

**DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-7**

УДК 664.8.037.1:634.7

В. О. Верхоланцева¹, канд. техн. наук ORCID: 0000-0003-1961-2149
Н. О. Паляничка¹, канд. техн. наук ORCID: 0000-0001-8510-7146
Н. О. Фучаджи¹, канд. техн. наук ORCID: 0000-0002-3423-3510
О. О. Червоткіна¹, асистент ORCID: 0000-0002-6814-0566

¹ *Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: valentyna.verkholantseva@tsatu.edu.ua тел. +380978285043

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД

Анотація. Проведений аналіз технології заморожування ягід, яку використовують на сьогоднішній день в харчовій промисловості, показало, що треба вдосконалити даний процес. Це дозволить отримати якісну продукцію після використання заморожуваних ягід із максимальним збереження якості. При заморожуванні ягід традиційними методами, що застосовуються в харчовій промисловості, відбуваються значні втрати більшості біологічно активних речовин, особливо під час розморожування. Було проведено дослідження процесу заморожування ягід, яке дозволило встановити фактори, які впливають на якість продукції, що в подальшому дозволить використовувати у виробничих умовах. Тому існуючі низькотемпературні технології переробки ягідної сировини потребують вдосконалення.

Ключові слова. заморожування, технологія, ягоди, температура, холод, якість.

Постановка проблеми. За даними аналітиків, попит на заморожену ягідну продукцію зростає у всьому світі, а її обіг збільшується майже на 4% щорічно. Використання холоду є основним фактором, що впливає на харчову та біологічну цінність сировини та готової продукції. Методи збереження харчових інгредієнтів за допомогою охолодження мають значні переваги перед методами теплової обробки, такими як пастеризація, стерилізація, сушіння [1, 2]. З іншого боку, в Україні все ще недостатньо виробляється замороженої продукції рослинного походження, особливо ягід, виробляється недостатньо, а більшість з того, що потрапляє в торговельну мережу, є неповноцінним та низької якості. Тому питання забезпечення та підвищення якості продукції є актуальним для всіх країн і підприємств. Від його вирішення значною мірою залежить успіх і ефективність національної економіки [3, 4, 5].

Слід мати на увазі, що підвищення якості продукції є довгостроковим і безперервним завданням. Рівень якості продукції не може бути постійною величиною. [6, 7] Наші дослідження показують,



що існує необхідність розробки обладнання, яке враховує всі фактори, що впливають на якість продукції до і під час зберігання.

Таким чином, необхідно також розробити або вдосконалити технологію для зберігання якостей ягід, тобто мінімізувати втрату поживної цінності.

Аналіз останніх досліджень. На сьогодні в нашій країні та за кордоном накопичено великий теоретичний і практичний дослідницький потенціал. Теоретичний і практичний науковий потенціал з цієї проблематики, а також його використання і розвиток дають можливість зробити аналіз та виявити недоліки, які потрібно виключати у вдосконаленні технологій заморожуванні.

Останніми роками багато науковців вивчають питання консервування ягід. Дослідженнями післязбиральної консервації ягід займаються багато вчених [1, 2, 3, 4, 5]. Однак, було відмічено, що більшість запропонованих варіантів спрямовані на отримання найкращих для отримання найкращих показників якості, потребують подальшого вдосконалення. Тому з метою розробки модернізованих ягідних консервів необхідно продовжити наступні дослідження у напрямку розробки модернізованої технології зберігання ягід.

Тому актуальним є продовження впровадження нових підходів до зберігання ягід з використанням холоду.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної статті є дослідження технології заморожування ягід із використанням холоду, щоб мати змогу впровадити вдосконалену технологію в харчовій промисловості та в фермах.

Основна частина. При заморожуванні продуктів харчування відбувається наступне значна частина води, що міститься в продуктах, кристалізується. В результаті бактерії позбавляються середовища для життєдіяльності. Крім того, $-20\dots$ Коли температура опускається до -25°C , біохімічні процеси значно сповільнюються. При температурі -25°C біохімічні процеси значно сповільнюються, що сприяє подовжується термін зберігання продукту. Тривалість заморожування залежить від теплофізичних властивостей, форми та періоду заморожування продукту. [8, 9, 10] фізичний процес, під час якого температура речовини опускається нижче точки замерзання. Він складається з явного та прихованого тепла. Коли речовина перебуває при температурі вище точки замерзання, спочатку відводиться відчутне тепло, поки речовина не досягне точки замерзання, потім відводиться приховане тепло кристалізації (плавлення), і, нарешті, відводиться подальше відчутне тепло, поки речовина не досягне цільової температури нижче точки замерзання.

Останні розробки в галузі заморожування ягід, фруктів і овочів: збільшення швидкості заморожування та контроль утворення і кристалізації льоду [11, 12, 15].



Під впливом криогенного заморожуваного середовища починається тепловіддача, і продукт починає втрачати тепло в навколишню атмосферу. Поверхня продукту зазнає температурних змін швидше, ніж його внутрішня частина. Моніторинг змін температури в тепловому центрі продукту в часі дає змогу отримати характерну криву заморожування. Щоб відбулося заморожування, харчовий матеріал повинен бути переохолоджений, і чим вищий ступінь переохолодження, тим вища початкова температура заморожування та/або нижча температура зародження. На кількість льоду, що утворюється на харчовому продукті під час заморожування, впливає ступінь переохолодження, і чим більше ступінь переохолодження зростає, кількість льоду, що утворюється під час зародження, також збільшується. Утворення кристалів льоду під час заморожування ягід, фруктів і овочів збільшує об'єм продукту, впливаючи на текстуру заморожених продуктів. Збільшення об'єму характеризується пошкодженням клітинних мембран і утворенням пустот на мікроструктурному рівні. Це явище, яке порушує цілісність продукту, призводить до надмірної втрати крапель з продукту під час розморожування [10, 13].

Тому характеристики кристалів льоду, що утворюються під час заморожування, відіграють важливу роль у визначенні текстурних властивостей заморожених ягід, фруктів і овочів. Ці кристали льоду відрізняються за розміром (від дрібних до великих), розташуванням (позаклітинне або внутрішньоклітинне) та формою [16, 17].

Якщо велика кількість дрібних кристалів льоду рівномірно розподілена в позаклітинному та внутрішньоклітинному середовищі під час заморожування, в рослинній клітині відбувається незначне руйнування або пошкодження, в той час якщо під час швидкого заморожування структура тканини залишається добре захищеною, тому втрати крапель під час розморожування низькі. Припускається, що швидке і сильне зародження льоду, спричинене переохолодженням, призвело до швидкого руху води, що спричинило значне пошкодження клітин полуниці. Це дослідження показує, що на структуру клітин заморожених тканин впливає тип кристалів льоду, що утворюються, на додаток до їх розміру.

Таким чином, на якість і мікроструктуру заморожених ягід, фруктів і овочів впливає процес льодоутворення і тому важливо контролювати процес заморожування для отримання дрібних, рівномірно розподілених кристалів льоду, що має важливе значення для збереження цілісності клітинних стінок ягід, фруктів і овочів.

На рисунку 1 узагальнено різні фактори, що впливають на якість ягід під час заморожування. Однак ефекти, пов'язані з заморожуванням і розморожуванням, створюють значні проблеми для якості заморожених продуктів.

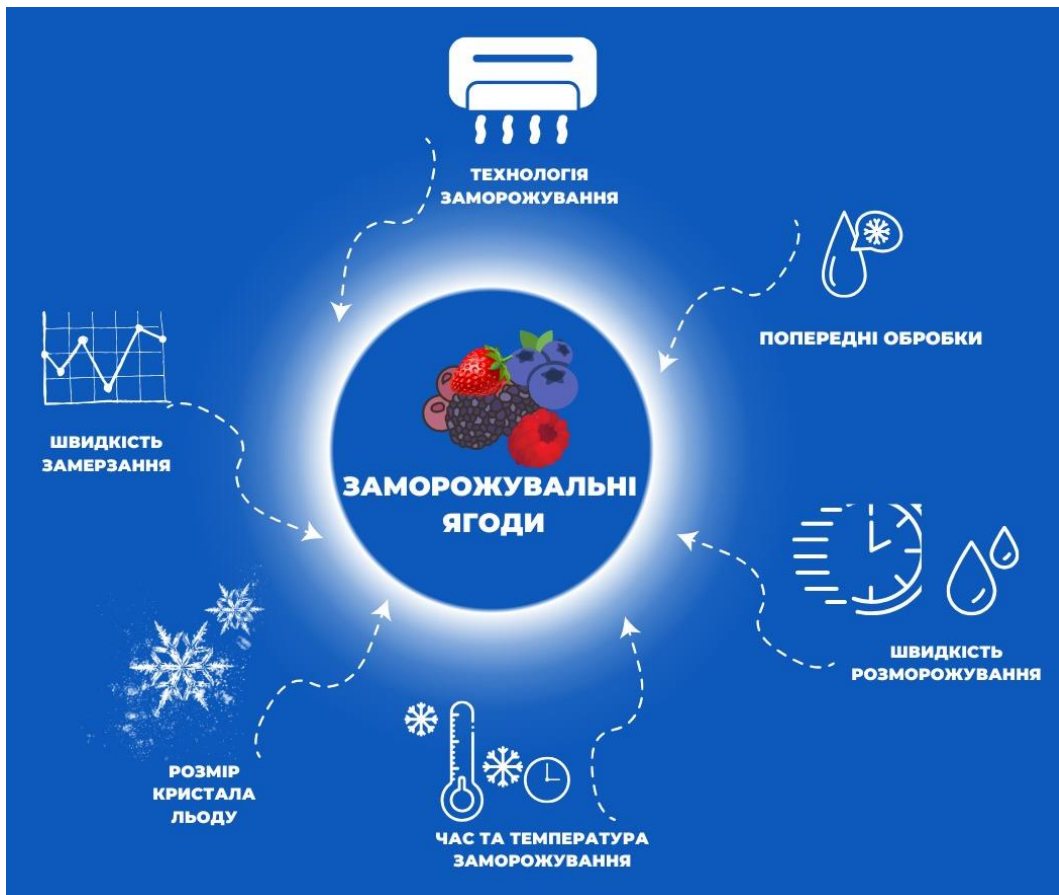


Рис. 1. Фактори, що впливають на якість ягід під час заморожування

Зберігає продукти при мінусових температурах і захищає їх від пошкодження льодом. Заморожування, яке часто розглядають як особливу форму технології високого тиску, заморожує при постійному об'ємі. В системах тиск і температура змінюються в постійному об'ємі протягом усього процесу заморожування згідно з яким, коли вода замерзає в закритому контейнері, вона розширюється, створюючи високий тиск, що перешкоджає подальшому утворенню льоду. Однак в системах об'єм продовжує збільшуватися, оскільки система продовжує замерзати [18, 19, 20].

Ягоди, які схильні до псування, потребують контролю температури для підтримки якісних характеристик і збереження поживних речовин, що відповідають очікуванням споживачів, під час транспортування, зберігання, переробки та реалізації. Комерційні холодильні системи, такі як морозильні камери швидкого заморожування, IQF-системи, кріокулери та пластинчасті морозильні камери, найчастіше використовуються в харчовій промисловості, але великі розміри кристалів можуть викликати значні незворотні зміни в рослинній тканині, що призводить до втрати якості під час зберігання в замороженому стані [21]. У цьому огляді критично



оцінюється низка нових технологій заморожування, які досліджуються з метою подолання цих проблем і водночас підтримки та вдосконалення глобального ланцюга постачання заморожених продуктів харчування шляхом надійного контролю зародження та росту кристалів. [1, 2, 3, 22, 23].

Деякі з цих нових методів, такі як шокове заморожування, по суті, є вдосконаленими версіями існуючих методів (повітряне заморожування) і спрямовані на виробництво більш якісних заморожених продуктів за рахунок збільшення швидкості теплопередачі в порівнянні зі звичайними системами. Деякі з нових технологій все ще потребують оптимізації для усунення існуючих в літературі протиріч і кращого збереження характеристик свіжих продуктів, в той час як інші мають високі капітальні витрати, що є ключовим питанням, яке потребує подальших досліджень. Тому необхідні подальші дослідження для оптимізації параметрів процесу, розуміння поведінки та характеристик сировини, зменшення енергетичних та капітальних витрат і подальшого впровадження цих технологій з лабораторії в промисловість [24, 25, 26].

Висновки. Процес заморожування - це найкращий спосіб зберегти продукти без додавання консервантів, якщо робити це правильно. Заморожування сприяє збереженню шляхом уповільнення швидкості фізичних, хімічних, біохімічних і мікробіологічних реакцій в їжі. Зміна фази рідини вода-лід зменшує ймовірність того, що вода, яка міститься в продуктах харчування, буде залучена до цих реакцій. Тому заморожені продукти є більш стабільними і зберігають свої якісні характеристики під час транспортування та зберігання. Його широко використовується для подовження терміну зберігання різноманітних продуктів харчування, включаючи ягоди, фрукти та овочі, м'ясо, рибу, молочні продукти та напівфабрикати.

Завдяки заморозки зберігається структура ягід. Цей ефект досягається завдяки швидкій термічній обробці. Більшість мікроорганізмів не можуть вижити в умовах швидких перепадів температури. Втрата ваги зводиться до мінімуму. Це, в свою чергу, зберігає поживні та смакові якості ягід.

В подальшому будуть проведені експериментальні дослідження процесу заморожування в умовах ферми для встановлення основних параметрів та режимів роботи обладнання швидкого заморожування.

*Список використаних джерел:*

1. Chauhan A., Trembley J., Wrobel L. C., & Jouhara H. Experimental and CFD validation of the thermal performance of a cryogenic batch freezer with the effect of loading. *Energy*. 2019. Vol. 171. P. 77-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.149>.
2. Li D., Zhu Z. & Sun D.-W. Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 75. P. 46-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.019>.
3. Li Y. & Chen Y. (2016). Assessing the thermal performance of three cold energy storage materials with low eutectic temperature for food cold chain. *Energy*. 2016. Vol. 115(1). P. 238-256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.106>.
4. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: навч. посібник / В. Ф. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 275 с.
5. Verkholantseva V. Scientific achievements in environmental and life science Polish Ukrainian cooperation. *Scientific monograph* / L. Zbaravska, O. Chaikovska, O. Ovcharuk, S. Kiurchev. Krakow, 2018. Vol. II. P.141.
6. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: лаборатор. практикум / В. Ф. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.
7. Микитюк П. П., Крисько Ж. Л., Овсянюк-Бердадіна О. Ф., Скочиляс С. М. Інноваційний розвиток підприємства: навч. посібник. Тернопіль: ПП «Принтер Інформ», 2015. 224 с.
8. Гель І. М. Суниця: біологія, сорти, технології вирощування та переробки. Львів : Український бестселер, 2011. 110 с.
9. Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхованцева В. О. Віброхвильовий семіфлюїдаційний процес низькотемпературної обробки рослинної сировини. *Соціально-економічний розвиток аграрної сфери: Інженерно-економічне забезпечення* : Міжнар. наук.-практ. конференція, 19-20 квітня. Тернопіль, 2018. С. 283-285.
10. Гель І. М. Суниця: біологія, сорти, технології вирощування та переробки. Львів : Український бестселер, 2011. 110 с.
11. Priss O. [et al.]. Effect of abiotic factors on the respiration intensity of fruit vegetables during. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 6/11(90). P. 27–34.
12. Frihat M. H., Alzgoul B. M., Radaedeh J. Estimation of food product freezing time. *Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi*. 2012. V. 58(4). P. 84-90.



13. Freezing of fruits and vegetables. FAO corporate document repository. URL: <http://www.fao.org/docrep/008/y5979e/y5979e03.htm> (дата звернення 28.02.2024).

14. Семіфлюїдизаційний пристрій для швидкого заморожування харчових продуктів: пат. 135240 Україна: МПК F25D 17/06 (2006.01). № u201900150; заяв. 04.01.2019; опуб 25.06.2019, Бюл. 12.

15. Поточковий семіфлюїдизаційний морозильний пристрій: пат. 135242 Україна: МПК F25D 17/06 (2006.01). № u201900154; заяв. 04.01.2019; опуб 25.06.2019, Бюл. 12.

16. Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції / В. Ф. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь : Видавничий будинок «ММД», 2018. 198 с

17. Тарасенко В. Г. Технологічно-конструктивне обґрунтування процесу підморожування кабачків і гарбузів при підготовці до довготривалого зберігання : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Вінниц. нац. аграр. ун-т. Вінниця, 2015. 20 с.

18. Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси: підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко, О. П. Ломейко. Мелітополь: ВПЦ «Лух», 2020. 330 с.

19. Машини, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції: навч. посібник: практикум / В. Ф. Ялпачик, В. О. Олексієнко, Ф. Ю. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2015. 196 с.

20. Ялпачик В. Ф., Кюрчев С. В., Тарасенко В. Г. Моделювання процесу заморожування гарбузових овочів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2013. Вип. 43, ч. II. С. 297-303.

21. Павлюк Р. Ю. Крио- и механохимия в технологиях пищевых производств: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, О. О. Юрьева [и др.]. Харьков: Домино, 2015. 255 с.

22. Tu J., Xu B., Liu H. Effects of different freezing methods on the quality and microstructure of lotus root. *International Journal of Refrigeration*. 2015. Vol. 52. P. 59–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.12.015>.

23. Tolstorebrov I., Eikevik T., Bantle T. Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish. *International Journal of Refrigeration*. 2015. Vol. 11. P. 25–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.11.003>.

24. Криомеханохимия в нанотехнологиях пищевых продуктов: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, А. А. Берестова [и др.]. Харьков: Домино, 2015. 260 с.

25. Синха Н. К., Хью И. Г. Настольная книга по переработке плодовоовощной продукции / пер. с англ. СПб.: Профессия, 2014. 912 с.



26. Біохімія плодів та овочів: навч. посібник / В. В. Євлаш, О. П. Прісс, М. Є. Сердюк [та ін.]. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 206 с.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2024

**V. Verkholyantseva¹, N. Palianychka¹, N. Fuchadgu¹, O. Chervotkina¹,
¹Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

RESEARCH OF BERRY FREEZING TECHNOLOGY

Summary

To ensure the necessary level of national food security, it is necessary to develop the cultivation of the main agricultural crops. For this, it is necessary to develop the cultivation of the main agricultural crops, it is necessary to develop technologies, technical means and equipment for long-term storage. Technologies, technical means and equipment for long-term storage It is also necessary to develop technologies, technical means and equipment for long-term storage of food ingredients and products. The production, storage and sale of berries is a very profitable business in Ukraine. Every year, the demand for berries in Ukraine grows, and in winter the price of some berries doubles and triples. Therefore, it is now very profitable to sell fresh frozen berries, such as raspberries, gooseberries, blueberries, cranberries, strawberries, cherries, plums and grapes. Not only do they sell well, but they also last longer if shock freezing is used. Potentially exposed to a number of negative factors (low temperatures, violation of storage conditions, mechanical damage). The application of innovative research aimed at overcoming the shortcomings of traditional refrigeration technologies is a promising direction of technological improvement. Preservation of plant raw materials using artificial low temperatures is an actual trend. Refrigeration technologies open up new opportunities. This brings new opportunities for manufacturers. Takes business to a new level. Delay the sale of agricultural products in time and move the place of sale. For farms, for example, this means that part of the products can be frozen and sold later directly to consumers at a higher price than fresh, anytime, anywhere. Anytime, anywhere. When plant material is frozen, berry cells undergo changes associated with damage to their structure. Therefore, freezing reduces damage to the cell structure of raw materials and improves the quality of the frozen product. Despite the fact that certain losses occur during long-term storage of frozen products, the use of cold is one of the best ways to preserve them. Freezing is one of the best ways to preserve all the vitamins and nutrients in berries.

Keywords. freezing, technology, berries, temperature, cold, quality.