

Р.Ю. Павлюк, д-р техн. наук, проф.

В.В. Погарська, д-р техн. наук, проф.

С.С. Стоєв

С.М. Лосєва

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАМОРОЖЕНОГО ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ПЮРЕ ІЗ ЯГІД ЖУРАВЛИНИ

Розроблено та науково обґрунтовано технологію консервованих заморожених вітамінних дрібнодисперсних пюре із ягід журавлини. Технологія від традиційної відрізняється використанням швидкого заморожування та дрібнодисперсного подрібнення ягід із застосуванням рідкого і газоподібного азоту. Комплексними дослідженнями показано, що нова технологія порівняно з традиційними дозволяє отримати унікальні продукти, які «збагачені» природними біологічно активними речовинами (БАР) та мають оздоровчу дію.

Разработано и научно обосновано технологию консервированных замороженных витаминных пюре из ягод клюквы. Технология от традиционной отличается использованием быстрого замораживания и мелкодисперсного измельчения с применением жидкого и газообразного азота. Комплексными исследованиями показано, что новая технология в сравнении с традиционными позволяет получить уникальные продукты, которые обогащены природными биологически активными веществами (БАР) обладают оздоровительным действием.

Developed and scientifically proven technology of canned frozen vitamin cranberry puree. The technology is different from the traditional use of rapid freezing and fine grinding with the use of liquid and gaseous nitrogen. Comprehensive studies have shown that the new technology in comparison with conventional gives unique products that are enriched with natural active ingredients have a healing effect.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Забезпечення населення раціональним і збалансованим харчуванням є однією з найважливіших завдань людства і майбутнього покоління. В Україні як і в усьому світі спостерігається погіршення екологічної ситуації, що призвело до зниження імунітету та появи різних захворювань. Підвищити імунітет можна шляхом регулярного споживання продуктів, які відрізняються високим вмістом біологічно-активних речовин (БАР), до яких відносять вітаміни, мінеральні речовини, фенольні сполуки, пектинові речовини, харчові волокна та ін. [1].

Відомо, що БАР відіграють значну роль у життєдіяльності організму людини, беруть участь в обміні речовин, спричиняють фармакологічний вплив на організм людини. Але значна кількість їх в організмі людини не синтезується, а потрапляє з їжею. Забезпечення вітамінами населення можливо за рахунок збільшення виробництва та споживання ягід, фруктів, овочів – натуральних продуктів рослинного походження та добавок-наповнювачів із них у вигляді замороженого пюре та паст. Потреба в таких добавках в Україні складає близько 1,5 млн. тонн на рік. Але фактично їх виробляють всього 1% [1].

Особливе місце серед рослинної сировини, яка містить значну кількість БАР, займають дикорослі ягоди, до яких належить журавлина. Ця ягода представляє собою збалансований комплекс біологічно-активних речовин – вітамінів (вміст вітаміну С складає до 45...60 мг/100 г), макро- та мікроелементів (калію – 110...130 мг/100 г, кальцію – 14...20 мг/100 г, фосфору – 12...25 мг/100 г та ін.), органічних кислот (бензойної – 3,4...4 мг/%, хлорогенової – 7...15мг/% та ін.), фенольних сполук, антоціанів – 790 мг/100 г, пектинових – 1,41% та дубильних речовин – 0,32%. Високий вміст фенольних сполук й антиоксидантні властивості журавлини роблять її схожою за своїми властивостями на вино, а кількість пектину, яка міститься в ягодах здатна легко виводити радіонукліди та іони важких металів із організму людини [2; 3].

З кожним роком асортимент продуктів із журавлини розширюється, особливо це стає очевидним у харчовій промисловості розвинених Європейських країн і дальнього зарубіжжя. В кондитерській промисловості використовують журавлину для виробництва рулетів, пряників у якості начинок, дуже популярними є журавлина в цукровій чи шоколадній глазурі; в лікєро-горілочній промисловості журавлина є сировиною для виготовлення лікерів, настоянок, горілки, в фармацевтичній промисловості з журавлини виготовляють біологічно активні добавки (БАД). У консервній промисловості випускаються такі продукти із журавлини як: джеми, варення, сорбети, конфітюри, желе, шербети, муси, морси, журавлина протерта із цукром та ін.

Традиційні технології переробки ягід журавлини не дозволяють у повній мірі зберегти корисні біологічно активні речовини свіжої сировини, тому що під час їх виробництва використовуються технології з жорсткими режимами, за яких втрачається від 20 до 80% кількості БАР. Це трапляється за відсутності ефективного обладнання та сучасних технологій, які б дозволили отримати якісні функціональні продукти з високим вмістом натуральних вітамінів, барвних речовин на інших БАР. [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні швидке «шокове» заморожування є одним із прогресивних способів консервування плодів та ягід. При цьому зберігаються поживна цінність і смакові властивості сировини. Виявлено та підтверджено, що чим інтенсивніший режим заморожування продукту (висока швидкість заморожування), тим краще зберігаються споживчі властивості продукту, досягається рівномірне та швидке утворення кристалів льоду, що в свою чергу, забезпечує повне зберігання біологічно активних речовин.

Відомо, що традиційне заморожування не дає такого позитивного ефекту, як криогенне заморожування. Вирішальним чинником при заморожуванні харчових продуктів є швидкість заморожування та кінцеві температури заморожування, які не можна досягти за допомогою традиційних холодоагентів – фреону та аміачного холоду. Цим вимогам в більшій мірі відповідає рідкий та газоподібний азот, у якого є низька температура кипіння, хімічна та біологічна інертність. Світова статистика свідчить про те, що рідкий азот застосовується провідними фірмами досить широко при транспортуванні, зберіганні та переробці сільськогосподарських продуктів як холодоагент та інертне середовище [1].

Але без глибоких знань біохімічних, мікробіологічних та хімічних процесів, які відбуваються в консервованій рослинній сировині за допомогою заморожування, неможливо досягти високої ефективності використання рідкого та газоподібного азоту. Літературних даних щодо впливу низьких температур на якість сировини, БАР, біополімери, мікроорганізми дуже мало, часто вони носять суперечливий характер. Тому актуальним є вивчення особливостей впливу низьких температур, високих швидкостей заморожування та інших технологічних прийомів на біополімери та БАР ягід журавлини при отриманні функціональних оздоровчих продуктів для імунопрофілактики населення України.

Мета та завдання статті. Метою та завданням роботи є вивчення закономірностей і механізму впливу заморожування, криодеструкції на БАР, біополімери та активність окислювальних ферментів ягід журавлини під час розробки науково-обґрунтованої технології вітамінного замороженого пюре із ягід журавлини для оздоровчого харчування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Харківським державним університетом харчування та торгівлі спільно з фахівцями Фізико-технічного інституту низьких температур НАНУ (ФТІНТ НАНУ) і Національного аерокосмічного університету ім. Жуковського

«ХАІ» розроблено технологію заморожених ягід та вітамінного замороженого пюре із ягід журавлини.

Інноваційна технологія отримання пюре повністю виключає теплову обробку і засновується на використанні рідкого азоту як джерела низьких температур та інертного середовища на стадіях переробки ягід. Нова технологія вітамінного замороженого пюре має три основних відзнаки від традиційних технологій: повністю виключає теплову обробку продукту; застосовується рідкий та газоподібний азот під час заморожування цілих ягід і пюре; застосування дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення [2, 3].

Розроблена технологія включає наступні основні етапи: інспекцію, миття, криогенне шокове заморожування до температури $-35...-40^{\circ}\text{C}$, дрібнодисперсне подрібнення та зберігання в морозильних камерах за температури $-18...-25^{\circ}\text{C}$ [3]. Принципову технологічну схему отримання замороженого вітамінного пюре із ягід журавлини із застосуванням рідкого та газоподібного азоту наведено на рис. 1.

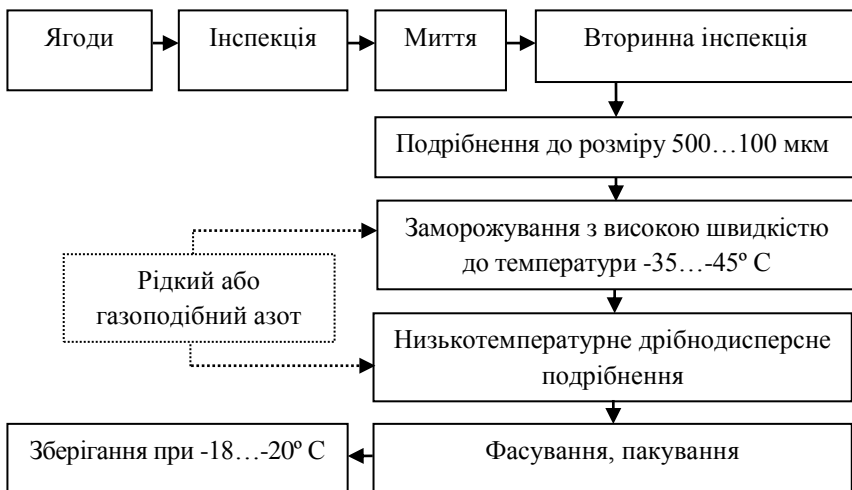


Рисунок 1 – Принципова технологічна схема виробництва вітамінного замороженого пюре із ягід журавлини

Одним із головних завдань у даній роботі було збереження фенольних сполук, барвних речовин фенольної природи – антоціанів та L-аскорбінової кислоти, поліфенолів – дубильних речовин.

Комплексними дослідженнями вперше показано, що чим вище швидкість заморожування до більш низьких температур (у порівнянні з традиційними режимами заморожування) до мінус 35...40°C продукту, тим краще зберігається якість ягід (рис. 2)

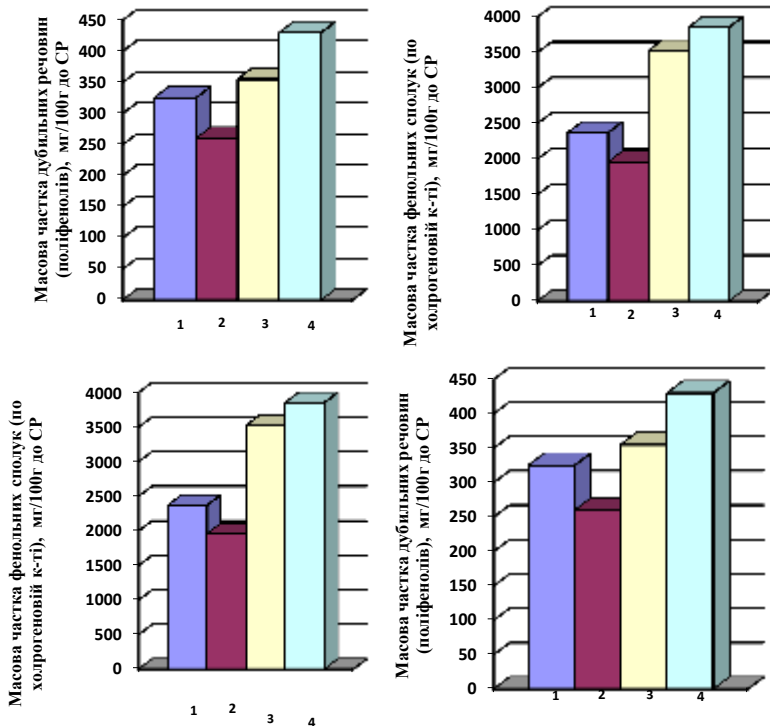


Рисунок 2 – Вплив заморожування та низькотемпературного подрібнення на вміст основних БАР в ягодах журавлини, де 1 – свіжі ягоди журавлини; 2 – ягоди заморожені при температурі -18° С; 3 – ягоди заморожені при температурі до температури -35...40° С; 4 – ягоди швидкозаморожені та дрібноподрібнені

Механізм цього процесу пов'язаний із тим, що при швидкому заморожуванні ягід в середині рослинних клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують міжмолекулярні водневі зв'язки та індукційну взаємодію між низькомолекулярними БАР та біополімерами і кількість БАР, які більш повно вилучаються із ягід зафіксовано хімічними та спектроскопічними методами досліджень. Крім того іде мікродеформація біомембран клітин і мікродеструкція

біополімерів цитоплазми, що сприяє кращому вилученню - екстракції БАР із ягід. При цьому слід зазначити, що при розморожуванні ягід та добавок із них практично не спостерігаються втрати клітинного соку (традиційно вони складають від 10 до 15%).

Показано, що під час заморожування ягід до температури -18°C відбувалися втрати БАР на 20...40%. Це пов'язано з тим, що частина окислюючих ферментів не інактивуються, що призводить до значного руйнування БАР.

Підвищений вміст БАР із журавлини при швидкому заморожуванні дрібнодисперсному низькотемпературному подрібненні підтверджено на молекулярному рівні при вивченні ІЧ-спектрів (рис.3).

«Поглинання»

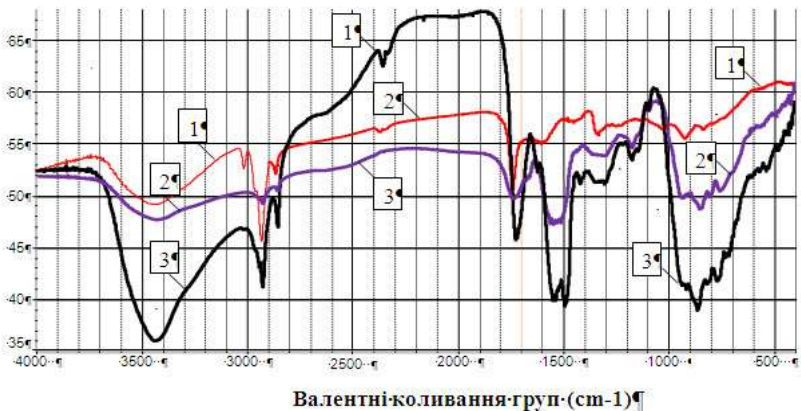


Рисунок 3 – ІЧ-спектри ягід журавлини свіжих, заморожених з різними швидкостями і подрібнених, де 1 – свіжі ягоди журавлини; 2 – ягоди заморожені при температурі -18°C ; 3 – ягоди швидкозаморожені до температури $-35...40^{\circ}\text{C}$ та дрібно подрібнені

Показано, що при швидкому заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні заморожених ягід зменшується кількість водневих зв'язків, а також зменшення ОН-груп (в області частот при $\nu = 3610...3645\text{ см-1}$, $\nu = 3450...3600\text{ см-1}$, $\nu = 3200...3550\text{ см-1}$, $\nu = 3590...3650\text{ см-1}$, $\nu = 3200...3400\text{ см-1}$), що свідчать про те, що низькомолекулярні БАР та барвні речовини із зв'язаного з біополімерами стану переходять у вільний. Отримані методом ІЧ-спектроскопії дані підтверджують підвищений вміст

масової частки аскорбінової кислоти, фенольних сполук, антоціанових та дубильних речовин [2, 3].

Одним із головних завдань цієї роботи та при створенні нової технології було не тільки повне збереження БАР, але й активація пектинових речовин і речовин, їх більш повне вилучення з сировини, підвищення їх драглеутворюючих властивостей. У даній роботі вперше встановлено, що при високих і повільних швидкостях заморожування до мінус 18° С ... мінус 20° С і при подальшому подрібненні (тобто використанні процесів механодеструкції і механоактивації) ягід журавлини відбувається істотна деградація і деструкція біополімерів – пектинових речовин, целюлози і білка. Показано, що збільшується загальна кількість пектинових речовин в 3,0...4,6 рази. Встановлено, що паралельно відбувається деструкція і деградація целюлози, а також білка, про що свідчить зменшення її кількості на 8...13%, збільшення загальної кількості цукрів на 10...12% і збільшення драглеутворюючої здатності на 25...40%. Відбувається збільшення вільних амінокислот та простих пептидів майже в 2...3 рази.

Таблиця 1 – Вплив заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на трансформацію пектинових речовин, деструкцію білка та целюлози

Показники якості	Журавлина		
	Свіжі ягоди	Заморожені	Заморожені та подрібнені
Пектинові речовини: % до СР	19,3	28,4	96,5
Розчинний пектин, % до СР	13,1	19,8	60,3
Органічні кислоти, % до СР	13,5	16,2	19,4
Загальна кількість цукрів, % до СР	58,5	62,4	74,8
Прості пептиди та вільні амінокислоти, % до СР	1218,3	3789,8	4015,7

Тобто нова технологія дозволяє отримати наноструктурований продукт з високим вмістом природних БАР, з високою засвоюваністю живими організмами, високою розчинністю. Крім того, нові вітамінні пюре із ягід журавлини мають високі технологічні властивості, як при їх використанні для збагачення різних функціональних харчових продуктів, так і в якості напівфабрикатів при отриманні із них у подальшому соків, сокових напоїв, пюре, пастоподібних наповнювачів з

використанням пастеризації, вакуумування, асептичного консервування та ін. Слід зазначити, що значним недоліком сучасних традиційних методів переробки та консервування плодів та овочів в різні продукти, в тому числі соків, пюре, паст є те, що при їх виробництві використовують досить жорсткі режими, які призводять до втрат БАР в результаті окислення ферментів сировини [2].

У даній роботі встановлено, що при повільних швидкостях заморожування до температури -18°C плодів та овочів відбувалась активація окислювальних ферментів – пероксидази та поліфенолоксидази на 50%, а при подальшому подрібненні активність ферментів збільшувалась у 3,5...4 рази (таблиця 2).

Таблиця 2 – Вплив «шокового» заморожування та низькотемпературного подрібнення на активність окислювальних ферментів

Продукт	Активність пероксидази		Активність поліфенолоксидази	
	мл 0,001N йоду до СР	% до вихідного	мл 0,001N йоду до СР	% до вихідного
Свіжі ягоди журавлини	149,3	100,0	74,6	100,0
Заморожені плоди до -18°C	223,5	150,0	111,9	150,0
Плоди розморожені	150,0	101,0	73,8	98,5
Кріопюре із плодів, які заморожені до -18°C	521,5	350,2	305,9	410,0
Розморожене кріопюре	149,0	99,9	75,4	101,2
«Шокове» заморожування плодів до -35°C	0	0	1,2	0,1
Розморожені плоди після «шокового» заморожування	0	0	0	0
Кріопюре із плодів «шокового» заморожування	0	0	0	0
Розморожене кріопюре із плодів після «шокового» заморожування	0	0	0	0

Висновки. При повільних швидкостях заморожування ягід та їх подальшому низькотемпературному подрібненні необхідно вжити заходів з інактивації окислювальних ферментів (наприклад, при підготовці ягід до заморожування).

Виявлено, що при високих та надвисоких швидкостях заморожування до температури мінус 35° С – мінус 40° С, тобто при «шоковому» заморожуванні з застосуванням газоподібного та рідкого азоту окислювальні ферменти повністю інактивуються, що очевидно пов'язано із значною незворотною денатурацією та кріодеструкцією білкових глобул ферментів та повною інактивацією їх активних центрів. При розморожуванні ягід заморожених до -35...-40° С із використанням «шокового» заморожування протягом 1 години активність окислювальних ферментів не відновлювалась.

Встановлено, що при «шоковому» заморожуванні журавлини, а також кріопюре із них не спостерігаються втрати клітинного соку на відміну від традиційного заморожування. Механізм цього процесу, очевидно, пов'язаний з тим, що при «шоковому» заморожуванні відбувається також інактивація і гідролітичних ферментів, таких як целюлази, пектинази, протеази та інші, які призводять до гідролізу біополімерів клітин до окремих їх складових, які переходять в розчинну форму, що відображається у втратах клітинного соку. Отримані результати наукових досліджень по кріодеструкції та «шоковому» заморожуванні ягід дозволять по-новому уявити механізм дії низьких температур, низькотемпературного подрібнення на окислювальні ферменти ягід.

Таким чином, одержані результати стали основою при розробці нової технології отримання вітамінних заморожених дрібнодисперсних пюре із журавлини. Розроблено проект документації (ТУУ 15.3-01566330). Проведені виробничі випробування в НВП «Кріас-1», НВФ «Фіпар».

Список літератури

1. Павлюк Р. Ю. Новые технологии витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование в продуктах профилактического действия: монография / Р. Ю. Павлюк, А. И. Черевко, И. С. Гулий ; Харьк. гос. академия технологии и организации питания, Укр. гос. ун-т пищ. техн. – Харьков ; Киев, 1997. – 285 с.

2. Нове в технології заморожування ягід у швидкозаморожувальному тунельному апараті із застосуванням газоподібного азоту / Г. Д. Гамуля, [та ін.] // Прогресивні техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Харків, 2008. – С. 58–66.

3. Вивчення механізму впливу заморожування та механоактивації на трансформацію біополімерів та драглеутворюючі властивості паст із ягід / Р. Ю. Павлюк [та інш.]// Зб. наук. праць ОНАХТ. – 2008. – С. 45–51.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, С.С. Стоєв, С.М. Лосєва, 2013.