ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 664.844:663.05
DOI https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.3.2/20

Писарєв М.Г.
Національний університет харчових технологій

Левківська Т.М.
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ В КАРТОПЛІ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА СУШЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

У статті розглянуто проблему промислової переробки картоплі, яка сьогодні має актуальне значення, оскільки вона дозволяє скоротити місткість овочесховищ і знизити транспортні перевезення. Враховуючи те, що один кілограм сушеної картоплі еквівалентний восьми кілограмам свіжої, економія у межах держави може бути надзвичайно істотною. При цьому ліквідуються втрати картоплі при зберіганні, більш повно зберігається харчова цінність, з'являється можливість збагачення продуктів вітамінами та іншими цінними компонентами, створюються умови для комплексної переробки сировини з повною утилізацією відходів і створення запасів продуктів з картоплі на випадок неврожаю. Описується важливість збереження вітамінного складу картоплі, в першу чергу аскорбінової кислоти, яка належить до групи водорозчинних вітамінів та бере участь в окисно-відновних реакціях, у багатьох процесах обміну, зокрема в регуляції вуглеводного обміну, обміну ароматичних амінокислот, тироксину, у синтезі катехоламінів, стероїдних гормонів, інсуліну. В ході досліджень встановлено, що кількісні втрати аскорбінової кислоти в технологіях сушеної картоплі можуть досягати 70–75 %. Особливо важливим в умовах сьогодення також є те, що виробництво продуктів з картоплі дозволяє також значно зменшити трудомісткість приготування їжі на підприємствах громадського харчування і в домашніх умовах. Вченими розроблено нову технологію сушеного напівфабрикату з картоплі. Визначено органолептичні і фізико-хімічні показники якості, хімічний склад і харчова цінність готової продукції. Запропоновано напрями його використання. Описано що основним недоліком конвективного способу сушіння є його довготривалість, а при використанні НВЧ способі сушіння є локальні перегріви напівфабрикату внаслідок інтенсивного впливу, що негативно позначається на якості готового продукту та вимагає досушування конвективним способом. Встановлено переваги для НВЧ-конвективного способу – це можливість інтенсифікації процесу та збільшення вмісту аскорбінової кислоти.

Ключові слова: *сушений продукт, напівфабрикат, картопля, якість, харчова цінність.*

Постановка проблеми. Сучасні раціони харчування багатьох українців відрізняються дефіцитом багатьох вітамінів, особливо вітамінів з антиоксидантної ряду. Серед щоденних продуктів харчування можна виділити кілька основних груп, типових для середньостатистичного українця. В першу чергу це стосується картоплі, споживання якої в Україні перевищує фізіологічну норму. Картопля є одним їх найважливіших продуктів харчування, а продукти її переробки покривають собою половину потреби організму в аскорбіновій кислоті (вітаміну С). При достатньому вживанні в їжу картоплі людина в значній мірі задовольняє свої потреби у багатьох поживних речовинах [1]. Картопля є масовим продуктом харчування, вживаним українцями майже щодня. Тому виробництво високоякісних продуктів з картоплі має актуальне значення. Корінні зміни в житті нашої країни зумовили структурні зрушення в харчуванні населення. Поряд зі збільшенням споживання цінних харчових продуктів безперервно зростає попит на готові до вживання харчові вироби і напівфабрикати. Серед овочевих напівфабрикатів, що випускаються в останні роки, особливого значення набуває сушена картопля [2]. Виробництво сушеної картоплі – досить трудомісткий процес, головним завданням якого є збереження якості вихідної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При переробленні картоплі особливо важливо зберегти її вітамінний склад, в першу чергу аскорбінову кислоту, вміст якої в бульбах коливається від 10 до 46 мг/% [1; 3]. Аскорбінова кислота належить до групи водорозчинних вітамінів. Бере участь в окисно-відновних реакціях, у багатьох процесах обміну, зокрема в регуляції вуглеводного обміну, обміну ароматичних амінокислот, тироксину, у синтезі катехоламінів, стероїдних гормонів, інсуліну. Є необхідною складовою частиною у процесі зсідання крові, синтезу колагену, проколагену, регенерації сполучної та кісткової тканин. Регулює проникність капілярів (пригнічує гіалуронідазу). Бере участь у всмоктуванні заліза та синтезі гемоглобіну. За участю аскорбінової кислоти відбувається інактивація вільних радикалів, у зв'язку з чим аскорбінова кислота запобігає ушкодженню мембран клітин, зокрема лімфоцитів, внаслідок перекисного окислення. Така дія спричиняє цілий ряд імуномодулюючих ефектів, зокрема посилює хемотаксис, синтез та вивільнення інтерферону, покращує міграцію лімфоцитів [4].

На кількість вітамінів в сушеній картоплі-напівфабрикаті впливають багато факторів, зокрема вихідний вміст вітамінів, умови і тривалість зберігання картоплі, попереднє оброблення і сушіння сировини, способи упаковки, умови і тривалість зберігання готової продукції. Головне завдання при переробленні картоплі – забезпечення максимального збереження аскорбінової кислоти на кожній стадії технологічного процесу. У процесі підготовки до сушіння картоплю чистять, ріжуть, бланшують і охолоджують у воді, розкладають на сита, а потім сушать. З метою запобігання потемнінню картоплі, необхідно зруйнувати окислювальну систему або ізолювати її від кисню повітря [5]. На практиці частіше застосовують перший спосіб – її інактивують бланшуванням або сульфітацією.

Можна також витримувати очищену картоплю у воді. При цьому кисень повітря не має доступу до картоплі [6].

Зазвичай ферменти картоплі руйнуються під час попереднього відварювання або бланшування, яке здійснюють обробкою бульб гарячою водою або парою при температурі не нижче 105 °С. Температура 75 °С і вище також є згубною для ферментів – вони інактивують або втрачають свою активність. Вченими [7–9] також встановлено, що бланшування у гарячому розчині лимонної кислоти концентрацією 0,1–0,3 % також позитивно впливає на збереження кольору картоплі та вміст аскорбінової кислоти.

Доведено, що при зберіганні сушених овочів активність ферментів залежить від температури попередньої обробки сировини і температури сушіння [6–8].

Деякі автори рекомендують обробляти сировину обкурюванням або обробкою сировини слабким водним розчином сірчистої кислоти або деякими її солями. Причому сульфітація застосовується поряд з бланшуванням або замість його. Сутність стабілізуючої дії сірчистої кислоти полягає в необоротності інактивації дії пероксидази і придушення активності поліфенолоксидази. Дія сірчистої кислоти зводиться до блокування активних груп ферментів, що викликають окислення вітаміну аскорбінової кислоти. При цьому пригнічується аскорбіноксидаза. У той же час сульфітація забезпечує краще збереження аскорбінової кислоти при зберіганні сушених продуктів тільки для тієї сировини, яка багата на цей вітамін. Вченими отримані дані про позитивний вплив сульфітації на збереження аскорбінової кислоти і β-каротину. Однак, сульфітація картоплі перед сушінням погіршує смак готового продукту і багатьма авторами не рекомендується [10; 11].

Окрім попередньої підготовки картоплі, велику увагу слід приділити процесу сушіння. Відомо багато способів сушіння, однак параметри проведення залежать від форми, розмірів та процесу попередньої підготовки картоплі, що суттєво впливає на вміст аскорбінової кислоти в готовому продукті чи напівфабрикаті [7; 8; 12; 13].

Таким чином, збереження чи збільшення вітамінного складу картоплі при її сушінні є вельми актуальним завданням.

Постановка завдання. Метою роботи було розробити нові технологічні рішення для максимального збереження аскорбінової кислоти при переробленні картоплі на напівфабрикат.

Виклад основного матеріалу. Якість сушеної картоплі та напівфабрикатів залежить від вмісту цукрів, які мають негативний вплив на якість продукту при сушінні. Високий вміст моноцукрів у сушеній картоплі приводить до неферментативного потемніння, зумовленого реакціями меланоїдиноутворення. Було проведено аналіз хімічного складу й технологічних характеристик сучасних сортів картоплі з істотним вмістом харчових волокон, які зумовлюють структуру сировини. Тому потрібно було обрати такі сорти, хімічний склад і технологічні особливості яких, забезпечили високі якісні показники готового продукту. Встановлено, що використання сортів картоплі з низьким вмістом крохмалю, дозволяють отримати найкращі якісні показники сушеного напівфабрикату [14].

Методика роботи полягала в наступному. Картоплю сортували, калібрували, мили, інспектували на наявність загнили або пошкоджених примірників. З метою проведення ефективного технологічного процесу, очищену картоплю ополіскували, нарізали на пластинки товщиною 1,5–2 мм, проводили короткочасне бланшування і піддавали сушінню. Отримані зразки оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

В ході теоретичних і практичних досліджень встановлено, що кількісні втрати аскорбінової кислоти в технологіях сушеної картоплі можуть досягати 70–75 %. Ці втрати спостерігаються при очищенні, різанні, бланшуванні і сушінні підготовленої сировини. Зниження втрат при очищенні і різанні можливо досягти рекомендуючи паротермічний спосіб очищення картоплі. При зберіганні очищеної і нарізаної картоплі у воді і її бланшуванні частина аскорбінової кислоти внаслідок дифузійних процесів переходить в воду. В роботі запропоновано впливати на цей процес за рахунок використання замість води розчину аскорбінової кислоти концентрацією 3–5 %. Таким чином, при врівноважені концентрацій аскорбінової кислоти, що знаходиться в картоплі і зовнішньому розчині, дифузійні процеси можливо призупинити.

Наступним етапом роботи було дослідження процесу сушіння, яке проводили конвективним способом при різних температурах в межах 50–100 °С, змінюючи швидкість руху повітря. Встановлено що найкращим режимом сушіння є сушіння при температурі 70 °С, і швидкості руху повітря в середині камери 2–6 м/с. Сушіння проводили до вмісту сухих речовин 8 %, при цьому тривалість становила 90 хвилин. Отримані дані зміни вмісту аскорбінової кислоти під час перероблення картоплі із застосуванням конвективного сушіння відображені в таблиці 1.

Але відомо, що конвективний спосіб сушіння є найтривалішим з усіх, тому також було досліджено сушіння в полі НВЧ. НВЧ опромінення проводилося при величині теплового потоку 170–850 Вт/см^2. При підведенні теплового потоку величиною 170–300 Вт/см^2 процес сушіння був тривалим та спостерігалось неоднорідність та зміна забарвлення готового напівфабрикату. Підведення теплового потоку густиною 650–850 Вт/см^2 призводило до локального пригорання напівфабрикату та втрат аскорбінової кислоти до 70 %. Тому оптимальним є сушіння картоплі в полі НВЧ при величині теплового току в межах 350–600 Вт/см^2. Дані по зміні вмісту аскорбінової кислоти в картоплі під час її перероблення та сушіння в полі НВЧ, відображені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1 вміст аскорбінової кислоти після процесу бланшування та охолодження у розчині аскорбінової кислоти дозволив досягти показника в напівфабрикаті, отриманого конвективним способом 173 мг/% і 390 мг/% при використанні НВЧ, що значно більше від вихідного вмісту.

Отримані зразки картоплі висушеної в полі НВЧ представлені на рисунку 1.

Дослідження органолептичних показників та хімічного складу отриманих зразків сушеної картоплі-напівфабрикату свідчить про його відмінні показники. Це – і загальний зовнішній вигляд, і яскраво виражений привабливий для споживача жовтий колір. Новий сушений продукт з картоплі відповідає вимогам діючих стандартів, містить до 390 мг/% аскорбінової кислоти, що дає можливість вважати його вітамінізованим. Отримані зразки випробували в лабораторних умовах в технологіях приготування перших і других обідніх страв. Була проведена порівняльна оцінка і дегустація виготовлених страв, яка показала переваги використання нових напівфабрикатів. Таким чином, проведені дослідження, дозволяють запропонувати вдосконалену технологію отримання сушеного картоплі, яка буде полягати в наступному (рисунок 2).

Таблиця 1

Зміна вмісту аскорбінової кислоти в картоплі під час її перероблення

Вид обробки	Вміст сухих речовин, %	Вміст аскорбінової кислоти, мг/%	
		у натуральній величині	у перерахунку на суху речовину
Картопля свіжа	20	12	60
Картопля після охолодження у розчині аскорбінової кислоти 3–5 % (вітамінізована)	17	160	941
Картопля висушена конвективним способом	92	50	54
Картопля конвективним способом вітамінізована	92	173	188
Картопля висушена в полі НВЧ	92	55	60
Картопля висушена в полі НВЧ вітамінізована	92	390	424

а **б**

Рис. 1. Зразки сушеної вітамінізованої картоплі-напівфабрикату, отриманої:
а – конвективним сушінням, б – в полі НВЧ

Спочатку картопля повинна пройти сортування і калібрування. При цьому бульби розподіляються на наступні фракції: великі – понад 6,5 см, середні – від 5 до 6,5 см і дрібні – від 4 до 5 см. Цю операцію необхідно виконувати ретельно, так як неуважна калібрування сировини збільшує кількість відходів при очищенні, ускладнює процес бланшування і негативно впливає на якість сушеної продукції. Для переробки рекомендуються бульби великих і середніх розмірів. Картоплю миють в спеціальних мийних машинах з метою видалення бруду, сторонніх домішок (землі, соломи тощо). Тривалість миття в мийних машинах залежить від ступеня забруднення картоплі. Відмиту картопля інспектують за якістю, відбираючи бульби роздавлені, загнили, потворної форми і т.п. Очищення також виконують на відповідних машинах паротермічним способом. Інспекцію і доочистку картоплі виконують вручну. Для ополіскування необхідно використовувати слабкий розчин аскорбінової кислоти концентрацією 3–5 %, його ж використовують повторно, після різання картоплі на шматочки певної форми (пластинки, кубики, брусочки). Сушіння картоплі проводять загальноприйнятим способом до вологості 12 %. Після цього картоплю направляється на охолодження, фасування, вакуумну упаковку, оформлення готової продукції з наступною передачею на складське зберігання.

Висновки. У роботі запропоновано нові технологічні рішення для поліпшення якості і підвищення харчової цінності сушеної картоплі-напівфабрикату. Встановлено, що збереження аскорбінової кислоти картоплі забезпечується за рахунок додаткового оброблення її розчином

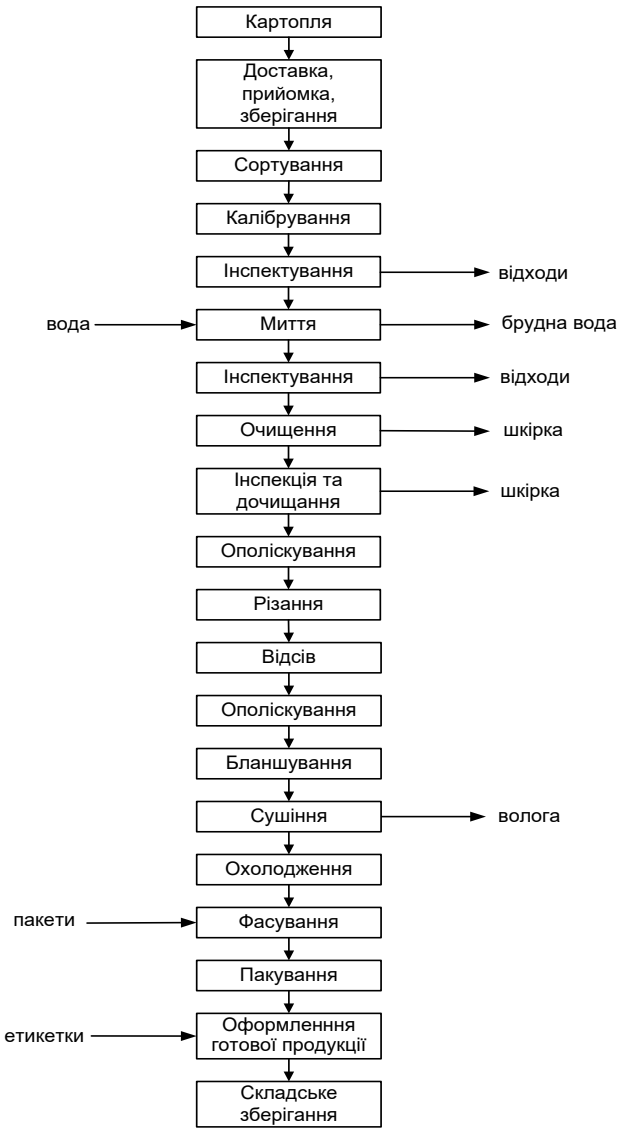

Рис. 2. Принципово-технологічна схема виробництва сушеної картоплі-напівфабрикату

аскорбінової кислоти концентрацією 3–5 % після бланшування. Процес сушіння підготовленої картоплі доцільно проводити в полі НВЧ, що дозволяє отримати напівфабрикат із високими органолептичними показниками та вмістом аскорбінової кислоти 390 мг/%.

Список літератури:

1. Salunkhe D. K., Desai B. B., Chavan J. K. Potatoes. In *Quality and preservation of vegetables.* 2021. P. 1–52.

2. Марценюк І. М.; Заволока К. С. Характеристика продукції, що виробляється з картоплі. Конференцію зареєстровано в УкрІНТЕІ (посвідчення № 645 від 21.10. 2020 р). 2020. С.169.

3. Giannakourou Maria C.; Taoukis Petros S. Effect of alternative preservation steps and storage on vitamin C stability in fruit and vegetable products: Critical review and kinetic modelling approaches. *Foods*. 2021. P. 10.

4. García Procaccini L. M., Huarte M., Goñi M. G., Martinez M. J. Ascorbic Acid and Citric Acid Treatments Increase the Shelf Life of Fresh-Cut Potato: Cultivar Effect. Potato Research. 2024. P. 1–23.

5. Tsouvaltzis Pavlos; Brecht Jeffrey K. Inhibition of enzymatic browning of fresh-cut potato by immersion in citric acid is not solely due to pH reduction of the solution. *Journal of food processing and preservation.* 2017. P. 41.

6. Dyab A. S., El-El-Sherif G., Gab-Allah R. Evaluate The Effect of Pretreatments Drying and Techniques on the Sweet Potato Slices. Food Technology Research Journal. 2023. № 1 (3). P. 9–19.

7. Sun X., Jin X., Fu N., Chen X. Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes. *Food Science & Nutrition.* 2020. № 8 (11). P. 5767–5775.

8. Wang H., Liu Z. L., Vidyarthi S. K., Wang Q. H. Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, microstructure, and energy consumption of potato (Solanum tuberosum L.) cubes. Drying Technology. 2020. № 39 (3). P. 418–431.

9. Lagnika C., Riaz A., Jiang N., Song J., Effects of pretreatment and drying methods on the quality and stability of dried sweet potato slices during storage. *Journal of Food Processing and Preservation.* 2021. № 45 (10). e15807.

10. Desmon, A., Elias L., Divine B. N. Optimization of the blanching of potato (Solanum tuberosum L) slices by response surface methodology: Effect on the vitamin C content and drying kinetics. *Sustainable Chemical Engineering*. 2020. P. 17–32.

11. DE Souza Diane Maschio. Optimization of the drying process for production of biofortified sweet potato flour. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. P. 45.

12. Малежик, І. Ф., Бандуренко, Г. М., Писарєв, М. Г., Мисюра, Т. Г. Інноваційні рішення в технології сушіння картоплі. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. Т. 21. № 2. С. 203–210.

13. Писарєв, М. Г., Бандуренко, Г. М., Дубковецький, І. В., Малежик, І. Ф. Шляхи зниження енерговитрат при отриманні сушеної картоплі. *Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. № 166. С. 75–81.

14. Писарев, М. Г.; Левківська, Т. М.; Бандуренко, Г. М. Перспективи використання сучасних сортів картоплі у виробництві сушених напівфабрикатів. *Вчені записки.* 2019. С. 92–101.

Pisarev M.G., Levkivska T.M. STUDY OF THE PRESERVATION OF ASCORBIC ACID IN POTATOES DURING THE PRODUCTION OF DRIED SEMI-FINISHED PRODUCTS

The article deals with the problem of industrial processing of potatoes, which is of urgent importance today, as it allows to reduce the capacity of vegetable storages and reduce transportation. Given that one kilogram of dried potatoes is equivalent to eight kilograms of fresh potatoes, the savings within the state can be extremely significant. At the same time, losses of potatoes during storage are eliminated, nutritional value is more fully preserved, the possibility of enriching products with vitamins and other valuable components appears, conditions are created for complex processing of raw materials with full utilization of waste, and the creation of stocks of potato products in case of crop failure. The importance of preserving the vitamin composition of potatoes, primarily of ascorbic acid, which belongs to the group of water-soluble vitamins and participates in redox reactions, in many metabolic processes, in particular in the regulation of carbohydrate metabolism, the metabolism of aromatic amino acids, thyroxine, in the synthesis of catecholamines, steroid hormones, insulin. In the course of research, it was established that quantitative losses of ascorbic acid in dried potato technologies can reach 70–75 %. Especially important in today's conditions is the fact that the production of potato products allows you to significantly reduce the time required to prepare food at catering establishments and at home. Scientists have developed a new technology for dried semi-finished products from potatoes. The organoleptic and physico-chemical

indicators of quality, chemical composition and nutritional value of finished products were determined. Directions for its use are suggested. It is described that the main disadvantage of the convective drying method is its long duration, and when using the microwave drying method, there is local overheating of the semi-finished product due to intensive exposure, which negatively affects the quality of the finished product and requires further drying by convective method. The advantages of the microwave convective method have been established – it is the possibility of intensifying the process and increasing the content of ascorbic acid.

Key words: *dry product, semi-product, potatoes, quality, nutritional value.*