

УДК 631.563.2

Дослідження режимів конвективного сушіння плодів калини

Євчук Я.В.¹, канд. техн. наук, Іванов Д.В.², Шутюк В.В.², д-р. техн. наук

1 – Уманський національний університет садівництва, (УНУС), м. Умань, Україна

2 – Національний університет харчових технологій, (НУХТ), м. Київ, Україна

Вступ. Культивовані та дикорослі та ягоди, якими багаті сировинні ресурси України, є справжньою скарбницею біологічно активних речовин. Вони мають чітко виражену фізіологічну дію на людський організм. Новітніми дослідженнями доведено, що не тільки наявністю вітамінів С, Е, β-каротину стримується розвиток хвороб старіння, але й завдяки іншим фітохімічним сполукам, які мають високі антиоксидантні властивості. І саме плоди та ягоди містять найактивніший комплекс цих речовин.

Однією з перспективних ягід для харчової промисловості являється калина. За корисністю калина не поступається шипшині, обліпсисі й чорній смородині. Вітаміну С у ній більше, ніж в лимонах майже в півтора рази, а солей заліза – в п'ять. Лікувальні властивості калини складають вітаміни, які містяться у ній (А, С, Р, К, Е), мікроелементи та інші корисні речовини: пектини, фітонциди, амінокислоти.

Вживають плоди калини після попереднього підморожування, коли вони втрачають гіркий смак та токсичні властивості. У домашній кухні з плодів калини готують начинку для випічки, киселі, пастилу, приправи до м'ясних страв. Плоди калини вважаються цінною сировиною для виробництва сиропів, морсів, цукатів, напоїв тощо. Тому ягоди калини звичайної є перспективною сировиною для харчової промисловості.

Для промислового використання найперспективнішим є попереднє сушіння калини так, як сушені продукти краще зберігаються без додаткових умов, простіше транспортуються й зручніші в технологіях. Також у сушеному вигляді ягоди зберігають свої корисні якості.

Якісні характеристики надзвичайно важливі для виробництва нових промислових продуктів із заданими властивостями або поліпшення якості вже існуючих. Умови сушіння та фізико-хімічні зміни, що відбуваються під час сушіння і регідратації, впливають на якість обводнених продуктів. Регідратацію можна розглядати як міру пошкодження матеріалу, спричиненого сушінням та попереднім обробленням.

Матеріали та методи. Для досліджень використовували ягоди калини сорту «Гранатовий браслет» зібрані на Полтавщині в селі Загребелля Лубенського району. Плоди збирали у кінці вересня 2022 року безпосередньо з кущів, промивали та сортували для отримання однорідних зразків за розміром. Сировину зберігали перед експериментами у побутовому холодильнику кафедри технології консервування Національного університету харчових технологій.

Процес зневоднення проводили в лабораторній сушильній камері DHG-9000 A з регуляторами температури (+10...250 ±0.5°C) та швидкості подачі сушильного агенту (0,1...2,0 м/с). Сушіння проводили за температур сушильного агенту 55, 70 і 85 °C і швидкості циркуляції повітря 0,5 м/с. Початкова кількість сировини, яка використовувалась для кожного експерименту, була постійною та визначалася відповідно до потужності системи. Під час процесу сушіння регулярно контролювалась масова частка вологи у зразках і зневоднення припинялось коли її значення ставало меншою за 15 %,

Для визначення водоутримувальної здатності зразок сухого продукту масою (до 3,0 г) зважували і заливали у пробірці дистильованою водою відповідної температури. Насичення вологою здійснювали за температури 20 °C, при перемішуванні через кожні 5 хв. Надалі центрифугували протягом 10 хв. Величину водоутримувальної здатності визначали як співвідношення між кількістю води, яка утримує волокна і яка залишається в пробірці після центрифугування, та відповідною кількістю сухих речовин (точність ±1 г води/г СР).

Результати та обговорення. Дослідження процесу сушіння ягід калини сорту «Гранатовий браслет» при постійних режимах за різних температур показали, що збільшення

температури сушильного агента значно скорочує час сушіння (рис. 1). Так, за швидкості гарячого повітря 0,5 м/с тривалість сушіння плодів калини становить понад 44 години за температури сушильного агенту 55 °С (на рисунку 1 не показано час закінчення зневоднення) і біля 7 годин – за 85 °С (рис. 1). Інтенсифікація процесу масоперенесення пояснюється появою надлишкового тиску в капілярах плодів за сталої швидкості сушіння, зумовленого збільшенням температури сушильного агента. Зменшення масоперенесення в період спадної швидкості сушіння спричинене утворенням щільного шару біля поверхні плодів та енергією руйнування міцного фізико-хімічного зв’язку вологи.

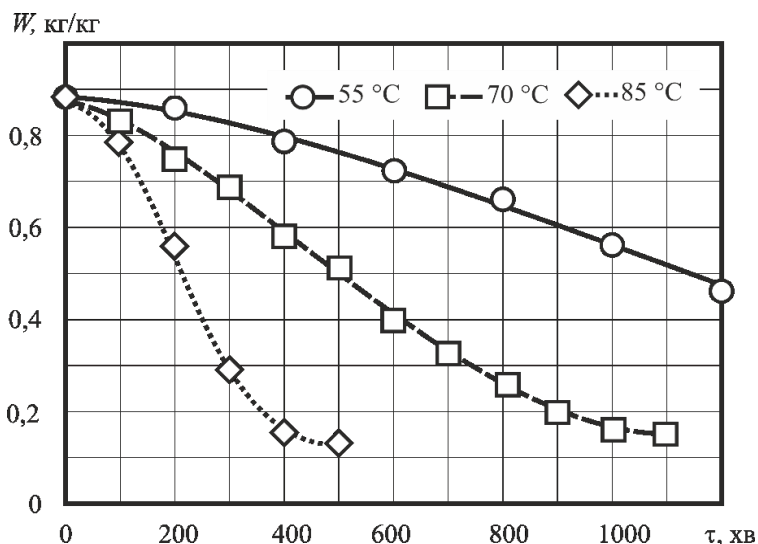


Рисунок 1. Зміна масової частки води ягід калини сорту «Гранатовий браслет» під час сушіння за різної температури сушильного агента та швидкості 0,5 м/с

Аналіз кривих зневоднення плодів калини (рис. 2) показують, що максимальна швидкість зневоднення досягається під час періоду постійної швидкості й становить при температурі сушильного агента 55 °С $2,4 \dots 0,5 \cdot 10^{-3}$ кг/(кг·хв), а при температурі 85 °С – $2,6 \cdot 10^{-3}$ кг/(кг·хв). Як видно з графіків (рис. 1 і 2), збільшення швидкості зневоднення призводить і до зменшення періоду постійної швидкості – так за температури 85 °С він становить менше 150 хв, а за температури 45 °С понад 6 годин.

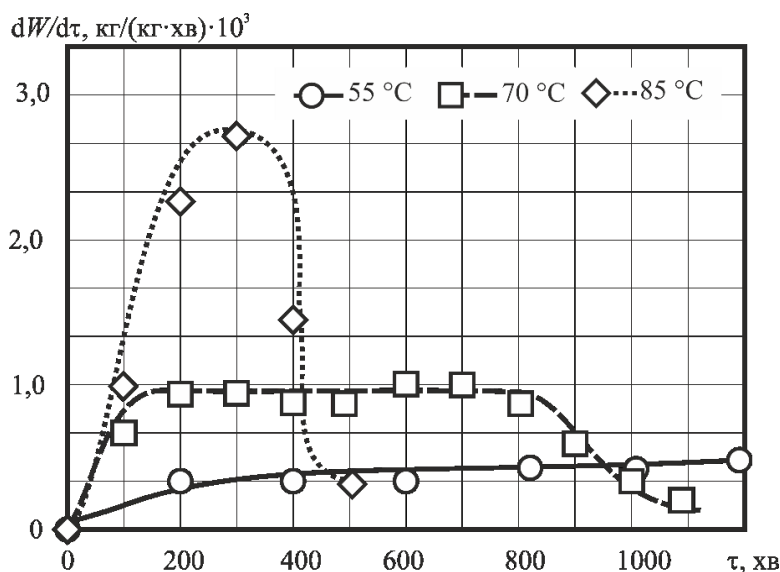


Рисунок 2. Швидкість зневоднення ягід калини сорту «Гранатовий браслет» під час сушіння за різної температури сушильного агента та швидкості 0,5 м/с

Швидкість регідратації сухих харчових матеріалів широко використовується як індекс якості. Результати регідратації висушених ягід калини за різних температур не показали значної різниці в зміни швидкості й вона становила $0,01 \text{ хв}^{-1}$. На нашу думку це пов'язано з наявністю шкірки в ягодах калини. Не значно також відрізняється й рівноважний вміст вологи в усіх зразках висушених залежно від температури процесу в досліджуваному діапазоні при оводненні й становить $14 \pm 0,5 \text{ кг/кг}$.

Результати визначення твердості шкірки свіжих та висушених ягід калини за різних температур сушильного агента показують, що значення твердості шкірки висушених плодів збільшуються зі збільшенням температури сушіння. Це, на нашу думку, пов'язано з затвердінням поверхневого шару плодів, який збільшується з підвищенням температури внаслідок більшої швидкості масоперенесення. Відповідно, найвище значення твердості для сушених плодів при температурі зневоднення $85 \text{ }^\circ\text{C}$. Дані зміни в сушені продукції від температури пояснюються структурними змінами в плодовій матриці та товщиною поверхневого шару.

Висновки. Ягоди калини є високоефективною сировиною харчової промисловості у виробництві сиропів, морсів, цукатів, напоїв тощо. Для промислового використання найперспективнішим є попереднє сушіння калини так, як сушені продукти краще зберігаються без додаткових умов, простіше транспортуються й зручніші в технологіях.

Дані експериментальне дослідження сушіння ягід калини сорту «Гранатовий браслет» за температур сушильного агента $55, 70$ і $85 \text{ }^\circ\text{C}$ і швидкості циркуляції повітря $0,5 \text{ м/с}$ показали, що отримані зразки не мають значних відмінностей у більшості досліджуваних фізичних властивостей за винятком твердості шкіри та еластичності. Швидкість регідратації висушених ягід калини за різних температур не показали значної різниці в змін швидкості й становить $0,01 \text{ хв}^{-1}$, а рівноважний вміст вологи в усіх зразках висушених у досліджуваному діапазоні при оводненні становить $14 \pm 0,5 \text{ кг/кг}$.

Суттєва різниця спостерігається у тільки у часі сушіння ягід так за швидкості гарячого повітря $0,5 \text{ м/с}$ тривалість сушіння плодів калини становить понад 44 години за температури сушильного агента $55 \text{ }^\circ\text{C}$ і біля 7 годин – за $85 \text{ }^\circ\text{C}$

Література

- Дослідження кінетики регідратації висушеної рослинної сировини / В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, С.М. Самійленко, Ю.О. Цьомка, Г.М. Омельченко // *Ukrainian Food Journal*. – 2014. – V. 3., I. 5. – P. 121-128.
- Сучасні тенденції розвитку наукових досліджень в сушильних технологіях / В.В. Шутюк, С.М. Василенко, О.С. Бессараб, В.П. Василів // *Науковий вісник НУБіП України*. – К., 2013. – Вип. 185, Ч. 1. – С. 278-287. – (Серія: техніка та енергетика АПК)
- Соловей, О.С. Перспективи використання плодів калини в харчовій промисловості / О.С. Соловей, М. О. Коваль, В. В. Шутюк // *Матеріали 85 Ювіл. Міжнар. наук. конферен. молод. учен., аспір. і студ. "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"*, присвяченої 135-річчю НУХТ 11–12 квітня 2019 р. – К.: НУХТ, 2019 р. – Ч.1. – С.330.
- Demir H, Atalay D, Erge HS. 2019. Kinetics of the Changes in Bio-Active Compounds, Antioxidant Capacity and Color of Cornelian Cherries Dried at Different Temperatures. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3): 2032–2040.
- Masud MH, Joardder MUH, Karim, MA. 2019. Effect of Hysteresis Phenomena of Cellular Plant-Based Food Materials on Convection Drying Kinetics. *Drying Technology*, 37(10): 1313–1320.
- Oliveira SM, Brandao TRS, Silva CLM. 2016. Influence of Drying Processes and Pretreatments on Nutritional and Bioactive Characteristics of Dried Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, 8: 134–163.