



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-14

УДК 621.9.048; 664.002.5

І. П. Паламарчук¹, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0002-0441-6586

С. В. Кюрчев², д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0001-6512-8118

В. О. Верхоланцева², к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0003-1961-2149

Н. О. Паляничка², к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

¹Національний університет біоресурсів України²Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

e-mail: valentyna.verkholantseva@tsatu.edu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСА ФЛЮЇДИЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД

Анотація. Заморожування є способом консервування найкращим чином зберігає структуру, властивості- та харчову цінність продуктів харчування. До того ж консервування харчових продуктів заморожуванням має низьку, в порівнянні з іншими способами консервування, енергоємністю. Поєднання вібраційної та поточної технологій при реалізації семіфлюїдизації у конвеєрних вібромашинах обумовлює реалізацію автоматизації виробничого процесу, гармонійне співвідношення його основних структурних складових, здійснення ефективної об'ємної дії на продукцію, що відповідає вищим формам досконалості технологічного обладнання. Розвиток вібраційних конвеєрних машин веде початок із хвильових та вібраційних конвеєрів. Інтенсивна тепломасообмінна дія у досліджуваному семіфлеїдизаційному процесі на поверхневий шар сировини створює водночас проблеми його переохолодження та нерівномірності пошарової обробки. Тому є перспективним при транспортуванні продукції в зоні обробки використовувати віброконвеєрні та хвильові технології, що дозволяють створити сприятливі умови для контактної взаємодії окремих ягід та холодоносія; реалізувати технологічний рух у безперервному режимі; зменшити та усунути взагалі використання непродуктивної праці при здійсненні допоміжних операцій; створити загальне керування динамічним станом системи, в якій відбувається технологічна дія; мінімізувати механічні пошкодження ягідної продукції.

Ключові слова: процес, обладнання, флюїдизація, продукція, ягода.



Постановка проблеми. Головна умова існуючих технологій зберігання - попереднє охолодження ягід, котре потрібно проводити не пізніше 4 годин після їх збору. Суницю рекомендовано охолоджувати впродовж 1-2 годин, малину, ожину, чорну смородину, порічки та лохину – впродовж 2-3 - до температури + 2-3оС. Процес відбувається в окремих камерах попереднього охолодження або в приміщеннях із установленими мобільними модулями. При охолодженні повітря повинне протягуватися через продукцію, а не обдувати її, але для більш кращого зберігання і довгострокового треба використовувати заморожування.

Швидке охолодження і шокова заморозка по праву визнані найкращим способом зберігання свіжої продукції. Збільшення терміну придатності, збереження поживних і смакових властивостей - все це цінується як покупцем, так і виробником харчових продуктів.

Швидке заморожування свіжої харчової сировини дозволяє зберегти біологічну і вітамінну цінність, активність сировини як тваринного, так і рослинного походження, використовувати таку сировину для виробництва продуктів харчування в осінній, зимовий і весняний періоди. У разі застосування технології шокової заморозки, кристали льоду не стають занадто великими, зате відчутно зростає їхня щільність. Це сприяє збереженню структури продукції, що позитивно впливає на його якості після розморожування

Аналіз останніх досліджень. Вплив холоду на біологічні об'єкти, до яких належать та харчові продукти, завжди було предметом вивчення та дослідження багатьох вчених та спеціалістів [6]. До базових робіт у цій галузі слідує віднести дослідження [2,4]: А. М. Бражнікова, О. М. Буянова, Н. А. Головіна, А. С. Гінзбург, Е. І. Гуйго, А. А. Гухмана, Е. І. Каухчешвілі, В. С. Колодязний, Т. Лорентцена, А. М. Маслова, Р. Планка, І. А. Рогова, Д. Г. Рютова, С. М. Хабарова, Д. А. Христуло, Г. Б. Чижова, І. Г. Чумака та інших [1, 2].

Явище флюїдизації було відомо і використовувалося у техніці переважно хімічної та борошномельної промисловості при сушінні дрібнодисперсних продуктів [2,4]. Спроба використати ці методи для заморожування харчових продуктів вперше була використана шведською фірмою “Фрігоскандія” у 1959 році, а перший флюїдизаційний тунельний апарат був приведений до дії у Хельсінборзі в 1962 році. М. Жиро і А. Лермузо запропонували модифікований флюїдизаційний метод заморожування, оснований на тому, що процеси теплообміну між продуктами і зовнішнім середовищем інтенсифікується, коли в потік повітря зі швидкістю до 0,5 м/с вводять дрібнокристалічні тверді речовини зернистої структури із розмірами зерен 0,3-0,5 мм, зокрема кригу. Потужність такого



флюїдизаційного жолоба склала 2,8 кВт на 1 м², а коефіцієнт тепловіддачі а від продукту та флюїдизаційного середовища випарнику міститься у межах 838-1676 Вт/(м² · К) [1, 2]. Перевагою такого методу у порівнянні з класичним флюїдизаційним заморожуванням полягає у зниженні потужності вентилятора та скороченні процесу заморожування. Тому дуже актуальним є дослідження низькотемпературного заморожування в аспекті пошуку умов максимального збереження комплексу біологічно активних речовин у замороженій продукції [1, 2, 4].

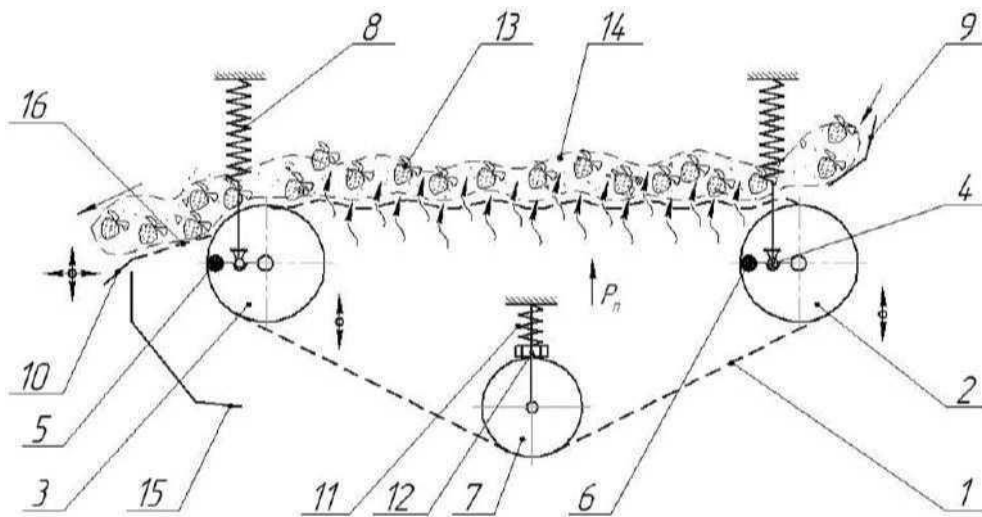
Формування мети статті. Розглянути підходи до застосування обладнання із використання процесу заморожування різних видів ягід.

Основна частина. При низькотемпературному впливі на харчові продукти чи матеріали теплота відводиться від поверхні об'єкта низькотемпературної обробці передається за допомогою проміжного холодоносія в навколишню середу. В результаті досягається необхідний ефект - охолодження, заморожування об'єкта низькотемпературної обробки або підтримання його температури на певному рівні. Заморожування продукту передбачає його охолодження до температури, значно нижчою, ніж відповідна температура замерзання. Заморожені харчові продукти та сировину можна зберігати протягом багато місяців, тобто значно довше, ніж при використанні помірно знижених температур [3, 5]. Це пояснюється не лише чисто кількісною різницею в низькотемпературному рівні процесів заморожування та холодного зберігання, а й тим, що у заморожених продуктах більша частина вологи перетворено на твердий стан [1]. Тому мікроорганізми, харчування яких відбувається осмотичним шляхом - всмоктуванням рідких поживних середовищ, позбавляються можливості використовувати затверділі харчові продукти, що містять дуже невелику частку вологи в рідкому стані [1, 6].

Розроблена схема віброконвеєрної флюїдизаційної установки являють собою поєднання стрічкового транспортера та вібраційної технологічної машини. Механічні віброприводи або віброзбуджувачі, що умонтовані всередині вальців 3 і 2 (рис. 1) [7, 11, 12], забезпечують генерацію просторових коливань, створюючи умови для безперервного руху продукції по заданій спіралевидній траєкторії, забезпечення її зваженого стану. Валець 7 забезпечує необхідний натяг гнучкої стрічки. Коливання робочих вальців із заданими амплітудними та частотними характеристиками створює на поверхні гнучкого елемента 1 механічну хвилю, що забезпечує просування сипкої продукції вздовж зони обробки в умовах інфрачервоного опромінення. Розпушення маси продукції під дією знакозмінних навантажень призводить як до зменшення внутрішнього тертя та в'язкості у технологічному середовищі, так і до пошарового перемішування та

забезпечення рівномірного контакту з холодоносієм.

Таким чином, представлена установка дозволяє, по-перше, завдяки вібромеханічному приводу забезпечити об'єкту переробки необхідний рівень активності технологічних середовищ; по-друге, при допомозі хвильових ефектів та конвективного потоку холодоносія під тиском реалізувати необхідну енергетичну і технологічну ефективність процесу; по-третє, від віброзбуджувачів, що умонтовані усередині робочих котків, за рахунок механічної вібраційної дії утворити на поверхні стрічки 1 хвилю, що дає можливість здійснити одночасно транспортування і перемішування продукції 13 та охолоджуючого матеріалу 14 у вигляді снігової шуби або тонкоподрібненої криги [7–14].



1 – гнучка вантажонесуча стрічка; 2, 3 – робочі опорні вальці; 4 – приводний вал віброзбуджувача; 5, 6 – противаги; 7 – натяжний валець; 8 – пружна підвіска; 9 – живильний лоток; 10 – розвантажувальний лоток; 11 – пружний елемент натяжного пристрою; 12 – регулювальна гайка натяжного пристрою; 13 – продукція, що обробляється; 14 – маса снігової шуби або тонкоподрібненої криги; 15 – лоток для відведення часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги; 16 – вібраційний просівач для відділення від продукції часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги.

Рисунок 1. Принципова схема розробленої віброхвильової семіфлюїдаційної машини.

Для генерації коливань при здійсненні міжопераційного транспортування сипкої продукції у досліджуваній конвеєрній сушарці передбачили використання механічного вібропривода комбінованого типу, що поєднує кінематичний спосіб віброзбудження та пружну систему нівелювання паразитних коливань в опорних вузлах



приводного механізму [15, 17]. Такий механізм дозволяє мінімізувати енерговитрати при підтриманні інтенсивного віброімпульсного режиму та забезпеченні достатньо комфортних умов роботи підшипникових опор приводного валу [9,11]. Динамічне навантаження на останні значно зменшується також через наявність підпружиненої підвіски напрямної стрічки розробленої установки [16, 18]. Вібращійна дія полягає у впливі на робочі органи машин та відповідно продукцію або технологічні середовища знакозмінних відцентрових сил, період та напрямок дії яких змінюються з достатньо високою частотою [19, 20]. Внаслідок впливу такого технологічного фактору має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух часток продукції в робочій камері по найрізноманітнішим та як завгодно складним траєкторіям, що зумовлює оптимальні умови для здійснення тепло- та масообміну. Крім того, можливість регулювання параметрів вібрації в широких межах дозволяє впливати як на значні об'єми продукції, так і на дуже локалізовані її області. Тому швидке заморожування свіжої ягід дозволяє зберегти біологічну і вітамінну цінність, активність сировини як тваринного, так і рослинного походження, використовувати таку сировину для виробництва продуктів харчування в осінній, зимовий і весняний періоди [16, 21].

Висновок. Заморожування належить до найперспективніших методів консервування. У заморожених продуктах краще, ніж у консервованих будь-яким іншим способом зберігаються основні компоненти, що визначають і харчову цінність, у тому числі й такі лабільні, як вітаміни, поліфеноли та ін. За органолептичними показниками – смаком, ароматом, кольором. Тому необхідно підбирати обладнання для заморожування, щоб на вигляд заморожені продукти мало відрізнялися від свіжих. Треба приділити уваги конструкціям пристрою, виду ягід та терміну зберігання після обробки.

Список використаних джерел

1. Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Кюрчева Л. М. Обґрунтування розробленого обладнання для швидкоскоростного заморожування сільськогосподарської продукції *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. с. 11–19.
2. Ялпачик В. Ф., Стручаєв М. І., Ялпачик Ф. Ю. Практикум з курсу “Холодильне устаткування”: Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 112с.
3. Подпрятков Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М. *Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва*: практикум. Київ: Вища освіта, 2004. 271 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/381926/>
4. Флюїдизаційний пристрій. пат № 131546 Україна,



- F25D13/06 (2006.01). Заявл. 01.06.2018, Опубл. 25.01.2019, Бюл. №2.
5. Вібраційний швидкоморозильний пристрій. пат. 141441. Україна, F25D 17/06 (2006.01). ТДАТУ. № u201909618; заяв. 03.09.2019; опубл. 10.04.2020; Бюл.№ 7.
6. Короткий И. А., Короткая Е. В., Ибрагимова Е. А. Процессы замораживания ягод черной смородины. Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 3. С. 8–9. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-552441.html?page=4>
7. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Загорко Н. П., Мікульонок І. О., Циб В. Г. Процеси і апарати харчових виробництв. Механічні процеси і технології надвисокого тиску. Підручник. Мелітополь. Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 273 с.
8. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Ломейко О. П., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Пупинін А. А., Гавдида Г. І. Конструкції і розрахунки машин та апаратів переробних виробництв: підручник. Київ: ПрофКнига, 2021. 320 с.
9. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Ломейко О. П., Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси Підручник. Мелітополь: «Лух» 2020. 330 с.
10. Елхина В. Д. Механическое оборудование предприятий общественного питания. Учебное пособие М.: Academia, 2017. 336 с. <http://list-of-lit.ru/oborudovanie/mehanicheskoe-oborudovanie-predpriyatij.htm>
11. Yanat, M.; Baysal, T. Effect of freezing rate and storage time on quality parameters of strawberry frozen in modified and home type freezer. *Croat. J. Food Technol. Biotechnol. Nutr.* 2018, №13, P.154–158. URL: https://www.researchgate.net/publication/331946258_Effect_of_freezing_rate_and_storage_time_on_quality_parameters_of_strawberry_frozen_in_modified_and_home_type_freezer
12. Hertel, Anne G., Richard Bischof, Ola Langval, Atle Mysterud, Jonas Kindberg, Jon E. Swenson, and Andreas Zedrosser. “Berry Production Drives Bottom-up Effects on Body Mass and Reproductive Success in an Omnivore.” *Oikos* 127 (2): P. 197–207. <https://doi.org/10.1111/oik.04515>.
13. Andersson, J., H. Hellsmark, and B. A. Sanden. “Shaping Factors in the Emergence of Technological Innovations: The Case of Tidal Kite Technology.” *Technological Forecasting and Social Change* 132: P. 191–208. <https://doi.org/10.1016/i.techfore.2018.01.034>.
14. Tumbas Saponjac, V. T.; Cetkovi'c, G.S.; Stajci'c, S.M.; Vuli'c, J.J.; Canadanovic-Brunet, J. M.; Djilas, S. M. Optimization of the bioactive compounds content in raspberry during freeze-drying using response surface method. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2015, 21, P. 53–61. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21691401.2019.1603157>
15. Leong, S.Y.; Oey, I. Effects of processing on anthocyanins,



- carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chem.* 2012, 133, P. 1577–1587. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612002397>
16. Poiana, M.A.; Moigradean, D.; Raba, D.; Alda, L.M.; Popa, M. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *J. Food Agric. Environ.* 2010, 8, 54–58. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-effect-of-long-term-frozen-storage-on-the-and-PoianaMoigradean/0a24387fbf107cdcc7d23ad324>
17. Gonfalves, G.A.S.; Resende, N.S.; Carvalho, E.; de Resende, J.V.; Boas, E.V.D.B.V. Effect of pasteurization and freezing method on bioactive compounds and antioxidant activity of strawberry pulp. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2017, 68, P. 682–694. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28139162/>
18. Kopjar, M.; Tiban, N.N.; Pilizota, V.; Babic, J. Stability of anthocyanins, phenols and free radical scavenging activity through sugar addition during frozen storage of blackberries. *J. Food Process. Preserv.* 2009, 33, P. 1–11. URL: <https://www.bib.irb.hr/425908>
19. Ketata, M.; Desjardins, Y.; Ratti, C. Effect of liquid nitrogen pretreatments on osmotic dehydration of blueberries. *J. Food Eng.* 2012, 116, 202–212. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133067331>
20. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М., Самойчук К. О. Використання технології заморожування ягід *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 2. С. 115–123.
21. Ponder, A.; Swietlikowska, K.; Hallmann, E. *The qualitative evaluation of the fruit of individual cultivars Rubus taking into account their usefulness to organic farming.* *J. Agric. Eng. Res.* 2017, 62, P. 99–102. URL: <https://www.researchgate.net/publication/355826755> Preservation of Biologically Active Compounds and Nutritional Potential of Quick-Frozen Berry Fruits of the Genus *Rubus*

Стаття надійшла до редакції 30.03.2022 р.

I. Palamarchuk¹, S. Kiurchev², V. Verkholantseva², N. Palianychka²

¹National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

²Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

APPLICATION OF FLUIDIZATION PROCESS FOR BERRY FREEZING

Summary

Freezing is a way of canning that best preserves the structure, properties and nutritional value of food. In addition, canning food by freezing has a low, compared to other methods of canning, energy consumption. The combination of vibration and current technologies in the implementation of semifluidization in conveyor vibrating machines determines the implementation of automation of the production process, the harmonious



ratio of its main structural components, the implementation of effective volume action on products that meet the highest forms of technological equipment. The development of vibrating conveyor machines begins with wave and vibrating conveyors. Intensive heat and mass transfer action in the studied semifluidization process on the surface layer of raw materials creates both problems of its supercooling and uneven layer-by-layer processing. Therefore, it is promising to use vibroconveyor and wave technologies when transporting products in the processing area, which allows to create favorable conditions for contact interaction of individual berries and coolant; to implement technological movement in a continuous mode; reduce and eliminate the use of unproductive labor in the implementation of ancillary operations; create general management of the dynamic state of the system in which the technological action takes place; minimize mechanical damage to berry products. Frozen berries have a number of undeniable advantages: they do not require additional preparation costs, are almost ready to eat, and most importantly, thanks to modern technologies, they retain almost twice as much nutrients as with other canning methods. Increasingly, there are risks associated with internal and external factors, as well as problems with excess yields that threaten not to sell the product fresh. short shelf life immediately after harvest, which increases the critical dependence on market prices. The use of such freezing gives, first of all, a low degree of product damage, minimally reduces the biological value and taste characteristics, and the use of freezing does not significantly affect the quality of the thawed product.

Key words: process, equipment, fluidization, products, berry.