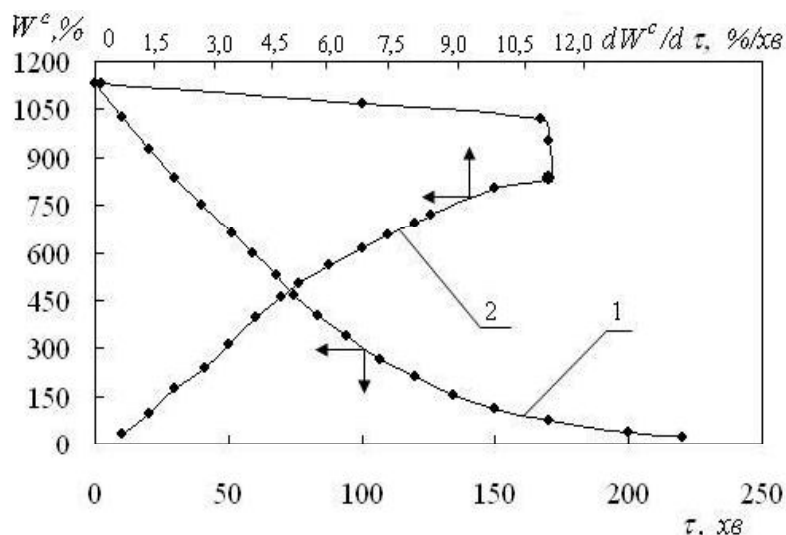
Висновки

Таким чином, базуючись на результатах експериментальних досліджень, узагальнені закономірності тепломасообміну при зневоднення плодів дині, рекомендовані енергоефективні режими з урахуванням допустимої температури і природних властивостей сировини, які дозволяють максимально зберегти вихідні складові і значну кількість біологічно активних і харчових властивостей.

Включення процесу сушіння в комплексну схему вирощування та переробки плодів дині дозволяє одержати високопоживний вітамінний продукт, скоротити втрати врожаю на 30...40 % і робить технологію ресурсозберігаючою та безвідходною за рахунок раціонального використання всіх його складових частин.

Література

1. П.Ф. Сокол. Улучшение качества продукции овощных и бахчевых культур.– М.:Колос. –1978. – 293 с.
2. Санникова Т.А. Научные основы ресурсосберегающей безотходной технологии возделывания дыни. Автореферат дис. д.т.н. – Астрахань: АГУ, 2009. – 56 с. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-326549.html/>
3. Иванова, Е.И. Качество плодов дыни при разных условиях выращивания и хранения /Е.И. Иванова, Т.А. Санникова, И.М. Соколова // Плодоовощное хозяйство. – 1985. - № 11. – С.55-56.
4. Снежкин Ю.Ф. Энергоэффективность в процессах сушки/Ю.Ф. Снежкин //XIV Минский международный форум по тепло-и массообмену, 10-13 сентября 2012 г. :тезисы докладов и сообщений. – Минск: 2012, т.1, часть 2.– С. 604-607.
5. Флауменбаум Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов. - М.: Легкая и пищевая пром-сть. 1982.-272 с.



$V = 2$ м/с; $d = 10$ г/кг сухого повітря; $t = 95...70$ °С:
1 – $W^c = f(\tau)$; 2 – $dW^c/d\tau = f(W^c)$

Рис. 2 – Криві кінетики вологообміну плодів дині