

УДК 664.8.037.5:634.7

Р.Ю. Павлюк, д-р техн. наук
В.В. Погарська, д-р техн. наук
Г.В. Носіченко
Ю.П. Какадій
Л.М. Соколова, канд. техн. наук
С.М. Лосєва

НОВЕ В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГІД ТА ПЮРЕ З РЕКОРДНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Розроблено криогенну технологію заморожених ягід та пюре з них із застосуванням рідкого та газоподібного азоту. Показано, що чим вище швидкість заморожування і до більш низьких кінцевих температур (-35...-40° С) продукту тим краще зберігається якість ягід. При цьому показано, що такі швидкості дозволяють не тільки зберегти біологічно активні речовини (БАР) такі як аскорбінова кислота, антоціанові барвні речовини, фенольні сполуки, дубильні речовини, але і відбувається збільшення їх виходу із зв'язаного стану у вільний, які краще засвоюються живими організмами.

Разработано криогенную технологию замороженных ягод и пюре из них с применением жидкого и газообразного азота. Показано, что чем выше скорость замораживания и до более низких конечных температур (- 35...-40° С) продукта, тем лучше сохраняется качество ягод. При этом показано, что такие скорости позволяют не только сохранить биологически активные вещества (БАВ) такие как аскорбиновая кислота, антоциановые красящие вещества, дубильные вещества, фенольные соединения, но, и происходит увеличение их выхода из связанного состояния в свободное, которые лучше усваиваются живыми организмами.

Developed cryogenic technology of frozen berries and mash them with the application as a refrigerant liquid nitrogen. It is shown that the higher the rate of freezing and to lower the final temperature (- 35...-40°C), the product quality is better preserved berries. It is shown that such rates can not only preserve the biologically active substances (BAS), such as ascorbic acid, anthocyanin pigments, tannins, phenolic compounds, but there is an increase and recovery of the substances that are found in the free state and much better absorbed by living organisms.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В усьому світі великим попитом користуються заморожені ягоди, які є джерелом натуральних вітамінів, каротиноїдів, фенольних сполук, барвних речовин та ін., і являються природними імуномодуляторами та

антиоксидантами. Їх виробництво на душу населення в таких країнах, як Англія, Франція, Німеччина, США, Японія становить від 40 до 100 кг на рік, тобто від 100 до 300 г на людину в день [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних даних показав, що 80...90% реалізованих в Україні заморожених фруктів-імпортований товар. Найпомітніші на ринку іноземні бренди – це: Poltino, Ardo, Bonduelle та ін; а найбільш відомими вітчизняними виробниками – ТОВ «Аргі», ЗАТ «Дисконт» та ТОВ «Сім-Сім». При традиційних методах заморожування ягід відбуваються значні втрати клітинного соку при розморожуванні та БАР (від 20 до 50%) і зберігаються вони всього 6 місяців. У даний час одним із найбільш прогресивних способів переробки та консервування рослинної сировини в міжнародній практиці є криогенне заморожування. Низькі температури забезпечують найбільш повне збереження вітамінів та інших біологічно активних речовин. З існуючих холодоагентів, придатних для заморожування, цьому в більшій мірі відповідає рідкий азот, позитивними якостями якого є низька температура кипіння, хімічна та біологічна інертність та ін. [2]. Відомо, що вирішальним чинником при заморожуванні харчових продуктів є швидкість заморожування і низькі кінцеві температури заморожування, які неможливо досягти при застосуванні традиційних холодоагентів – фреону та аміачного холоду. Цим вимогам, найбільшою мірою, задовольняє рідкий та газоподібний азот. У даний час при заморожуванні харчових продуктів віддається перевага використанню рідкого та газоподібного азоту. Літературних даних про вплив криогенного заморожування на якість сировини, біологічно активні речовини, мікроорганізми дуже мало, часто вони носять суперечливий характер. В Україні використання рідкого азоту при заморожуванні знаходиться на стадії експериментальних розробок. Тому актуальним є розробка наукових основ азотних технологій отримання заморожених ягід і високовітамінних рослинних БАД із них з використанням рідкого азоту і їх використання при створенні продуктів оздоровчого харчування [3].

Мета та завдання статті. Метою роботи є розробка криогенної технології заморожених ягід (полуниця, червона смородина, вишня, чорна смородина) та наноструктурованого пюре з них із застосуванням в якості холодоагента та інертного середовища рідкого та

газоподібного азоту і виявлення закономірностей і механізмів впливу різних швидкостей заморожування і до різних кінцевих температур ягід на збереження біологічно активних речовин (БАР).

Виклад основного матеріалу дослідження. У ХДУХТ спільно з фахівцями Фізико-технічного інституту низьких температур НАНУ (ФТНІТ НАНУ) та Харківського авіаційного інституту (ХАІ) розроблена технологія заморожування ягід із застосуванням рідкого та газоподібного азоту. Ягоди заморожували в напіввиробничому морозильному апараті, виготовленому і розробленому в ФТНІТ НАНУ і ХАІ (зі швидкістю 10, 20, 100° С за хвилину) до кінцевої температури мінус 20, 25, 30, 35° С. Дослідження впливу режимів заморожування на біологічно активні речовини заморожених ягід (полуниця, вишня, чорна та червона смородина) та пюре з них представлені в таблиці.

Таблиця – Порівняльна характеристика вмісту БАР у свіжих і заморожених ягодах та в замороженому наноструктурованому пюре з них

Продукт	Масова частка					
	L-аскорбінової кислоти		антоціанових барвних речовин		Органічних кислот, %	сухих речовин, %
	мг в 100 г	% до вихідної сировини	мг в 100 г	% до вихідної сировини		
1	2	3	4	5	6	7
Чорна смородина свіжа	190,0	100,0	2700,0	100,0	2,5	15,2
Чорна смородина, заморожена при t = -20° С	152,0	80,0	1890,0	70,0	2,4	15,2
Чорна смородина, заморожена при t = -35...-40° С	266,0	140,0	5500,0	203,7	3,0	15,2
Наноструктуроване пюре з чорної смородини при t = -35...-40° С	408,9	215,2	6210,0	230,0	4,5	15,2
Червона смородина свіжа	60,0	100,0	750,0	100,0	2,0	14,2
Червона смородина, заморожена при t = -20° С	42,0	70,0	600,0	80,0	1,8	14,2
Червона смородина, заморожена при t = -35...-40° С	90,0	150,0	1450,0	193,3	2,6	14,2

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7
Наноструктуроване пюре з червоної смородини при t = -35...-40° С	122,4	204,0	1837,5	245,0	3,4	14,2
Полуниця свіжа	95,0	100,0	800,0	100,0	1,4	12,0
Полуниця, заморожена при t = -20° С	76,0	80,0	480,0	60,0	1,2	12,0
Полуниця, заморожена при t = -35...-40°С	152,0	160,0	1400,0	175,0	1,7	12,0
Наноструктуроване пюре з полуниці при t = -35...-40° С	190,0	200,0	1800,0	225,0	2,8	12,0
Вишня свіжа	58,0	100,0	1500,0	100,0	5,0	12,5
Вишня, заморожена при t = -20° С	34,8	60,0	1050,0	70,0	4,6	12,5
Вишня, заморожена при t = -35...-40° С	95,7	165,0	2460,0	164,0	6,4	12,5
Наноструктуроване пюре з вишні при t = -35...-40° С	124,0	213,8	3200,0	213,3	8,0	12,5

Результати досліджень показали, що під час заморожування ягід вітамін С і антоціанові речовини не тільки повністю зберігалися, але і більш повно вилучалися з тканин і клітин (в 1,5-2,0 разів більше ніж у свіжих ягодах).

Органолептична оцінка розморожених продуктів показала, що вони мають гарний товарний вигляд, а колір і смак відповідають якості вихідної сировини та при розморожуванні немає втрат клітинного соку. Показано, що чим вище швидкість заморожування і до більш низьких кінцевих температур (-35...-40° С) продукту, тим краще зберігається якість ягід. При цьому показано, що такі швидкості дозволяють не тільки зберегти біологічно активні речовини (БАР) такі як аскорбінова кислота, антоціанові барвні речовини фенольної природи, але, і відбувається збільшення виходу перерахованих речовин із зв'язаного стану [4]. Додаток перерахованих корисних речовин становить від 20 до 75%.

Так, додаток в заморожених ягодах аскорбінової кислоти становить від 40...65 %, антоціанових речовин – 64...103,7 %, а в замороженому наноструктурованому пюре додаток аскорбінової кислоти становить від 100...115,2%, антоціанових речовин 113,3...145,0 %. Це пов'язано, напевне, з тим, що при швидкому заморожуванні всередині рослинних клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують міжмолекулярні водневі зв'язки між

низькомолекулярними БАР і біополімерами і кількість БАР у вільному стані збільшується, як і було зафіксовано хімічними та спектроскопічними методами досліджень, а й відбувається деструкція комплексів БАР-біополімерів. Крім того, очевидно, йде мікродеформація біомембран клітин і деструкція біополімерів цитоплазми, що сприяє кращому вилученню БАР з ягід. При цьому слід зазначити, що при розморожуванні ягід практично не спостерігаються втрати клітинного соку. Показано, що якість заморожених ягід значно перевищує якість свіжих ягід за вмістом БАР в 1,4-2 рази та строк їх зберігання без змін якості біля 12 місяців. Досліджено, що при заморожуванні ягід до температури -20°C відбувалися втрати БАР на 20...40 %. Це пов'язано з тим, що при -20°C значна частина окисних ферментів не інактивується, що призводить до значного руйнування БАР.

Отримані результати стали основою під час розробки нової технології отримання наноструктурованого поре з рекордною кількістю речовин антиоксидантної та імунomodуючої дії із ягід – полуниці, вишні, чорної та червоної смородини (рис. 1).

Від традиційних інноваційна технологія відрізняється використанням шокового заморожування з високими швидкостями з використанням рідкого та газоподібного азоту та до кінцевої температури $-35...-40^{\circ}\text{C}$ (традиційно продукти заморожують до температури -18°C) та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення.

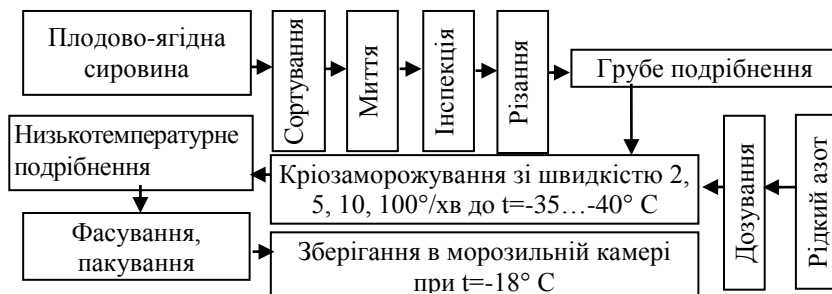


Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва наноструктурованих поре із ягід з використанням криогенного заморожування та низькотемпературного подрібнення

Показано, що при криогенному заморожуванні та низькотемпературному подрібненні плодово-ягідної сировини, які супроводжуються процесами криодеструкції та механоактивації, відбувається більш повне вилучення БАР із зв'язаного з біополімерами стану у вільний. Так, масова частка аскорбінової кислоти вилучається на 200,0...215,2 %, антоціанових барвних речовин на 213,3...245,0 % (рис. 2).

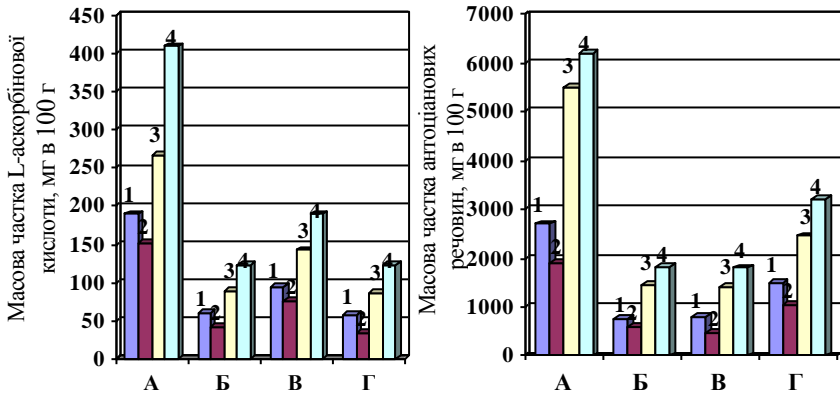


Рисунок 2 – Вплив низькотемпературного подрібнення на масову частку БАР під час отримання наноструктурованого пюре із ягід; де 1 – свіжі ягоди; 2 – заморожені ягоди при $t = -20^{\circ}\text{C}$; 3 – заморожені ягоди при $t = -35...-40^{\circ}\text{C}$; 4 – заморожене наноструктуроване пюре із ягід: А – чорна смородина, Б – червона смородина, В – полуниця, Г – вишня

Показано, що якість отриманого замороженого наноструктурованого пюре із ягід (полуниця, вишня, чорна та червона смородина) було в 1,5-2,2 раз краще, ніж вихідна сировина. Також було досліджено якість наноструктурованого пюре під час зберігання, в результаті виявлено, що заморожене наноструктуроване пюре із ягід протягом 12 місяців зберігається без зміни якості, що пояснюється інактивацією ферментів.

Висновки. Таким чином, показано, що під час криогенного заморожування ягід рідким та газоподібним азотом із використанням високих швидкостей криогенного заморожування до більш низьких температур ($-35...-40^{\circ}\text{C}$), ніж традиційні (-18°C), дозволяють не тільки зберегти біологічно активні речовини, такі як антоціанові барвні речовини, L-аскорбінова кислота та ін, а й призводять до більшого їх вилучення – екстракції з ягід (у порівнянні з традиційними методами екстракції). Добавка перерахованих корисних речовин в

заморожених ягодах становить від 1,4-2,0 разів, в замороженому наноструктурованому пюре добавка корисних речовин становить від 2-2,5 разів до свіжих ягід. Розроблено кріогенну технологію заморожених ягід і наноструктурованого пюре з використанням рідкого та газоподібного азоту, виявлено закономірності та механізм впливу швидкого кріогенного заморожування на збереженість і витяг біологічно активних речовин ягід і виявлено механізм цього процесу. Розроблено нормативно-технічну документацію на наноструктуроване пюре із ягід (полуниця, вишня, чорна та червона смородина). Проведено промислові випробування в НВП «КРІАС-ПЛЮС» міста Харкова.

Список літератури

1. Павлюк Р. Ю. Розробка технології консервованих вітамінних фітодобавок і їх використання в продуктах харчування профілактичної дії : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13 : захищена 16.10.1996 / Павлюк Раїса Юріївна. – Одеса, 1996. – 446 с.
2. Новые технологии витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование в продуктах профилактического действия : монография / Р. Ю. Павлюк [и др.]. – Х. : ХГАТОП ; К. : УГУПТ, 1997. – 291 с.
3. Новые технологии антоциановых добавок : монография / Р. Ю. Павлюк [и др.]. – Х. : ХГУПТ ; К. : Департамент пищ. пром-сти министр. агр. полит. Укр., 2008. – 261 с.
4. Кретович В. П. Биохимия растений / В. П. Кретович. – М. : Высш. шк., 1980. – 447 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Г.В. Носіченко, Ю.П. Какадій, Л.М. Соколова, С.М. Лосева, 2013.