

est scientists and industrial profile farmer in the processing and manufacturing fruit and small fruit products.

Key words: scientific methodical and practical innovations, techniques of processing the fruits of the minor fruit and small fruit, blended juices and syrups for the healthy nutrition.

Одержано редколегією 16.05.2022

DOI: 10.35205/0558-1125-2022-77-162-171

УДК 57.086.13:664.853:006.83

СПОЖИВЧІ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СУБЛІМОВАНИХ ПЛОДІВ І ЯГІД

Ю.Ю. ВІНЦОВСЬКА, кандидат с-г. наук

Р.І. ГРИНИК, аспірант

Інститут садівництва НААН України, 03027, Київ-27, вул. Садова, 23, e-mail: yuliyavintskovskaya@gmail.com

У статті представлено літературний аналіз результатів вивчення впливу сублімаційного сушіння плодової та ягідної продукції на споживчі та біологічно цінні показники їх якості. Детально розглянуто технологічний процес ліофілізації, та етапи з яких вона складається. Під час теоретичного вивчення впливу сублімації на якість продукції встановлено неоднозначність даних, що сприяє подальшому більш детальному вивченню, враховуючи сортові та погодні чинники.

Ключові слова: сублімація (ліофілізація), плоди, вітамін С, титровані кислоти, цукри, поліфенольні речовини, антоціани.

Постановка проблеми. Плоди та ягоди є нутрієнтоцінним продуктом, важливим джерелом вітамінів, мінералів, харчових волокон, поліфенолів, каротиноїдів тощо. Переважну їх більшість людина споживає в сезон вирощування, проте він є досить коротким. Тому перед виробниками та переробниками плодової і ягідної продукції стоїть завдання пошуку способів післязбиральної доробки, які спрямовані на отримання натуральної, поживної та насиченої біологічно активними речовинами продукції.

Важливе місце в харчовій промисловості займають процеси сушіння. Вони підвищують відносну концентрацію нутрієнтоцінних складових продукції, подовжують термін її зберігання та мінімізують витрати на пакування, обробку і транспортування [1-3]. Найчастіше застосовують такі способи сушіння як: традиційне, під вакуумом, осмотичне зневоднення, ліофілізація а також різні їх комбінації. Сушені плоди можуть легко зберігатися протягом тривалого часу, а використання їх цілісними та у вигляді фруктових порошоків, як функціональних інгредієнтів у десертах, харчових концентратах, дієтичних добавках, чаях [4-7] робить їх широкоживаними та затребуваними.

Нині на противагу звичайним традиційним способам сушіння, котрі не завжди зберігають цілісність продукту, зокрема його сенсорні та споживчі цінності, застосовують сучасну технологію ліофілізації, котра уповільнює ферментативні реакції потемніння продукції та зберігає її товарні та споживчі показники якості [6-9].

Ліофілізована (сублімаційна) сушка - це процес видалення води зриводненням, через сублімацію її в лід, завдяки цьому призупиняється розвиток мікроорганізмів та продовжується термін придатності харчових продуктів [10]. При заморожуванні небажані зміни властивостей продукту мінімальні, а при сушінні у вакуумі структура, склад і поживні речовини харчових продуктів зберігаються в більшій мірі, ніж при використанні інших методів переробки [11]. Зазвичай даний метод рекомендується для сушіння продуктів, що містять термочутливі антиоксидантні компоненти, такі як аскорбінова кислота та фенольні речовини [12-15].

Технологічний процес сублімації складається з декількох етапів, які проводяться в певній чіткій послідовності:

- Підготовка продукції – плоди або ягоди сортують за станом стиглості, калібрують за розміром і миють в проточній воді до повного видалення всіх забруднень. Після миття воду з поверхні плодів і ягід видаляють обдуванням повітрям або стіканням. Плоди малини та ожини не миють.
- Заморожування – підготовані плоди вкладають на решітки з нержавіючої сталі в один або два шари і заморожують в морозильних камерах при температурі від $-25 \dots -30$ °C до досягнення ендогенної температури -18 °C. Для цілих плодів варто застосовувати швидке заморожування, це дозволяє створити дрібнокристалічну структуру льоду в тканинах, і тим самим попередити руйнування клітин. Таке заморожування є оптимальним для соковитої малини, суниці, ожини. Плоди інших ягідних культур, які мають щільну шкірочку (смородина чорна, жимолость голуба, чорниця високоросла), краще проколувати або розрізати, дана технологічна процедура сприяє збереженню цілісності отриманих субліматів. Для рідких продуктів, таких як плодове поре і сік, можна застосовувати як швидке, так і повільне заморожування.
- Сублімування – це процес утворення пари безпосередньо із твердої фази, який суттєво відрізняється від процесу пароутворення із рідкої. В першому випадку процес сублімації льоду розглядається як прямий перехід окремих молекул і навіть часток речовини із твердого стану безпосередньо в пар. Всі молекули і частки в поверхневому шарі пов'язані одна з одною енергією, яка еквівалентна теплоті сублімації. Такі молекули мають однакову вірогідність переходу із твердого стану в пар.

Механізм дегідратації сублімаційної сушки полягає в сублімації з фази кристалів льоду (первинне сушіння), що не призводить до пошкодження клітин через капілярну силу. Під час фази первинного сушіння тиск знижується (до кількох мілібар), і до матеріалу подається достатньо тепла, щоб вода піднялася. На початковій стадії сушіння випаровується до 95 % води. У цій фазі тиск контролюється застосуванням частково вакууму.

Для первинного сушіння рекомендується виконання таких умов:

- товщина шару продукції повинна бути мінімальною;

- парціальний тиск води має бути якомога нижче щоб підтримувати температуру трохи нижче так званої температури колапсу або найнижчої евтектичної температури.

Після первинного сушіння продукт може містити 5-30 % води. Це зв'язана вода. Вона може бути гідратною, внутрішньоклітинною або адсорбованою. Цю воду можна видалити шляхом нагрівання в умовах вакууму, як правило, при 15-40 °С приблизно 1/3 часу (вторинна сушка), що використовується для первинного сушіння [16].

Отже, процес ліофілізації відбувається наступним чином: у сублиматор закладається заморожена продукція, потім вона охолоджується до -30 °С, з подальшим зниженням температури, після цього за допомогою вакууму відкачується повітря. Після зниження тиску в камері починає поступово підвищуватись температура. Лід випаровується, а пара, що утворилася відкачується. Коли всі кристали льоду з продуктів випаруються, технологічний процес закінчений.

Залежно від продукту і потужності обладнання для процесу ліофілізації необхідно від 20 до 50 годин.

- Пакування продукту. Готовий сублимований продукт підлягає інспекції вручну або на сортувальній лінії, при цьому видаляють невисохлі і підгорілі плоди. Через високу гігроскопічність сублимованих плодів та ягід вивантаження їх із сублиматора, сортування і пакування повинні проходити в спеціальному приміщенні, де підтримується відносна вологість повітря на рівні 30 %, а температура 20-25 °С. У випадку неможливості термінового сортування та пакування використовують проміжні герметичні ємкості, оснащені речовиною чи приладом, що відкачує повітря, з метою зберігання сублимованих продуктів. Найчастіше, для зберігання сублиматів, використовують упаковки полімерного походження, з підкладками виготовленими з алюмінієвої фольги. Перевагою використання полімерної плівки є відмінні експлуатаційні властивості, маленька вага, високий показник міцності і невелика ціна. Тару із прозорих плівок, які не містять фольгу, можна використовувати лише для недовготривалого зберігання. Найбільш застосованим і якісним методом відкачування кисню є фізичний вплив шляхом вакуумування упаковки. Сортовану, розфасовану та упаковану продукцію зберігають у темному, сухому та теплом приміщенні.

Згідно аналізу літературних джерел, сублимаційна сушка має вплив на споживчі та біологічно цінні показники якості плодів і ягід.

Вітамін С вважається важливим індексом харчової якості продуктів через його низьку стабільність під час термічної обробки [17]. Збереження аскорбінової кислоти залежить від типу переробки, хімічного складу, морфологічної структури, сортових особливостей тощо [4, 18]. Ряд науковців зазначають, що післязбиральні процеси, в тому числі і різні види сушіння плодів, негативно впливають на їх хімічний склад, зокрема на вміст вітаміну С, поліфенолів та їх антиоксидантну активність [19-27]. Дослідник *Alejandro Reyes* встановив, що зменшення вітаміну С у процесі сублимування чорниці високорослої сорту *Highbush Duke* становило 81-118 мг/100 г сухої маси [28]. Такі ж результати були отримані і чилійськими науковцями, які зазначали що у плодах сублимованої чорниці вміст аскорбінової кислоти істотно знижувався порівняно із свіжими [29].

Зворотну думку, щодо сублімаційного сушіння, має *U.A. Fischer*. Він стверджує, що даний спосіб є одним з найкращих та найефективніших для зневоднення продукції [14]. *M. Jovanovic* вважає, що ліофілізація дозволяє максимально зберегти фітохімічні речовини та їх біологічну цінність у фруктових та овочевих порошках [30]. *Munir Ahmed*, посилаючись на це дослідження, підтверджує, що сублімацію можна застосувати для максимального збереження біоактивних сполук [32]. Окрім того у процесі сублімування плоди і ягоди залишаються легкими і хрусткими водночас [31, 33-36].

Польськими дослідниками встановлено, що у порошках, виготовлених із сублімованих плодів чорної смородини, збереження вмісту вітаміну С, порівняно зі свіжими ягодами, було на рівні 79,5 % [18]. Інші науковці довели, що вміст вітаміну С у ліофілізованих порошках суниці був лише на 14 % нижчим, ніж у свіжих фруктах [5]. Твердження про високий відсоток збереження аскорбінової кислоти у сублімованих плодах також підтвердили *Dario Donno*, *Fernandes F.A.N.*, *Rupasinghe H.V.*, *Hawllader M.N.A* [15, 37, 38, 39]. Зокрема, *Dillwyn Stephen* [40] встановив, що плоди тамарилли (*Cyphomandra betacea*), які культивуються в кількох районах Західних і Східних Гат в Індії, висушені в умовах ліофілізації, мали кращу антиоксидантну активність, більший вміст вітаміну С, ніж у зразках, висушених на сонці або в шафі. *Norshahida Mohamad Shofian* відмітив, що у ліофілізованих плодах п'яти тропічних фруктів: карамболи (*Averrhoa carambola L.*), манго (*Mangifera indica L.*), папайї (*Carica papaya L.*), мускусної дині (*Cucumis melo L.*) і кавуну (*Citrus lanatus (Thunb.)*) кількість аскорбінової кислоти мало змінювалася по відношенню до вмісту у свіжих [41].

Ряд канадських науковців зазначили, що сублімаційний метод сушіння допомоіг значно зберегти С-вітамінність яблучних снєків із плодів сорту Редкліф, ніж при сушінні на повітрі та у сушильній шафі [43, 44]. Так його кількість у свіжих яблучних скибочках вищевказаного сорту становила $112,43 \pm 0,18$ мг/100 г сухої маси, а у сублімованих при температурі 20 °С протягом 24 год. – $110,91 \pm 4,41$ мг/100 г сухої маси, при 50 °С протягом 24 год. – $53,19 \pm 2,56$ мг/100 г сухої маси [43].

Титровані органічні кислоти разом з клітковиною синергетично підтримують травну систему людини в здоровому стані, вони підвищують біодоступність мінеральних елементів, таких, як залізо та кальцій [45]. Стабільність вмісту титрованих кислот у плодовій продукції, як стверджують *Pellegrini N.* та *Serafini M.*, може порушуватися різними способами післязбиральної доробки, переробки та зберігання, незважаючи на їх високу стабільність у порівнянні із іншими сполуками та пігментами [46]. *Dario Donno* в процесі своїх досліджень підтвердив результати, отримані іншими вченими. Він стверджує, що сублімовані яблука сортів Голден Делішес та Камела містять значно більшу кількість органічних кислот (винна і яблучна) порівняно із свіжими плодами [15]. Про те, що процес сублімування сприяє збільшенню не лише титрованих кислот, а й інших сполук, повідомляли такі дослідники, як *Dario Donno*, *Joshi A.*, *Rupasinghe H.*, *Scheuermann E.* [15, 44, 47]. Зокрема, вони встановили, що сублімовані яблучні снєки мали вищий вміст цукрів ніж свіжі плоди [15], схожі результати отримали канадські дослідники по сорту яблук Редкліф [44].

Результати досліджень впливу ліофілізації на зміну поліфенольного комплексу та біоактивності плодів досить суперечливі. Так, дослідники на чолі *Scheuermann E.* довели, що вміст фенолів і антиоксидантна активність ягід муртилли (*Ugni molinae Turcz*) в процесі сублимування збільшується [47]. Незначні зміни відмічали у яблучних sneках із сорту Редкліф – вміст загальних фенолів у свіжих плодах був трохи меншим ніж у сублимованих [44]. Такі науковці, як *Kaya, Skrovankova S., Değirmencioglu N.* дослідили, що сушіння фруктів під час виробництва закусок суттєво не змінює їх якісний поліфенольний профіль [42, 48, 49], а саме, виробничий процес не впливає на рівень флаваноїдів [48]. При цьому антиоксидантна активність не зазнає значного впливу ліофілізації [15]. Факт збільшення поліфенольного комплексу у сублимованих ягодах чорниці довів американський дослідник *Esteban I.* Ним відмічено, що кількість поліфенолів у свіжих ягодах становила 361,0 мг/100 г, тоді, як у сублимованих їх було 508,2 мг/100 г, а антоціанів – 114,59 та 308,1 мг/100 г відповідно [50].

Інші дані, суперечливі вище наведеним, у процесі своїх досліджень отримали дослідники *Paes J., Dotta R.* Вони встановили факт зменшення фенольних сполук у сублимованих порошках чорниці, порівняно із свіжими ягодами. Але це зменшення було незначним в порівнянні зі зменшення при конвективній та розпилювальній сушці, і становило 85 на противагу 18 % при ліофілізації. Зниження рівня вмісту антоціанів у чорниці після сублимування [51], а також у плодах яблуні та годжі [15] дослідники пояснюють деградацією даних речовин спричинену термообробкою.

Висновки. Теоретичним опрацюванням даних наукових робіт багатьох дослідників по впливу сублимування на збереження споживчих і біоактивних показників якості плодів та ягід було виявлено неоднозначність отриманих даних. Зокрема, такі дослідники, як *Jovanovic M., Munir Ahmed, Sadowska A., Świdorski F., Dario Donno, Rupasinghe H.V., Fernandes F.A.N., Hawlader M.N.A.* доводять про позитивний вплив сублимування на збереження С-вітамінності, поліфенольного комплексу, антиоксидантної активності, а також споживчих складових плодів. Інші науковці, на противагу їм, доводять факт негативного впливу даного способу перероблення на біоактивність та поживність сублиматів. Незважаючи на неоднозначність отриманих даних, більшість авторів наголошують на сортових особливостях різних культур. Тому, нині актуальним і доцільним є питання визначення сортів плодово-ягідних культур, плоди яких при термічній обробці, що є основою процесу сублимування, не втрачають або максимально зберігають свою фітоактивність, споживчу цінність, а також сенсорні і товарні показники якості.

Список використаної літератури

1. Ratti C., Araya-Farias M. Advances in Food Dehydration. In Dehydration of Foods. CRC Press: Boca Raton. FL. USA, 2009. 468 p.
2. Dandamrongrak R., Young G., Mason R. Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models. *Journal of Food Engineering*. 2002. V. 55 (2). P. 139-146. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00028-6.
3. Effects of drying methods on the nutritional aspects, flavor, and processing properties of Chinese chestnuts / Zhang L. et al. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. V. 55. P. 3391-3398. DOI: 10.1007/s13197-018-3227-6.

4. Comparison of quality and microstructure of chokeberry powders prepared by different drying methods, including innovative fluidized bed jet milling and drying / Sadowska A., Świdorski F., Rakowska R., Hallmann E. *Food Science and Biotechnology*. 2019. V. 28. P. 1073-1081. DOI: 10.1007/s10068-019-00556-1.
5. Sadowska A., Świdorski F., Hallmann E. Bioactive, physicochemical and sensory properties as well as microstructure of organic strawberry powders obtained by various drying methods. *Applied Sciences*. 2020. V. 10. P. 4706. DOI: 10.3390/app10144706.
6. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances / Rawson A. et al. *Food Research International*. 2011 V. 44. P. 1875-1887. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.02.053.
7. Shahidi F., Tan Z. Raisins: Processing, phytochemicals, and health benefits. *Dried Fruits*. 2013. P. 372-392. DOI: 10.1002/9781118464663.ch20.
8. Alasalvar C., Shahidi F. *Dried Fruits: Phytochemicals and Health Effects*. NJ : Wiley-Blackwell. Hoboken, 2013. 508 p. DOI:10.1002/9781118464663
9. Alasalvar C., Shahidi F. Composition, phytochemicals, and beneficial health effects of dried fruits: An overview. In *Dried Fruits: Phytochemicals and Health Effects*. NJ : Wiley-Blackwell: Hoboken, 2013. P. 1-19. <https://doi.org/10.1002/9781118464663.ch1>.
10. Turan A. Effect of drying methods on nut quality of hazelnuts (*Corylus avellana L.*). *Journal of Food Science and Technology*. 2018. V. 55. P. 4554-4565. DOI: 10.1007/s13197-018-3391-8.
11. Поповський В.Г. Сублимаційна сушка пищевих продуктів рослинного походження. Москва, 1975. 329 с.
12. Marques L.G., Prado M.M., Freire J.T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *Journal of Food Science and Technology*. 2009. V. 42. № 7. P.1232-1237. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.02.012.
13. Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of food Engineering*. 2001.V. 49. Is. 4. P. 311-319. DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00228-4.
14. Fischer U. A., Carle R., Kammerer D. R. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum L.*) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn. *Food Chemistry*. 2011. V. 127. №. 2. P. 807-821. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.156.
15. Traditional and unconventional dried fruit snacks as a source of health-promoting compounds / Donno Dario et al. *Antioxidants*. 2019. V.8(9). P. 396. DOI: 10.3390/antiox8090396.
16. Okechukwu Jon-nwakalo. Food Security in Nigeria: Freeze Drying. Seminar Food Science, 2014. 22 p. URL: https://www.academia.edu/9078355/Food_Security_in_Nigeria_Freeze_Drying (дата звернення: 30.05.2022)
17. Di Scala K. C., Crapiste G. H. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *Food Science and Technology Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 2008. 41(5). P. 789-795. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.06.007.
18. Properties and microstructure of blackcurrant powders prepared using a new method of fluidized-bed jet milling and drying versus other drying methods / Sadowska A. et al. *CyTA-Journal of Food*. 2019. V. 17. P. 439-446. DOI: 10.1080/19476337.2019.1596985.

19. Pérez-Gregorio M.R., Garcia-Falcon M.S., Simal-Gandara J. Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. *Food Chemistry*. 2011. V. 124. P. 652-658. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2010.06.090.
20. Influence of alcoholic fermentation process on antioxidant activity and phenolic levels from mulberries (*Morus nigra L.*) / Pérez-Gregorio M.R. et al. *LWT-Food Science and Technology*. 2011. V. 44. P. 1793-1801. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.03.007.
21. Changes in antioxidant flavonoids during freeze-drying of red onions and subsequent storage / Pérez-Gregorio M.R. et al. *Food Control*. 2011. V. 22. P. 1108-1113. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.01.006.
22. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits / Patthamakanokporn O., Prapasri P., Anadi N., Prapaisri P.S. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2008. V. 21. P. 241-248. DOI: 10.1016/j.jfca.2007.10.002.
23. Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs / Rodrigues A.S., Pérez-Gregorio M.R., García-Falcón M.S., Simal-Gándara J. *Food Research International*. 2009. V. 42. P. 1331-1336. DOI: 10.1016/J.FOODRES.2009.04.005.
24. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata Duch.*) flours / Que F., Mao L., Fang X., Wu T. *International Journal of Food Science and Technology*. 2008. V. 43. P. 1195-1201. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01590.x.
25. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. A. Wojdyło, A. Figiel, K. Lech, P. Nowicka, J. Oszmiański. *Food Bioprocess Technology*. 2013. V. 7. P. 829-841. DOI: 10.1007/s11947-013-1130-8.
26. Wojdyło A., Figiel A., Oszmiański J. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2009. V. 57. P.1337-1343. DOI: 10.1021/jf802507j.
27. Sumczynski D., Mlecek J., Jurikova T., Sochor J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / Skrovankova S. et al. *International journal of Molecular Sciences*. 2015. V. 16. P. 24673-24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.
28. Effect of operating conditions in freeze-drying on the nutritional properties of blueberries / Reyes Alejandro et al. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2011. V. 62. P. 303-306. DOI: 10.3109/09637486.2010.534078.
29. Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O'Neil / López J. et al. *Food and Bioprocess Technology*. 2010. V. 3. P. 772-777. DOI: 10.1007/s11947-009-0306-8.
30. Bioactivity and sensory properties of probiotic yogurt fortified with apple pomace flour / Jovanovic M. et al. *Foods*. 2020. V. 9. № 6. P. 763.
31. Effect of drying on the bioactive compounds, antioxidant, antibacterial and antityrosinase activities of pomegranate peel / Mphahlele R. R., Fawole O. A.,

- Makunga N. P., Opara U. L. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2016. V. 16. № 1. P. 143. DOI: 10.1186/s12906-016-1132-y.
32. Effect of freeze-drying on apple pomace and pomegranate peel powders used as a source of bioactive ingredients for the development of functional yogurt / Munir Ahmed et al. *Journal of Food Quality*. 2022. Article ID 3327401. 9 p. DOI: 10.1155/2022/3327401.
 33. Lyophilization/Freeze Drying - An Review / Nireesha G.R. et al. *International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences*. 2013. 3(4). P. 87-98.
 34. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review / Karam M.C. et al. *Journal of Food Engineering*. 2016. V. 188. P. 32-49. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001.
 35. Bruttini R., Liapis A. I. Freeze Drying. Handbook of Industrial Drying. CRC Press, 2007. 1276 p.
 36. Samaticha J., Wojdylo A. The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. V. 66. P. 484-489. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.073.
 37. Drying of exotic tropical fruits: a comprehensive review / Fernandes F.A.N., Rodrigues S., Law C.L., Mujumdar A.S. *Food Bioprocess Technology*. 2011. V. 4. P. 163-185. DOI: 10.1007/s11947-010-0323-7.
 38. Rupasinghe H.V., Joshi A.P. Phytochemicals and health benefits of dried apple snacks. *Dried Fruits: Phytochemicals and Health Effects*. NJ : Wiley-Blackwell. Hoboken, 2013. P. 211-225. DOI: 10.1002/9781118464663.ch11
 39. Drying of guava and papaya: Impact of different drying methods / Hawlader M.N.A., Perera C.O., Tian M., Yeo K.L. *Drying Technology*. 2006. V. 24. P. 77-87. DOI: 10.1080/07373930500538725.
 40. Impact of drying methods on the quality of bioactive components in tree tomato (*Cyphomandra betacae*) / Dillwyn Stephen, Kulastic Jassy Antony, Pragalyaashree Maripillai Munusamy, Tiroutchelvame Deivanayagame. *Trends in Sciences*. 2022. V. 19. № 2. P. 2060. DOI: 10.48048/tis.2022.2060.
 41. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits / Norshahida Mohamad Shofian et al. *International journal of Molecular Sciences*. 2011. V. 7. P. 678-4692. DOI: 10.3390/ijms12074678.
 42. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / Skrovankova S. et al. *International journal of Molecular Sciences*. 2015. V. 16. P. 24673-24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.
 43. Joshi A., Rupasinghe H., Khanizadeh S. Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of food processsing and preservation*. 2011. V. 35, Is. 4. P. 453-457. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2010.00487.x.
 44. Joshi A., Rupasinghe H., Pitts N. Comparison of nonfried apple snacks with commercially available fried snacks. *Food science and technology international*. 2011. V. 17, Is. 3. P.249-255. DOI: 10.1177/1082013210382337.
 45. Effect of tartaric acid and dietary fibre from sun-dried raisins on colonic function and on bile acid and volatile fatty acid excretion in healthy adults / Spiller G.A. et al. *British journal of nutrition*. 2003. V. 90. P. 803-807. DOI: 10.1079/BJN2003966.

46. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays / Pellegrini N. et al. *Molecular nutrition food research*. 2006. V. 50. P. 1030-1038. DOI: 10.1002/mnfr.200600067.
47. Evolution of aroma compounds of murtilla fruits (*Ugni Molinae Turcz*) during storage / Scheuermann E. et al. *Journal of the science of food and agriculture*. 2008. V. 88. P. 485-492. DOI: 10.1002/JSFA.3111.
48. Influence of hot air drying on phenolic compounds and antioxidant capacity of blueberry (*Vaccinium myrtillus*) fruit and leaf / Değirmencioglu N., Gürbüz O., Karatepe G.E., Irkin R. *Journal of applied botany and food quality*. 2017. V. 90. P.115-125. DOI: 10.5073/JABFQ.2017.090.014.
49. Kaya A., Aydın O., Kolaylı S. Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa Planch*). *Food Bioproduct Processing*. 2010. V. 88. P. 165-173. DOI: 10.1016/j.fbp.2008.12.001.
50. Improving nutritional value of dried blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*) combining microwave-vacuum, hot-air drying and freeze drying technologies / Esteban I. Mejía-Meza et al. *International journal of food engineering*. 2008. V. 4, Is. 6. P. 34. DOI:10.2202/1556-3758.1364.
51. Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus L.*) residues using supercritical CO₂ and pressurized liquids / Paes J., Dotta R., Barbero G.F., Martínez J. *Journal of supercritical fluids*. 2014. V. 95. P. 8-16. DOI:10.1016/j.supflu.2014.07.025.

CONSUMER AND BIOLOGICALLY ACTIVE QUALITY INDICATORS OF SUBLIMATED FRUITS AND BERRIES

Yu.Yu. VINTSKOVSKA, PhD

R.I. HRYNYK, Post Graduate Student

Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine, 03027, Kyiv-27, str. Sadova, 23,
e-mail: yuliyavintskovskaya@gmail.com

The article shows the effect of freeze-drying on consumer and biologically valuable indicators of product quality. An important place in the food industry is occupied by drying processes, one of them is sublimation, which is recommended for products containing heat-sensitive antioxidant components such as ascorbic acid and phenolic substances.

The article describes in detail the technological process of lyophilization and the stages of which it consists, namely: product preparation, freezing, sublimation, which is divided into primary and secondary drying, and packaging of the dried product.

During the theoretical study of the question of the influence of sublimation on the quality of products, the ambiguity of the data was established, which contributes to further, more detailed study, taking into account varietal and weather factors. For example, a number of scientists Pérez-Gregorio, Robles-Sánchez R.M., Pathamakanokporn O., Pérez-Gregorio M.R., Pérez-Gregorio M.R., Rodrigues A.S., Que F., Mao L., Wojdyło A., Figiel A., Wojdyło A., Figiel A., Skrovankova S., Sumczynski D., Wojdyło A., Figiel A. note that post-harvest processes, including various types of

fruit drying, negatively affect their chemical composition, in particular, the content of vitamin C, polyphenols and their antioxidant activity. The claim of a high percentage of ascorbic acid retention in freeze-dried fruits was confirmed by Dario Donno, Rupasinghe H.V., Fernandes F.A.N., Hawlader M.N.A.

Studies on the effect of lyophilization on the polyphenolic complex and bioactivity of fruits are quite controversial. Researchers Schueermann E. et al proved that phenolic content and antioxidant activity increased during sublimation, while Kaya, Skrovankova S., Değirmencioğlu N. reported that drying fruits during the production of snacks does not significantly change their qualitative polyphenolic profile. The fact of an increase in the polyphenolic complex in freeze-dried blueberries was proven by the American researcher Esteban I. Other data contradicting the above data were obtained in the course of their research by researchers Paes J., Dotta R., who note that lyophilization reduces the amount of phenolic compounds.

Key words: sublimation (liophilization), fruits, vitamin C, sugars, titrated acids, polyphenolic substances, anthocyanins.

Одержано редколегією 30.08.2022

DOI: 10.35205/0558-1125-2022-77-171-178

УДК: 547.534.1:664.8.03:634.11

ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ОБРОБКА ЯБЛУК ПРЕПАРАТОМ SMART FRESH PROTABS ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЩІЛЬНІСТЬ ТА ЕТИЛЕН-АКТИВНІСТЬ

В.В. ЛЕУС, кандидат с.-г. наук

Державний біотехнологічний університет, 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44,
e-mail: vitaliyleus79@gmail.com

В результаті досліджень доведено доцільність обробки яблук після збирання препаратом Smart Fresh ProTabs, що забезпечує суттєву різницю щільності м'якушу плодів оброблених плодів порівняно з контрольними зразками після стрес-тесту, зберігаючи їх протягом 10 діб при температурі 18-23 °С. Результатами досліджень встановлено значне сповільнення виділення етилену оброблених плодів яблуни препаратом Smart Fresh ProTabs, що забезпечує збереження кольору плодів, їх товарного вигляду, сповільнює дозрівання та старіння, а також втрапи щільності м'якуша.

Ключові слова: Smart Fresh ProTab, 1-метилциклопропен, зберігання, яблука, післязбиральна обробка, щільність плодів, етилен-активність

Постановка проблеми. Зовнішній вигляд і смак плодів яблуни (*Malus domestica* Borkh.) – головні ознаки, що визначають попит на продукцію садівництва [1]. Споживач, зазвичай, надає перевагу соковитим плодам, оцінює їх свіжість, щільність м'якушу й аромат. Яблука, щільність яких менше