

## THE COMBINED RESOURCE-EFFECTIVE TECHNOLOGY OF FROZEN BERRY HALF PRODUCTS

G. Simakhina, O. Kochubey-Lytvynenko

National University of Food Technologies

### Key words:

Preservation  
Artificial cold  
Crystal making  
Cryoprotectors  
Defrosting  
Antioxidants

### Article history:

Received 09.10.2023  
Received in revised form  
23.10.2023  
Accepted 09.11.2023

### Corresponding author:

G. Sinakhina

### E-mail:

npnuht@ukr.net

**Citation:** Г. О. Сімахіна, О. В. Кочубей-Литвиненко (2023). Комбінована ресурсоефективна технологія заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*, 29(5), 143—156.  
DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-5-14

### ABSTRACT

It is evident that all the live entities in current malignant environmental conditions (Covid-19 pandemic, military state) are exposed to constant oxidant stress due to the activity of free radicals, reactive forms of oxygen, prooxidants and other harmful factors. Therefore, the role of fruit and berry raw materials as the sources of antioxidant substances (tocopherols, ascorbic acid, phenol substances, carotenoids, enzymes, trace elements, aromatic amines, etc.) is gaining more importance.

As a matter of fact, seasonality appears to be the conceptual disadvantage of fruit and berry raw materials. Hence the creation of reliable natural antioxidant protection for human body during the whole year is possible, providing that the raw is effectively preserved with maximal retention of all the valuable components of natural origin in the final products.

Unfortunately, it is the antioxidant substances (primarily L-ascorbic acid) that undergo the utmost destruction, especially when it comes to berries with tender texture, like blueberries, raspberries or strawberries, which gets ruined in defrosting: in turn, it can result in the loss of cellular juice with antioxidants dissolved in it. Therefore, this work is aimed at improvement of the method to freeze fruit and berry cultures, which is the topical task oriented at the elaboration of multi-variant technology of high-quality frozen half products with proven expedience of selecting the certain freezing method, regarding the industrial conditions.

The objectives of this article are to design the universal technological scheme to obtain the frozen fruit and berry products with various modifications and variant of using the artificial cold, which would be based on theoretical statements and experimental results, in order to produce the foods complying with the main principles of the 21<sup>st</sup> century nutrition — quality, safety, and effectiveness.

## КОМБІНОВАНА РЕСУРСОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Г. О. Сімахіна, О. В. Кочубей-Литвиненко

Національний університет харчових технологій

У нинішніх несприятливих умовах довкілля — роки пандемії Covid-19, воєнний стан — живі організми перебувають під постійним оксидантним стресом унаслідок дії вільних радикалів, реакційноздатних форм сполук кисню і прооксидантів, інших шкідливих чинників. І тому особливо важливою є роль плодово-ягідної сировини як джерела сполук антиоксидантної дії — токоферолів, аскорбінової кислоти, фенольних сполук, каротиноїдів, ферментів, мікроелементів, ароматичних амінів тощо.

Основний недолік плодово-ягідної сировини — її сезонність. І тому створення надійного природного антиоксидантного захисту організму людини впродовж року можливе лише шляхом її ефективного консервування з максимальним збереженням у готових продуктах усіх цінних компонентів, закладених у сировині природою.

На жаль, при традиційних технологіях заморожування саме антиоксидантні сполуки, передусім L-аскорбінова кислота, зазнають найбільших утрат, особливо якщо йдеться про ягоди з ніжною текстурою поверхні (чорниці, малина, полуниці), яка на етапі дефростації руйнується, внаслідок чого втрачається клітинний сік із розчиненими в ньому антиоксидантами. Тому дослідження спрямовано на вдосконалення способу заморожування плодово-ягідних культур, що є актуальним завданням, орієнтованим на розроблення багатоваріантної технології високоякісних заморожених напівфабрикатів з обґрунтованою доцільністю вибору певного способу заморожування залежно від конкретних умов.

На основі теоретичних умовиводів і результатів експериментальних досліджень розроблено універсальну технологічну схему отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів з різними модифікаціями та варіантами застосування штучного холоду й отриманням продукції, яка відповідає головним принципам харчування XXI століття — якість, безпека, ефективність.

**Ключові слова:** консервування, штучний холод, кристалоутворення, кріопротектори, дефростація, антиоксиданти.

**Постановка проблеми.** Розшифрування у 2003—2005 рр. генома людини допомогло розкрити багато таємниць її природи. Зокрема, з'ясувався взаємозв'язок між набором генів і харчовими уподобаннями людини, на основі чого встановлено, що саме нераціональне харчування є одним із чинників «хвороб цивілізації», прискореного старіння, зменшення середньої тривалості життя. І тому сьогодні продукція харчової промисловості, особливо її принципово новий напрям — здорове харчування, перетворюється на природний захист організму від несприятливих зовнішніх та внутрішніх чинників і є важливим складником здоров'я людини.

ВООЗ наголошує на тому, що в забезпеченні населення країни продукцією здорового харчування частка плодоовочевої сировини в раціонах має становити не менш ніж 800 г на добу. Це обґрунтовано високим вмістом у ній вітамінів, мінеральних сполук, білків, амінокислот, харчових волокон.

Потрапляючи в організм людини, вони контролюють допустиму концентрацію вільних радикалів, сповільнюють швидкість окислення харчових компонентів і біологічних структур організму шляхом утворення хелатних комплексів з прооксидантними металами, інактивують вільні радикали, запобігають каталізові ліпідів тощо.

Проблема консервування сільськогосподарської сировини з використанням штучного холоду має давню історію. Загалом, холодильні технології сформувались у 1928 р. після відкриття нових холодоагентів — фреонів. Уже наступного року англійський учений Кларенс Бердзай (Bellis, 2019) почав розроблення готових заморожених страв, і саме він запропонував ідею швидкого заморожування як найкращого способу оброблення сировини і продуктів.

Світовий досвід показує, що подальший інноваційний розвиток харчової промисловості неможливий без використання штучного холоду, а експерти ЮНЕСКО назвали третє тисячоліття «епохою холодних технологій».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Пошукові інноваційних рішень шляхів оптимізації низькотемпературних технологічних процесів заморожування і зберігання плодово-ягідної сировини присвячено праці багатьох вітчизняних і зарубіжних дослідників: Вікторії Погарської та Раїси Павлюк (Павлюк, & Погарська, 2013), Світлани Белінської (Белінська, & Клячин, 2015), Ніни Осокіної (Осокіна, & Заморська, 2017), Наталії Орлової (Орлова, & Белінська, 2005), Ірини Заморської (Заморська, 2018), Д. М. Одарченка (Одарченко, Кудряшов, & Бабіч, 2014), О. Сміта (Smith, 1991), Р. Сомодї (Somogyi, 1992) та інших. Проте багато питань ще потребують вирішення.

Попит на заморожену плодово-ягідну та овочеву продукцію в усьому світі зростає, її товарообіг щорічно збільшується майже на 4% (Frozen). Разом з тим, в Україні поки що випускається недостатньо власної замороженої рослинної продукції (Олійник, Тарасюк, & Макаренко, 2019), особливо плодово-ягідної, а та, що надходить у торговельну мережу, має низьку якість у зв'язку з недосконалістю традиційних технологій заморожування і зберігання напівфабрикатів. Біооб'єкти зазнають значних кріоушкоджень під час заморожування, тому при їх дефростації втрачається клітинний сік і разом із ним — біологічно активні речовини (вітаміни, мінеральні елементи, міnorні сполуки), які, власне, і становлять основну цінність плодово-ягідної сировини (Сімахіна, Камінська, & Мартиненко, 2018).

Плоди і ягоди — продукція сезонного характеру і низької стійкості при зберіганні у зв'язку з великою концентрацією води у їхньому складі (80—90%), і це зумовлює, як наслідок, небажані інтенсивні біохімічні процеси (Осокіна, & Заморська, 2017). А якщо враховувати втрати сировини при збиранні, транспортуванні, переробленні, то, за статистичними даними, до столу українського споживача доходить лише 30—40% вирощеної продукції, тоді як у провідних країнах світу цей показник перевищує 80%. Тому для скорочення втрат сировини і її цінних біокомпонентів необхідно розробляти і реалізувати нові, значно досконаліші

технології перероблення й зберігання сільськогосподарської продукції, в тому числі методами кріопротекції, що і визначає актуальність цього напрямку.

Аналіз сучасних наукових праць за темою дослідження свідчить про те, що найбільш глибоко механізми кріоушкоджень клітин біооб'єктів і способи їх захисту вивчено у кріобіології (Wagner, Martowicz, Livesey, & Connor, 2002) — порівняно молодій галузі загальної біології. Фундаментальні та прикладні дослідження, виконані у 50—70-х рр. XX ст. в кріобіологічних центрах США, Англії, Франції, Японії, розвинуто у працях Р. Керроу (Carrow, & Macgrath, 1985) та провідних українських учених А. Білоуса, В. Грищенка, М. Пушкаря та Є. Гордієнка (Орлова & Белінська, 2005; Белоус & Грищенко, 1994). Загальний висновок учених такий: розвиток руйнівного поза- та внутрішньоклітинного кристалоутворення істотно гальмується при заморожуванні клітин і тканин, якщо воно відбувається під захистом різних кріопротекторів, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характерові її кристалоутворення.

Для всіх біологічних об'єктів, у тому числі для плодово-ягідної сировини, існує одна закономірність — при охолодженні до 0°C і нижче під впливом від'ємних температур клітини можуть руйнуватись. У цьому явищі варто розрізняти як ушкодження, пов'язані з комплексом процесів у мембрані і клітині при розвитку температурного шоку, так і руйнування клітин, пов'язані з дією від'ємних температур. В останньому випадку це відбувається, коли кристалізується поза- і внутрішньоклітинний розчин, а клітини руйнуються утвореними кристалами. І якщо заморожені продукти міститимуть багато зруйнованих клітин, то при дефростації втрачається клітинний сік, якість продукту та біологічна цінність погіршуються.

Провідні вітчизняні кріобіологи Є. Гордієнко та інші змогли загальмувати розвиток утворення кристалів всередині клітин, заморожуючи біооб'єкти під захистом різних сполук, названих кріопротекторами, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характеру її кристалоутворення. Саме цей спосіб ми розглядаємо як найбільш ефективний для вдосконалення технології заморожування плодово-ягідної сировини, оскільки незалежно від механізму руйнування клітин їхньої цілісності можна досягти за допомогою кріопротекторів.

За літературними даними, найбільш дослідженими є такі кріопротектори (Гордієнко, & Товстяк, 2009; Leibo, Farrant ... & Smith, 1999): етанол, гліцерин, сорбіт, глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, диметилсульфоксид (ДМСО), гліцин, лимонна кислота, декстрин, гідроксипроцеллоза (ГПК), желатин, хлористий магній, сульфат натрію, цитрати натрію і калію. Також ефективним є використання комбінації кріопротекторів із числа перерахованих.

**Мета статті:** на основі теоретичних умовиводів і результатів експериментальних досліджень розробити універсальну технологічну схему отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів з різними модифікаціями та варіантами застосування штучного холоду й отримання продукції, яка відповідає головним принципам харчування XXI століття — якість, безпека, ефективність.

**Матеріали і методи.** Для дослідження використали плодові та ягідні культури з максимальним природним вмістом найбільш ефективних сполук-антиоксидантів, виявлених за результатами попередніх досліджень (Сімахіна, 2021): ягоди смородини чорної, малини та аронії чорноплідної як джерела біофлавоноїдів та L-

аскорбінової кислоти; ягоди ожини, чорниці та порічки червоної як максимальне джерело каротиноїдів. Усі ці культури містять також у значних кількостях мінеральні елементи в органічній формі. Особливу увагу у дослідженнях приділено групі поліфенольних сполук у складі біофлавоноїдів, катехінів, антоціанів, флаванолів, які здатні створити надійний опір ушкоджуючій дії вільних радикалів та їхній агресивній атаці на життєво важливі мішені організму людини.

Дослідження біохімічного складу сировини проводили загальнодоступними методами: вміст L-аскорбінової кислоти з використанням 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію; вміст каротиноїдів визначали фотометричним методом, який базується на екстрагуванні каротину за допомогою органічних розчинників, і вимірювали оптичну густину розчину на спектрофотометрі в кюветях з відстанню між робочими гранями 10 мм за довжини хвилі 450 нм за ДСТУ 4305:2004.

Загальний вміст поліфенольних сполук визначали методом спектрофотометрії з реактивом Фоліна-Чокальтеу на спектрофотометрі за ДСТУ 4373:2005. Кількісний вміст суми флавоноїдів визначали методом спектрофотометрії в перерахунку на рутин (лютеолін).

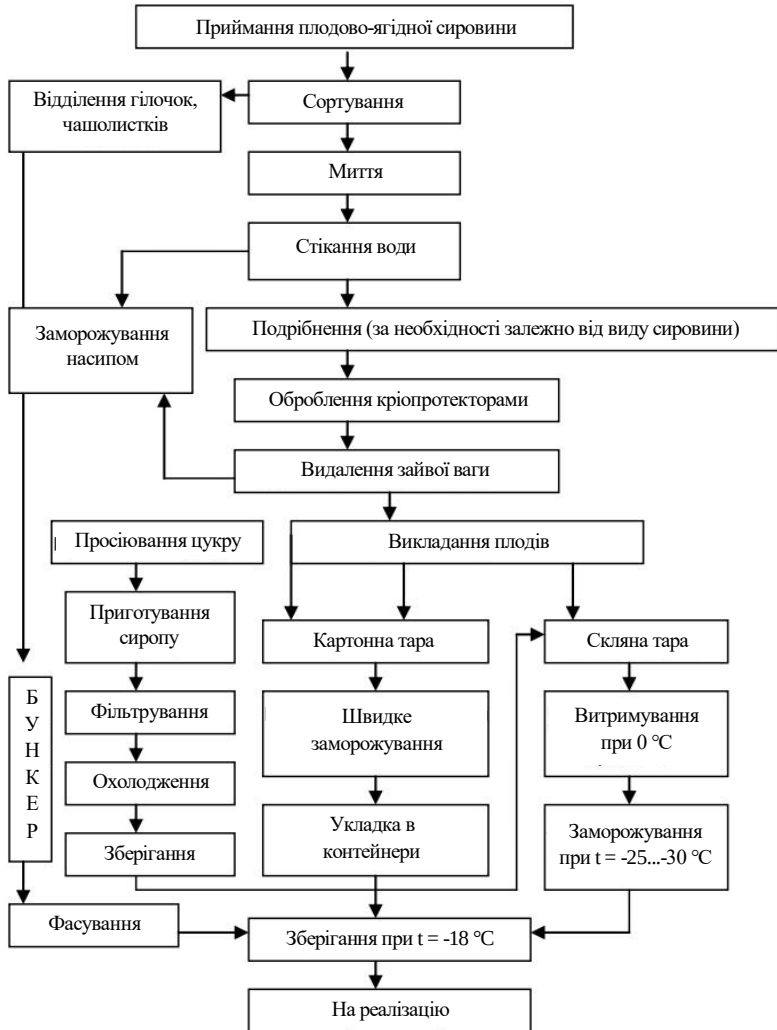
**Викладення основних результатів дослідження.** Організація і розроблення універсальної схеми заморожування плодово-ягідних напівфабрикатів потребує технічної підготовки виробництва як складного процесу, внаслідок якого варіанти запланованого виробництва мають поєднуватись у реальні об'єкти з інноваційним наповненням, а однією з характерних ознак їхньої ресурсоефективності є гнучкість основних складників технології і можливість швидкого переходу з одного варіанта виробництва продукції на інший, залежно від конкретних умов, планування та економічного обґрунтування доцільності отримання того чи того виду замороженої продукції.

У статті запропоновано триваріантну технологічну схему заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів для промислових підприємств, підприємств середньої і малої потужності, крафтових виробництв:

**варіант 1** — найбільш простий, передбачає заморожування сировини після попередньої підготовки насипом на піддонах; **варіант 2** — заморожування плодів і ягід з використанням цукрових сиропів; **варіант 3** — найбільш досконалий, перспективний, інноваційний, передбачає поєднання штучного холоду з використанням методів криопротекції. Універсальна схема, яка поєднує всі три варіанти, зображена на рис. 1.

Кожен із цих варіантів має свої переваги і привабливі сторони, а тому знайде своїх прихильників серед виробників. На наступному етапі досліджень усі ці переваги буде обґрунтовано.

Зараз на українському ринку склалася парадоксальна ситуація: вітчизняна плодово-ягідна продукція поступається за якісними й органолептичними показниками імпортованій, тоді як наша сировина вражає спектром корисних біокомпонентів. Ми довели це твердження, дослідивши окремі групи поліфенольних сполук у культивованих і дикорослих ягодах. Результати наведено в табл. 1.



**Рис. 1.** Триваріантна технологічна схема отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів: заморожування насипом на піддонах; заморожування з використанням цукрового сиропу; заморожування з використанням кріопротекторів

*Таблиця 1.* Вміст різних груп поліфенольних сполук в плодах і ягодах, мг/100 г

| Дослідні зразки | Біофлавоноїди | Катехіни | Антоціани | Флавоноли |
|-----------------|---------------|----------|-----------|-----------|
| Культурні сорти |               |          |           |           |
| Малина          | 1285,0        | 386,0    | 540,8     | 345,0     |
| Смородина чорна | 1858,0        | 476,6    | 525,0     | 838,4     |
| Порічка червона | 1305,0        | 503,8    | 296,4     | 506,6     |

| Дикорослі види     |        |       |        |       |
|--------------------|--------|-------|--------|-------|
| Аронія чорноплідна | 2466,0 | 397,0 | 1944,8 | 105,5 |
| Чорниця            | 2143,0 | 263,3 | 1778,6 | 84,6  |
| Ожина              | 2447,0 | 415,6 | 1875,5 | 136,4 |

Навіть короткий аналіз біохімічного складу компонентів об'єктів дослідження дає повне уявлення про їхню харчову та біологічну цінність. Наприклад, у Наказі МОЗ України №1073 від 2 вересня 2017 року «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії» вперше виокремлено показник добової потреби в біофлавоноїдах, який становить 250 мг. А відповідно до даних табл. 1, кожен із досліджених видів ягід, особливо дикорослих, у 5—10 разів перевищує цю концентрацію. Тому завдання технологів полягає якраз у тому, щоб максимально зберегти при переробленні весь багатий комплекс сировини, її високі споживчі властивості шляхом розроблення нових і вдосконалення існуючих технологій заморожування, створити продукцію, що відповідає світовим стандартам, наповнити внутрішній ринок, орієнтуватись на експорт і поступово витіснити імпорتنі напівфабрикати.

Повертаючись до рис. 1, необхідно охарактеризувати кожен запропонований варіант отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, окреслити їхню особливість, технологічність, економічне обґрунтування.

Оскільки йдеться про універсальну схему, то її складники мають бути взаємодоповнюючими, створювати органічно інтегроване ціле, зберігаючи при цьому автономність кожного окремого варіанта, специфіку його завдань, функцій і засобів досягнення кінцевої мети — отримання замороженої продукції високої якості.

У своїй сукупності кожна стадія варіантів технологічної схеми характеризує основний зміст комплексно-технічної підготовки виробництва, який виконується у певній послідовності: науково обґрунтований вибір сировинних матеріалів для заморожування, заснований на попередньо розроблених критеріях оцінювання плодів і ягід для заморожування (Сімахіна, 2021); вибір технологічних рішень залежно від варіанта технологічної схеми; технічне оснащення виробництва та освоєння способів отримання продукції високої якості; налагодження в майбутньому серійного виробництва при оптимальних витратах ресурсів.

Незалежно від варіанта обраної технологічної схеми заморожування плодів і ягід, підготовчі етапи однакові для всіх.

Передусім обрані для заморожування плоди та ягоди надходять на приймальний пункт. Під час приймання сировини їх ретельно відбирають за якістю, визначають зрілість і сортність.

На наступному етапі проводять сортування плодів і ягід для отримання однорідної за якістю і розмірами сировини. В процесі сортування (або до нього) плоди та ягоди очищують від стеблин, гілочок, чашолистків, плодоніжок тощо. Сортують сировину на інспекційних конвеєрах або (на невеликих підприємствах) — вручну на сортувальних столах. Плоди і ягоди сортують на три ґатунки: вищий, перший і другий. Для вищого ґатунку плоди або ягоди мають бути відбірними,

цільними, одного помологічного сорту і однакових розмірів; їхня органолептична характеристика за 5-бальною шкалою має відповідати 5 балам; вони призначені для тривалого (до 12 місяців) зберігання без зниження якісних та органолептичних показників і апіорі для заморожування з використанням кріопротекторів, тобто за третім варіантом.

Для першого гатунку допускаються плоди або ягоди як великих, так і середніх розмірів, нормального забарвлення, що відповідає свіжим зрілим плодам кожного помологічного сорту. Змішування помологічних сортів не допускається. Їх доцільно заморожувати за другим варіантом (з використанням цукрового сиропу).

Для другого гатунку можна використовувати зрілі плоди або ягоди, різні за розмірами, а також різних помологічних сортів. Із такої сировини складно зробити товарну продукцію високої якості з належними споживчими характеристиками, тому для її отримання раціонально використати найбільш простий і дешевий спосіб — заморожування за першим варіантом (насіпом на піддонах).

Плоди вищого та першого гатунків заморожують для виробництва різноманітних харчових продуктів, у тому числі десертів, для отримання харчових біодобавок з підвищеним вмістом БАР. Плоди другого сорту використовують як напівфабрикат чи сировину для подальшого перероблення. Заморожені ягоди використовують для приготування різних сумішей і готових страв (Павлюк, & Погарська, 2013).

Миття плодів та ягід виконують ручним способом або за допомогою спеціальних мийних машин (конвеєрна мийна машина з душовим пристроєм, вентиляторна мийна машина, елеваторна мийна машина, роторна мийна машина тощо). Миття плодів та ягід здійснюють у проточній чистій холодній воді за температури бажано не вище ніж 20 °C. Вода для миття має задовольняти всім вимогам, які ставляться до питної води. Вона не повинна містити заліза, оскільки при реакції заліза з дубильними речовинами сировини світле забарвлення темніє, змінюється колір шкірки.

Реакція води має бути нейтральною або слабколужною. Щоб забезпечити ефективність миття, сировина звільнюється від 80...90% мікроорганізмів, що містяться на її поверхні. З метою контролю ефективності процесу миття передбачено систематичне проведення мікробіологічних аналізів сировини перед миттям і після нього. При виборі мийних машин необхідно враховувати той факт, що під час миття сировина має бути захищена від механічних ушкоджень.

Після миття плоди та ягоди надходять на сітчастий конвеєр, де з них стікає вода. Тут же здійснюють остаточну перевірку якості сировини, видаляють побиті та пом'яті екземпляри. У невеликих цехах для видалення зайвої води плоди та ягоди можна насипати у решета чи корзини, де вони знаходяться протягом 10...15 хвилин. За необхідності (залежно від виду сировини) її перед заморожуванням подрібнюють (Соколенко, Шевченко, & Піддубний, 2009).

Для практичного застосування кожного із запропонованих варіантів заморожування доцільно надати їм конкретнішої характеристики. Розпочнемо з найпростішого способу, доступного як на великих підприємствах, так і у крафтових виробництвах, — **варіант 1: заморожування сировини на піддонах** (Семенюк, Петренко & Якушенко, 2022).



Сутність цього способу полягає в тому, що після відповідного оброблення кріопротекторами або безпосередньо після інспекції (згідно зі схемою) сировину викладають у 1...2 шари на піддони або конвеєрну стрічку морозильного тунелю і заморожують у потоці охолодженого повітря.

При цьому більшість об'єктів майже не змерзаються, і їх легко знімають із піддонів. Заморожені таким чином плоди та ягоди рекомендовано зсипати не відразу в тару, щоб не затримувати процес, а в проміжний бункер. Їх виготовляють з ізованими стінками, а в окремих випадках — з охолоджувальними батареями. Бункери розташовують на такій висоті, щоб створити самоплив замороженого продукту в тару.

Щоб заморожений продукт не піддавався дії підвищених температур, необхідно швидко розвантажувати піддони, фасувати, пакувати заморожені насипом плоди (ягоди) й доставляти їх до камер зберігання, підтримувати відносно низьку температуру в пакувальному приміщенні. При ручному пакуванні плодів і ягід температура повітря у приміщенні не повинна перевищувати 0 °С.

Результати виконаних досліджень показали, що на піддон розміром 60×50 см можна помістити таку кількість ягід: полуниць — 2,1 кг; малини — 1,6 кг; смородини — 2,2 кг; вишні — 2,5 кг.

При заморожуванні плодів насипом відбувається часткове випаровування води і втрати маси продукту: для вишні — 0,33%; чорної смородини — 0,68%; малини — 1,12%; полуниць — 1,5%. Очевидно, ці втрати залежать від величини питомої поверхні плодів, відношення площі поверхні до маси, а також від здатності шкірки об'єкта заморожування до десорбції води.

З метою зменшення випаровування води доцільно при заморожуванні плодів насипом підтримувати в морозильних камерах підвищену відносну вологість повітря. Цього можна досягти, якщо не допускати значного підвищення температури повітря, яке надходить до продукту, і підтримувати мінімальну різницю між температурами повітря та холодоагента.

Важливим з точки зору якості замороженої продукції є той факт, що при заморожуванні плодів та ягід насипом утворений у клітинах лід має дрібнокристалічну структуру і не руйнує тканини сировинних матеріалів як при заморожуванні, так і при зберіганні та дефростації.

Розглядаємо **варіант 2 — заморожування плодів та ягід з використанням цукрового сиропу**. Для заморожування плодів та ягід за цим варіантом беруть цукор або цукровий сироп різної концентрації — від 20 до 60%. Наприклад, для полуниць ми пропонуємо цукровий сироп концентрацією 60%, для вишні — 20%, для інших плодів — 40...50%. Проведені дослідження показали, що вищі концентрації сиропу призводять до зменшення об'єму плодів та погіршення їхніх смакових властивостей, очевидно в результаті плазмолізу плодових клітин. Концентрація лимонної кислоти, як зазначено вище, становить 1% до маси розчину.

Після дефростації (на схемі не вказано) заморожених плодів підвищується активність їхніх окислювальних ферментів, головним чином каталази, в результаті чого вони набувають стороннього присмаку, змінюють колір, різко погіршується їхня якість, і вони швидко псуються. За традиційними технологіями інактивація ферменту каталази в процесі бланшування запобігає погіршенню якості заморо-

жених плодів у процесі зберігання та після дефростації. Ефективність бланшування плодів оцінюють за вмістом у них каталази. Крім того, при бланшуванні з тканини плодів частково видаляється повітря, і це запобігає руйнуванню вітамінів при заморожуванні та подальшому зберіганні.

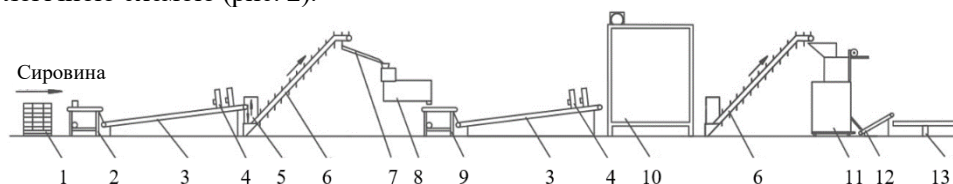
Водночас дія підвищених температур при бланшуванні викликає певні втрати вітаміну С, цукрів, кислот та інших сполук. Ці втрати збільшуються залежно від тривалості процесу. І якщо тривалість бланшування перевищує встановлене оптимальне значення для даного виду плодів, вони набувають вареного смаку й надмірно м'якої консистенції. Тому режим бланшування плодів має контролюватись шляхом визначення вмісту каталази.

Результати наших досліджень переконливо показали, що застосування ефективних кріопротекторів приводить до інактивування оксидаз, тому в цьому випадку етап бланшування вилучено.

Мідь є активним каталізатором руйнування вітаміну С при обробленні сировини. Тому, згідно з технічними умовами, в апаратурі відсутні мідні деталі.

Після видалення зайвої води плоди (ягоди) викладають у скляну тару. Плоди та ягоди, призначені для заморожування у цукровому сиропі з лимонною кислотою і викладені у скляну тару, перед заморожуванням ставлять у холодильну камеру з температурою 0 °С і витримують при цій температурі протягом 8—10 год. Цей процес дає змогу прискорити вилучення соку з плодів, розчинити цукор, якомога швидше просочити плоди сиропом, що в сукупності сприяє інтенсифікації процесу заморожування і поліпшує якість готової продукції. Після заморожування плоди та ягоди складають у контейнери і відправляють на зберігання при температурі 18 °С.

Для характеристики 3-го варіанта заморожування плодів і ягід з **використанням кріопротекторів** (Сімахіна, 2019) рис. 1 доповнюємо апаратурно-технологічною схемою (рис. 2).



**Рис. 2. Апаратурно-технологічна схема виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів:** 1 — піддони з плодами чи ягодами в корзинках; 2 — вібраційна мийочна машина; 3 — конвеєр для стікання залишків води та відбракування плодів або ягід; 4 — вентилятори для підсушування; 5 — сортувальний пристрій; 6 — транспортер під нахилом; 7 — вібраційний транспортер; 8 — міксер з дозатором розчину кріопротектора; 9 — вібраційний стіл; 10 — камера швидкого заморожування; 11 — фасувальна машина з вагами; 12 — стрічковий транспортер; 13 — робочий стіл для приймання пакетів

Лінія виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів відзначається простотою конструктивного оформлення і має високу продуктивність.

Плодово-ягідна сировина надходить з плантацій, бажано — щойно зібрана. Після попереднього відбору за якістю вміст кошиків 1 висипають безпосередньо в вібраційну мийну машину 2 через певні проміжки часу (через 3—5 с залежно від

встановленої продуктивності лінії). Встановлена спеціальна світлова сигналізація фіксує момент засипання плодів чи ягід. Від правильної роботи на ділянці завантаження матеріалів в мийну машину залежить рівномірність роботи всієї лінії. В процесі швидкого заморожування на якість продукту негативно впливає як миттєве перевантаження, так і недовантаження конвеєрів, тому що в цьому випадку відбуваються різкі коливання температури процесу. При цьому утворюються злиплі грудки і партії недостатньо замороженого продукту.

У мийній машині 2 сировину інтенсивно мийуть у вібраційній ванні, наповненій водою, напрямом течії якої протилежний руху сировини. На виході з мийної машини сировина потрапляє під сильний душ, після якого падає на конвеєр 3, де з ягід (плодів) стікає зайва вода і їх контролюють для відбракування неякісних. Похила гумова стрічка конвеєра рухається від низу до верху. Кут нахилу стрічки і швидкість руху можна плавно регулювати. Сировина підсушується вентиляторами 4 для видалення зайвої води. Здорові, пружні ягоди (плоди) направляються в сортувальний пристрій 5, тоді як м'які перезрілі зразки прилипають до конвеєрної стрічки і переносяться до збірника відходів. Певний оптимальний режим роботи сортувальної машини досягається відповідним кутом нахилу конвеєрної стрічки і швидкістю її руху. З транспортера під нахилом 6 ягоди (плоди) подаються на вібраційний транспортер 7, який повинен забезпечити більш рівномірний розподіл продукту на конвеєрі. Далі сировина подається в міксер з дозатором розчину кріопротектора 8, де відбувається постійне перемішування суміші. Через 35—40 хв ягоди (плоди) подаються на вібраційний стіл 9, де з них стікає розчин кріопротектора. Перед входом в камеру швидкого заморожування плоди і ягоди мають вологу поверхню. Тому перед камерою встановлюють конвеєр для стікання залишків кріопротектора 3 і вентилятори для підсушування 4. При проходженні сировини по конвеєру стікання і під соплами осушувальних вентиляторів надлишок кріопротектора видаляється лише з поверхні ягід (плодів) без їх осушення. Наявність залишкового шару кріопротектора на поверхні ягід (плодів) додатково захищає продукт від надмірної усушки під час заморожування і зберігання.

Замороження плодів і ягід проводиться в камері швидкого заморожування безперервної дії 10 спочатку в зоні попереднього заморожування під флюїдизованим шаром, а потім в зоні остаточного заморожування при температурі холодного повітря в камері –35...–37 °С.

При виході з морозильної камери розміщений транспортер під нахилом 6, який направляє заморожений продукт у фасувальну машину 11. Стрічковим транспортером 12 заморожена продукція в пакетах по 500 г передається на робочий стіл 13, де укладається в картонні коробки для складування в охолоджувані камери. Якщо фасувальна машина 11 не використовується, то після камери швидкого заморожування продукцію укладають в візки або картонні ящики і зважують, після чого складають у холодильні камери.

Завершальний етап технологічного процесу отримання заморожених плодів та ягід — їх зберігання. Цьому процесові слід приділяти велику увагу, бо погіршення смакових, ароматичних і харчових властивостей продукту часто відбувається саме при неправильному зберіганні.

Більшість дослідників вважають, що для зберігання заморожених плодів необхідною є температура  $-15...-18^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість повітря —  $95...98\%$ . Рекомендовано регулярно, не рідше ніж один раз на місяць, визначати якісний стан замороженої продукції. Нашими дослідженнями переконливо доведено, що плоди, оброблені кріопротекторами, при зберіганні за температури  $-18^{\circ}\text{C}$  навіть через 6 місяців не втрачають високих якісних показників; зберігання при  $-8$  та  $-12^{\circ}\text{C}$  дає змогу підтримувати високу якість заморожених плодів протягом не більше ніж двох місяців.

Реалізацію заморожених плодів проводять або для їх безпосереднього вживання, або використовують як напівфабрикати для виробництва морозива, киселів, кондитерських виробів, ягідних сумішей тощо.

З метою доведення до споживача заморожених плодів та ягід у хорошому стані необхідно, щоб роздрібна торговельна мережа була обладнана ізотермічними холодильними шафами та прилавками з температурою не вищою ніж  $-12^{\circ}\text{C}$ , що забезпечить короткочасне зберігання продукту.

Розморожені плоди та ягоди зберігається не більш ніж добу. Повторне їх заморожування категорично забороняється для запобігання розвитку небажаних мікробіологічних процесів.

При змішуванні заморожених плодів за певною рецептурою можна отримати дуже смачні фруктові асорті, що відрізняються від звичайних фруктових компотів, консервованих при високих температурах, своїм натуральним смаком, ароматом і високим вмістом вітамінів. Це ж стосується й ягід, заморожених із використанням кріопротекторів.

## **Висновки**

Плодово-ягідна сировина — основне джерело постачання населення продукцією з підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних сполук, інших біологічно активних речовин для забезпечення необхідних щоденних фізіологічних потреб організму людини. Однак це сировина сезонна, непридатна у свіжому вигляді до тривалого зберігання, тому період її споживання досить обмежений. І лише використання методів заморожування та низькотемпературного зберігання надає можливість зберегти властивості, склад і харчову цінність плодів та ягід, здійснити їх глибше перероблення і, головне, забезпечити потреби населення у високовітамінній продукції впродовж року, особливо у міжсезонний період за відсутності свіжої сировини.

Відповідно до запропонованої універсальної схеми, штучний холод у харчовій промисловості у різних модифікаціях і варіантах застосування — заморожування сировини насипом на піддонах, заморожування з використанням цукру або цукрового сиропу, заморожування з використанням кріопротекторів дає змогу отримувати стандартизовані продукти, стабільні за якісними та органолептичними показниками; зменшувати втрати робочої сили, скоротити виробничі площі, зменшити тривалість кулінарного оброблення; тривалий час зберігати заморожені матеріали без застосування штучних консервантів та антиокислювачів.

У кожному з запропонованих варіантів заморожування плодово-ягідної сировини знайшли відображення сучасні методи, які реалізуються у промислових умовах, зокрема швидко та шокове заморожування. Водночас найбільш досконале

інноваційне наповнення властиве варіантові заморожування сировини з використанням кріопротекторів. І хоча ця принципово нова наукова ідея поки що не поширена у промисловості, за нею, безумовно, майбутнє — як для забезпечення внутрішнього ринку, так і з точки зору отримання експортоорієнтованої продукції. Ба більше, використання цього способу прогнозовано знизить залежність українського ринку від імпоротної замороженої продукції, посилюючи рівень продовольчої безпеки у сфері виробництва оздоровчих продуктів.

Аналіз запропонованої універсальної схеми свідчить про те, що основною передумовою створення нових видів замороженої продукції є досконала технічна підготовка, яка починається з вибору сировини, матеріалізації наукових ідей членів колективу, модернізації та інноваційного наповнення практичних розробок. Особливо яскравим прикладом перетворення і нагромадження науково-технічної інформації в об'єкти з новими якісними та органолептичними характеристиками є отримання продукції за способом поєднання штучного холоду з методами кріопротекції.

Завдяки гнучкості запропонованої універсальної схеми, її різновидам, можливостям взаємодоповнювати окремі стадії, зберігаючи особливості свого варіанта і специфіку своїх завдань, цілком реально заморозити практично всю вирощену плодово-ягідну сировину — кондиційну і некондиційну, з вищими або нижчими органолептичними характеристиками, призначену для тривалого зберігання або для подальшого перероблення тощо. Тоді основної мети заморожування — донести до столу споживача 80—90% вирощеної плодово-ягідної продукції (а не 30—40%, як у нинішніх умовах) буде досягнуто.

## Література

- Белінська, С. О., Клячин, І. М. (2015). Трансформація форм води при зберіганні та заморожуванні квасолі стручкової овочевої. *Товари і ринки*, 1, 154—162. URL: <http://journals.knute.edu.ua/commodities-and-markets/article/view/1233/1200> (дата звернення 09.08.2023).
- Белоус, А. М., Грищенко, В. І. (1994). Криобіологія: монографія. Київ: Наукова думка.
- Гордієнко, Є. О., Товстяк, В. В. (2009). Фізика біомембран. Київ: Наукова думка.
- Заморська, І. Л. (2018). Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій зберігання та консервування ягід суниці садової: автореф. на здоб. наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.18.13. Київ.
- Павлюк, Р. Ю., Погарська, В. В. та ін. (2013). Нове в технології отримання заморожених ягід та пюре з рекордними характеристиками. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1, 3—9. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=Pt\\_2013\\_1\(1\)\\_3](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=Pt_2013_1(1)_3) (дата звернення 09.08.2023).
- Олійник, Н. М., Тарасюк, А. В., Макаренко, С. М. (2019). Проблеми та перспективи розвитку ринку заморожених напівфабрикатів. *Підприємництво і торгівля*, 24, 127—131. DOI: Осокіна, Н. М., Заморська, І. Л. (2017). Втрати маси та кріорезистентність суниці залежно від черговості збору врожаю та розміру ягід. *Вісник Херсонського нац. техн. ун-ту*, 4(63), 141—145.
- Орлова, Н. Я., Белінська, С. О. (2005). Заморожені плодовоовочеві продукти: проблеми формування асортименту: монографія. Київ: КНТЕУ.
- Одарченко, Д. М., Кудряшов, А. І., Бабіч, А. О. (2014). Заморожені напівфабрикати з ди-корослих ягід: монографія. Харків: ХДУХТ.
- Сімахіна, Г. О. (2021). Критерії придатності плодово-ягідної сировини до заморожування та їх практична реалізація. *Наукові праці НУХТ*, 27(3), 190—201.

Соколенко, А. І., Шевченко, О. Ю., Піддубний, В. А. та ін. (2009) Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів. Київ: ПП «Люксар».

Семенюк, Д. П., Петренко, О. В., Якушенко, Є. М. (2022). Обладнання для холодильної та електромагнітної обробки харчових продуктів: навч. посібник. Харків: ДБТУ.

Сімахіна, Г. О. (2019). Удосконалення технології заморожування ягід поєднанням штучного холоду і кріопротекції. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*, 30 (69), 4, 117—121. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.4-2/19>.

Bellis, M. (2019). A Chilling History of Frozen Food. URL: <https://www.thoughtco.com/chilling-history-of-frozen-food-4019667> (access date 08.08.2023).

Carrow, R. A., MacGrath, J. . (1985). Thermodynamic modeling and cryomicroscopy of cell-size unilamellar and paucilamellar liposomes. *Cryobiology*, 22, 251—267.

Leibo, S. P., Farrant, J., Mazur, P., Hanna, M. G. Jr, & Smith, L. H. (1999). Effects of freezing on marrow stem cell suspensions: interactions of cooling and warming rates in the presence of PVP, sucrose, or glycerol. *Cryobiology*, 4, 315—332.

Smith, A. U. (1991). Biological effects of freezing and supercooling. New York: Williams & Wilkins.

Somogyi, R. (1992). Effects of Chronic Central Cooling on Alimentation and Thermoregulation. *Acta Physiol. Scandinavica*, 55(2—3), 177—188.

Frozen Food Global Market Report 2022: Increasing Demand for Convenience Foods Bolsters Growth — ResearchandMarkets.com. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20230130005356/en/Frozen-Food-Global-Market-Report-2022-Increasing-Demand-for-Convenience-Foods-Bolsters-Growth---ResearchAndMarkets.com> (access date 09.08.2023).

<https://doi.org/10.36477/2522-1256-2019-24-19>.

Wagner, C. T., Martowicz, M. L., Livesey, S. A., Connor, J. (2002). Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation. *Cryobiology*, 45(2), 153—166. DOI: 10.1016/s0011-2240(02)00124-4.