

ЕНТАЛЬПІЯ ПЛОДІВ ПЕРЦЮ ТА ШВИДКІСТЬ ЗНИЖЕННЯ ЇХ ТЕМПЕРАТУРИ

Калайда К.В., к. с.-г. н.,
Уманський національний університет садівництва,
Колтунов В.А., д. с.-г. н.

У роботі наведено результати експериментальних досліджень з визначення швидкості зниження температури плодів перцю солодкого до оптимальної температури зберігання. На основі отриманих результатів розраховано ентальпію при зазначених процесах, що уможливорює регулювання виробництва холодоагенту та тривалість роботи вентиляторів при зберіганні плодів перцю.

Ключові слова: перець солодкий, швидкість охолодження, ентальпія, фізичні та теплофізичні параметри.

Вступ. При збиранні плодів перцю на великих площах не можна точно визначити ступінь стиглості плоду. У кожній стадії стиглості плід знаходиться визначений час, у цей період в ньому динамічно протікають процеси метаболізму, синтезуються хімічні речовини, тому підвищується вміст сухої речовини, внаслідок чого відбувається і динамічна зміна ентальпії. Тому в цих процесах з урахуванням абіотичних факторів і анатомо-морфологічної будови плоду треба знати величину зміни вільної енергії для характеристики як біохімічного процесу, так і об'єкта зберігання, що є актуальним при організації тривалого зберігання плодів.

Метою роботи було визначення теплоємності і ентальпії плодів перцю солодкого різного за розміром, виявлення швидкості охолодження плодів залежно від їх розміру і маси.

Методика досліджень полягає в поетапному дослідженні динаміки зниження температури та розрахунку ентальпії плодів перцю солодкого [1] під час їх охолодження до оптимальної температури зберігання в холодильних камерах.

Результати досліджень. Плоди і овочів навіть одного і того виду, а також ті, що утворились на одній рослині, відрізняються

© Калайда К.В. , Колтунов В.А., 2017.

неоднорідністю у хімічному складі, що в першу чергу залежить від їх трофічної і матрикальної залежності, а також від віку, абіотичних факторів впливу, у першу чергу температури навколишнього середовища, тощо. Всі ці фактори впливають не тільки на величину врожаю, його біохімічні показники, а й на фізіологічні й теплофізичні властивості овочів і плодів, такі як теплопровідність і температуропровідність, фізична густина, яка відображає ступінь пористості плодів і овочів. Пористість, у свою чергу, характеризує кількість газів, які присутні у насінневі камері та тканинах плодів і овочів, які відрізняються не тільки один від одного значною кількістю води (60–98 %), але і в межах одного сорту на різних стадіях розвитку співвідношення води і сухої речовини постійно змінюється.

Як стверджує В.З. Жадан [2] вода і сухі речовини являються нейтральними компонентами, їх змішування не супроводжується будь-яким ефектом або контракцією, а тому прийнято вважати, що всі теплофізичні характеристики всіх харчових продуктів підпорядковуються правилу адитивності.

Збереженість овочів, у тому числі і плодів перцю солодкого, залежить від швидкості зниження температури плодів, тобто відводу від них визначеної кількості тепла, яке вони містять залежно від температури оточуючого повітря і вмісту сухої речовини, тобто зменшити їх тепловміст, так як цей показник також підпорядковується правилу адитивності. Теплоємність сухої речовини, за даними різних авторів коливається в межах від 1260 до 1670 Дж/кг·К. Суха речовина і вода мають різні теплофізичні властивості, а тому їх співвідношення у плодах відбивається на їх теплофізичних характеристиках, таких як теплоємність, температуропровідність і теплопровідність. При зберіганні плодів відбувається втрата ними вологи, зміна вмісту сухої речовини, а тому змінюються і їх теплофізичні характеристики. Теплофізичні характеристики такі як об'ємна маса, фізична і істинна густина, теплопровідність, температуропровідність і ентальпія залежать від анатомо-морфологічної будови плоду і вмісту сухої речовини.

Плід перцю є несправжньою ягодою, що складається з 2–4 насінневих гнізд, значний внутрішній простір, за формою значною варіюють від циліндричного і довгостручкового до кулеподібного, від ребристого до гладкого, тобто плоди можуть бути продовгуваті, округлі, у вигляді призми, яйцеподібні, ребристі та інші. За масою бувають від дрібних до великих (від 5 до 450 г), довжина плодів досягає 10–12 см, діаметр 2–6 см. Плоди солодкого перцю поділяють

на дрібні (25 г), середні (25–45 г) і великі (більше 45 г), а також на тонкостінні (1–2 мм), середньої товщини стінок (3–4 мм) і товстостінні (більше 4 мм) [3].

Отже, наведена характеристика плодів перцю солодкого свідчить про велике їх різноманіття за формою, масою, розміром, товщиною стінок, що робить їх різними за фізичними і теплофізичними властивостями без знання яких неможливо керувати температурно-вологісними режимами плодів, створювати найбільш продуктивну вентиляційну систему в сховищі, раціонально розмішувати продукцію в камерах холодильника.

Перець, що вирощується в умовах півдня України містить до 13 % сухої речовини [3] і значно варіює залежно від сорту, умов вирощування та стадії стиглості плодів. Для перцю солодкого в стадії технічної стиглості вміст сухої речовини в плодах може становити від 8,1 до 15,1 %, у фізіологічній стадії (червоне забарвлення) – 8,9–15,0 % [3], коли на одній і тій же рослині може розвиватись до 20–30 плодів масою по 50–100 г і більше. Природньо, що плоди які утворюються різні за масою і розташуванням на рослині, а також в різні строки, відрізняються між собою, у першу чергу, за хімічним складом.

За спостереженнями Н.Н. Загинайло [4] в умовах Молдавії плоди солодкого перцю технічної стиглості містять від 5,5 до 7,7 % сухої речовини, а по мірі дозрівання плодів вміст сухої речовини в них збільшується і часто досягає 11,7 %.

За даними В.С. Дьяченко [5] в плодах солодкого перцю різних сортів міститься від 7,8 до 9,1 % сухої речовини. В дослідженнях А.Л. Фельдман [6] за час вегетації перець накопичував 6,84–7,77 % сухої речовини, але вони не вказали їх стадію стиглості, в досліджах Ю.Г. Скорикової [7] показано, що в кінці зберігання в умовах активного вентилявання та без, в стадії технічної стиглості плоди містили 5,4–5,6 % сухої речовини, у фізіологічній – 6,1–7,1 %. На жаль автор не вказала термін зберігання, а тільки обмежилась фразою, що плоди перцю солодкого можна зберігати 4–8 тижнів. Ю.Г. Скориковою доведено, що в одних і тих же температурних умовах, в межах 0...15 °С, плоди перцю окремих сортів технічної стиглості можуть зберігатись до 30–40 днів, а плоди стадії фізіологічної стиглості – 20–70 днів, тільки окремі сорти при температурі 0...5 °С, а інші не більше 20–30 днів, але при цьому автор не вказала їх втрати за період зберігання.

Сокол П.Ф. [8] узагальнив дані хімічного складу перцю вирощеного у восьми країнах. Згідно цих даних вміст сухої речовини (не вказано ступінь стиглості) коливається в межах від 5,28 % (Азербайджан) до 13,2 % (Україна), а в решті країн – у межах 7,4–10,1 %.

Таким чином, вміст сухої речовини в плодах різних сортів солодкого перцю може коливатись в межах 5,28–15,10 %, тобто плоди мають високий вміст води – 84,90–94,72 %, а отже і теплоємність, так як питома теплоємність води дорівнює 4,19 кДж/кг·°С. При розрахунках теплоємності допускають відому неточність, тобто не приймають до уваги теплоємність тканин. Хоч кількість і теплоємність інших компонентів порівняно з водою невелика, в точних розрахунках їх враховують [1].

Краще застосовувати правило адитивності, згідно з яким показник адитивності складної речовини може бути розрахованим за показниками властивостей компонентів з урахуванням їхнього питомого вмісту [1].

Використовуючи правило адитивності В.З. Жаданом [2] була виведена формула для розрахунків теплоємності продукції:

$$C = 4,19 - 0,028n_c,$$

де C – питома теплоємність, кДж/кг·°С., n_c – вміст сухої речовини, %.

У зв'язку з високою розбіжністю вмісту сухої речовини і води теплоємність плодів буде різною, так як вона залежить від вмісту вологи в продукції. Чим більше води в плодах, тим ближче до одиниці питома теплоємність. Теплоємність води дорівнює 1 ккал/кг. Якщо розрахувати теплоємність наведеною раніше формулою, то при вмісті в плодах мінімальної кількості сухої речовини (5,28 %), то одержимо

$$C = 4,19 - 0,028n_c = 4,19 - 0,028 \cdot 5,28 = 4,04 \text{ кДж/кг}$$

при максимальному вмісту в плодах сухої речовини (15,1 %) одержимо:

$$C = 4,19 - 0,028n_c = 4,19 - 0,028 \cdot 15,1 = 3,77 \text{ кДж/кг.}$$

Якщо відома теплоємність, то можна визначити тепловміст (ентальпію) або кількість акумульованого тепла в плодах. Щоб визначити, яку кількість тепла слід відвести при охолодженні партії продукції, треба питому теплоємність помножити на різницю температур Δt і на загальну масу нетто. Одержане число буде виражати ентальпію, тобто акумульований вміст тепла на всю масу продукції.

Питомий тепловміст, або ентальпію (i) виражають формулою

$$i = C \cdot \Delta t, \text{ кДж/т,}$$

де: Δt – різниця температур продукту до і після його охолодження.

Наприклад, згідно з нашими вище наведеними даними теплоємність перцю у першому випадку була 4,04 кДж/кг, а у другому – 3,77 кДж/кг. У першому і другому випадках температуру партії перцю масою 100 т треба знизити з 25 °С до 0 °С, тобто на 25 °С. Якщо теплоємність 1 кг перцю дорівнює 4,04 кДж/кг, то тепловміст 1 т – 4040 кДж/т·°С, а 100 т – 404000 кДж тепла, яке треба видалити з партії перцю. У другому випадку теплоємність 1 кг перцю дорівнює 3,77 кДж/кг, то тепловміст 1 т дорівнює 3770 кДж/т·°С, а 100 т – 377000 кДж тепла.

Отже, розрахунки показують, що чим вищий в продукті вміст сухої речовини, тим нижчі теплоємність та ентальпія, тим менше треба витрати електроенергії або холоду для усунення тепла при охолодженні продукту до оптимальної температури зберігання. Тому необхідно завжди вираховувати структуру партії продукції за розміром, масою, вмістом сухої речовини, товщиною стінки, щоб розрахувати, яку кількість і за який час треба видалити. тепло, яке містить відповідна партія перцю. Подібні дослідження були проведені з качанами цукрової кукурудзи [9], цибулі [10], плодами груші [11].

Бібліографія

1. Колтунов В.А. Якість плодоовочевої продукції та технологія її зберігання. – У 2 ч. – Ч. I: Якість і збереженість картоплі та овочів: монографія / В.А. Колтунов. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2004. – 568 с.
2. Жадан В.З. Теплофизические основы хранения сочного растительного сырья на пищевых предприятиях / В.З. Жадан. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 238 с.
3. Колтунов В.А. Харчові продукти. Фрукти, ягоди, овочі, гриби: підручник / В.А. Колтунов. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. – 484 с.
4. Овощеводство Молдавии / [группа авторов; Н.Н. Загинайло]. – Кишинев: Картя Молдовеняске, 1970. – С. 223–254.
5. Дьяченко В.С. Повышение качества овощей. – М.: Россельхозиздат, 1972. – 104 с.
6. Фельдман А.Л. Факторы повышения качества свежих и консервированных плодов и овощей / А.Л. Фельдман. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 168 с.

7. Скорикова Ю.Г. Хранение овощей и плодов до переработки / Ю.Г. Скорикова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 200 с.

8. Сокол П.Ф. Зберігання картоплі та овочів / П.Ф. Сокол. – К.: Урожай, 1968. – 252 с.

9. Колтунов В.А. Фізичні, теплофізичні показники кукурудзи цукрової та інтенсивність зниження температури качанів при охолодженні та заморожуванні / Колтунов В.А., Шаповал С.Л., Коваль А.В. // Вісник Львівської комерційної академії. – 2016. – Вип. 16. – С.73–80.

10. Колтунов В.А. Інтенсивність зниження і підвищення температури цибулин залежно від їх розміру / В.А. Колтунов, І.М. Гордієнко // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво. – 2013. – № 9. – С. 294–302.

11. Колтунов В. Швидкість охолодження плодів груші літніх сортів / В. Колтунов, В. Мазур // Матеріали міжнародної наук.-практ. конф. «Товарознавство і торговельне підприємництво: стан, проблеми і перспективи», 18–19 квітня, 2013 р. – Київ. – С. 56–59.

Калайда К.В., Колтунов В.А.

Энтальпия плодов перца и скорость снижения их температуры.

Резюме. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению скорости снижения температуры плодов перца сладкого до оптимальной температуры хранения. Основываясь на полученные данные рассчитана энтальпия при указанных процессах, что делает возможным регулирование производства хладагента и продолжительность работы вентиляторов при хранении плодов перца.

Kalaida K.V., Koltunov V.A.

The enthalpy changes of sweet pepper fruits and their chilling rate.

Summary. The paper presents the results of experimental studies of determination the rate of reducing the temperature of sweet pepper fruits to the optimum storage temperature. Based on the findings, the enthalpy was calculated for these processes, which makes possible the regulation of production of the refrigerant and the duration of work of cooling ventilator during storage of sweet pepper fruits.