

*Вивчено вміст біологічно активних речовин (БАР) – хлорофілів а і b, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти та поліфенольних речовин в хлорофілвмісних овочах (капусті брокколи та брюссельській). Розроблено криогенну технологію заморожування хлорофілвмісних овочів. Встановлено, що застосування криогенного «шокового» заморожування дозволяє не тільки зберегти всі корисні БАР, але й більш повно їх вилучити у вільний стан*

*Ключові слова: криогенне заморожування, інновації, хлорофілвмісні овочі, брокколи, брюссельська капуста, рідкий азот*

*Исучено содержание биологически активных веществ (БАВ) – хлорофиллов а и b, каротиноидов, L-аскорбиновой кислоты и полифенольных веществ в хлорофиллсодержащих овощах (капусте брокколи и брюссельской). Разработана криогенная технология замораживания хлорофиллсодержащих овощей. Установлено, что использование криогенного «шокового» замораживания позволяет не только сохранить все полезные БАВ, но и более полно извлечь их в свободное состояние*

*Ключевые слова: криогенное замораживание, инновации, хлорофиллсодержащие овощи, брокколи, брюссельская капуста, жидкий азот*

УДК 664.849.001.76

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56111

## РОЗРОБКА КРИОГЕННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХЛОРОФІЛВМІСНИХ ОВОЧІВ

Р. Ю. Павлюк

Доктор технічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України,  
лауреат Державної премії України, завідувач кафедри\*

E-mail: ktrprom@mail.ru

О. С. Погарський

Аспірант, асистент\*

E-mail: ktrprom@mail.ru

О. А. Каплун

Кандидат технічних наук, старший викладач  
Харківський торговельно-економічний коледж

Київського національного

торговельно-економічного університету

вул. Клочківська, 202, г. Харків, Україна, 61045

E-mail: hteb@yandex.ru

С. М. Лосєва

Завідувач лабораторії, доцент\*

\*Кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока  
Харківський державний університет харчування і торгівлі  
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

### 1. Вступ

В даний час спостерігається у всіх країнах світу дефіцит в раціонах харчування вітамінів, повноцінних білків, мінеральних речовин та інших біологічно активних речовин, потреба в яких у населення України задовольняється всього на 50 % [1–3]. Крім того, в раціонах харчування спостерігається незбалансованість харчування, дефіцит м'яса, риби, молока, овочів, фруктів, тобто тих продуктів, які сприяють зміцненню здоров'я населення України. В той же час на всій Землі спостерігається погіршення екологічної ситуації та зниження імунітету у населення [1–3]. В зв'язку з цим у багатих країнах світу [4, 5], користуються великою популярністю функціональні оздоровчі продукти харчування, особливо із овочів та фруктів, які спрямовані на зміцнення здоров'я. Цій проблемі сьогодні у всьому світі приділяється велика увага, як в роботах вітчизняних, так і закордонних вчених, а також на державному рівні у вигляді програм по оздоровчому харчуванню та здоровому способу життя, які інвестуються державами та впроваджуються в суспільстві у вигляді різних форм. Це один із найважливіших напрямків розвитку науки, який інтенсивно розвивається в міжнародній практиці [4, 5].

Одним із перспективних напрямків отримання оздоровчих харчових продуктів є використання для їх виготовлення заморожених овочів і фруктів, які містять значну кількість БАР, таких як вітаміни, каротиноїди, хлорофіли а і b, фенольні сполуки, що сприяють зміцненню захисних сил організму людини, а також мають детоксикуючу та антиокислювальну дію на організм людини [4]. Але в даний час в Україні спостерігається дефіцит вітчизняних заморожених овочів [4–9].

Хлорофілвмісні овочі (капуста брокколи та брюссельська) помітно виділяються серед іншої рослинної сировини високим вмістом хлорофілів, аскорбінової кислоти, β-каротину, фенольних сполук, що мають імуномодулюючу та антиоксидантну дію. Ці овочі користуються популярністю у населення різних країн світу (особливо в Японії, США, Бразилії та ін.). Відомо, що ненасичені конюговані сполуки хлорофілу, мають протипроменеву, протицухлинну дію та істотно підвищують захисні сили організму, особливо в поєднанні з аскорбіновою кислотою та β-каротином, які у великій кількості містяться у капусті брокколи та брюссельській. Відомо, що зазначені види капусти погано зберігаються і є сезонним продуктом. Традиційні технології їх переробки призводять до значних втрат БАР [6–10].

Труднощі при переробці хлорофілвмісних овочів у консервовані продукти пов'язані з тим, що під впливом теплової обробки, світла, кисню повітря, рН середовища відбуваються значні втрати хлорофілу, аскорбінової кислоти, каротиноїдів та інших БАР (від 20 до 80 %). Втрати хлорофілу супроводжуються потемнінням або знебарвленням продукту. Під дією вказаних факторів в молекулах хлорофілу відбувається реакція заміщення комплексно зв'язаного магнію на водень, в результаті чого утворюється речовина бурого кольору – феофітин. На сьогоднішній день хлорофілвмісні овочі (ХВО) в Україні не знайшли належного застосування при виготовленні харчових продуктів [9].

Зокрема заморожені та мало вивчені способи переробки хлорофілвмісної рослинної сировини, що призводять до збереження натуральних хлорофілів, в тому числі при заморожуванні, в науковій літературі відсутні. Наявні в літературі дані носять суперечливий характер.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Відомо, що найбільш ефективним способом переробки овочів, фруктів та ягід є швидке «шокове» заморожування, яке забезпечує найбільш високе збереження вітамінів та інших БАР. Однак, при розморожуванні рослинної сировини спостерігаються втрати клітинного соку, вітамінів та інших речовин та гарантійні строки зберігання замороженої продукції обмежені 6-ма місяцями. Криогенне «шокове» заморожування, тобто заморожування із застосуванням криогенних рідин (рідкого азоту, вуглекислоти та ін.) широко застосовується за кордоном. В Україні цей спосіб заморожування не знайшов належного застосування, не розроблені криогенні технології та не вивчені біохімічні та фізико-хімічні процеси при заморожуванні хлорофілвмісної рослинної сировини [7–9].

В даній роботі при розробці технології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі та брусельської капусти), як інновацію було запропоновано використовувати криогенне «шокове» заморожування з високими швидкостями заморожування до більш низьких кінцевих температур в продукті, ніж прийнято в міжнародній практиці, що дозволило розробити новий спосіб отримання заморожених овочів з якісно новими споживчими властивостями, ніж вихідна сировина та традиційно заморожені овочі, які до цього часу не було можливості отримати, використовуючи загальноприйнятні методи. При інтенсивному криогенному заморожуванні з використанням високих швидкостей до більш низьких кінцевих температур в продукті (–35...–40 °C) ніж прийнято в міжнародній практиці (–18 °C) з застосуванням газоподібного та рідкого азоту, буде формуватися кристалічна структура характерна для заморожених овочів, а також проходити ферментативні та не ферментативні процеси, зміни БАР та криодеструкція БАР і біополімерів, а також наноасоціатів БАР – біополімер або біополімер – біополімер та інші. Перераховані процеси з застосуванням криогенного заморожування будуть проходити інакше, ніж при традиційних методах заморожування, що потребує додаткових досліджень.

Аналізуючи дані наукової періодичної літератури за останні 10 років було встановлено, що в роботах [11–16] вчених при дослідженні впливу режимів «шокового» заморожування на якість рослинної та тваринної сировини під якістю розуміють текстуру продукту, а також вивчають вплив заморожування на теплофізичні характеристики продукту. Нові технології швидкого заморожування як альтернативу тепловим методам попередньої обробки плодоовочевої сировини до заморожування включають застосування високого тиску, попереднє зневоднення або УЗД обробку продуктів до заморожування. Встановлено, що попереднє зневоднення продуктів до заморожування здатне понизити шкоду для посадки текстури за рахунок часткового видалення води до заморожування. Авторами запропоновано прогнозування процесу заморожування – розморожування та терміну придатності заморожених продуктів в залежності від виду обладнання для заморожування з урахуванням визначених при мінусових температурах значеннях щільності, теплопровідності, питомої теплоємності, температуропровідності продукту [11–16]. Крім того, знання швидкості кінетики процесів зміни якості харчових продуктів дозволяє прогнозувати термін придатності заморожених продуктів.

Крім того, розглядаються останні дослідження, які стосуються застосування ультранизьких температур для високоякісного довготривалого зберігання продуктів тваринної сировини [10]. Встановлена стабільність білків при їх зберіганні при температурі нижче точки замерзання, коли вміст незамерзаючої води мінімальний. Показано, що окислення ліпідів інгібується профілактикою проникнення кисню в тканини тваринної сировини, а не зменшенням температури зберігання. Визначена температура, при якій значна частина ліпідів риб залишаються в некрижаному стані. Встановлена рекомендована температура довгострокового зберігання риби без зміни якості, яка становить –35,0 °C, але не пояснюється чому саме така температура була обрана авторами.

Таким чином, проведений аналіз даних літератури, що стосується проблеми збереження якості продуктів при заморожуванні, морозильному зберіганні та розморожуванні показав, що в науковій літературі відсутні дані впливу криогенного «шокового» заморожування різних видів рослинної сировини, включаючи хлорофілвмісні овочі, на якість сировини за вмістом БАР та дані щодо технологічних прийомів, які дають змогу зменшити втрати клітинного соку при розморожуванні.

## **3. Мета і задачі дослідження**

Метою роботи є розробка криогенної технології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі та брусельської капусти), яка включає криогенне «шокове» заморожування з високими швидкостями та до більш низьких кінцевих температур в продуктах з використанням рідкого та газоподібного азоту, що дозволить не тільки повністю зберегти хлорофіли а і b, каротиноїди та інші біологічно активні речовини, але й дозволить більш повно вилучити їх скриті форми (зв'язані в наноконформах з біополімерами).

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

– вивчити вміст біологічно активних речовин, таких як хлорофіли а і b,  $\beta$ -каротин, вітамін С, дубильні речовини, а також органічних кислот в свіжих хлорофілмісних овочах (капуста броколі та брюссельська);

– вивчити вплив криогенного «шокового» заморожування з використанням рідкого та газоподібного азоту з високими швидкостями до різних кінцевих температур на зберігання хлорофілів а і b,  $\beta$ -каротину, вітаміну С, дубильних речовин та активність антиокислювальних ферментів при заморожуванні капусти броколі та брюссельської;

– розробити криогенну технологію отримання заморожених хлорофілмісних овочів з використанням рідкого та газоподібного азоту з максимальним збереженням хлорофілів а і b та інших БАР та мінімальними втратами клітинного соку при розморожуванні; вивчити закономірності та механізми процесів, що відбуваються при криогенному заморожуванні;

– вивчити вміст БАР в заморожених овочах в порівнянні з вихідною сировиною та аналогами.

#### 4. Наукове обґрунтування розробки криотехнології хлорофілмісних овочів

В Харківському державному університеті харчування та торгівлі (ХДУХТ, Україна) разом із фахівцями Харківського торгівельно-економічного коледжу (КНТЕУ) запропоновано та розроблено криотехнологію заморожування хлорофілмісних овочів (капусти броколі та брюссельської) з використанням рідкого та газоподібного азоту. Дослідження проведено в ХДУХТ на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока на базі 2-х науково – дослідних лабораторій, які є на кафедрі «Інноваційних крио- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» і «Технології та біохімії фітоконцентратів». Роботу виконано з використанням сучасного оригінального обладнання, яке є на кафедрі ХДУХТ, такого як: криогенний програмний заморожувач з програмним забезпеченням, який застосовує як холодагент та інертне середовище рідкий та газоподібний азот. При цьому, температура в швидкокоморозильній камері становила  $-60^{\circ}\text{C}$ . Продукти заморожували з різними швидкостями (2, 5,  $10^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$ ) до кінцевої температури:  $-18^{\circ}\text{C}$ ;  $-25^{\circ}\text{C}$ ;  $-30^{\circ}\text{C}$ ;  $-35^{\circ}\text{C}$ . При цьому, на заморожування 1 кг овочів витрачалось від 0,5 до 1 кг рідкого азоту в залежності від сировини, товщини продукту, який заморожувався, та ін.

Наукові дослідження, результати яких наведені в даній статті, є продовженням робіт авторів по розробці криогенних технологій переробки як різних видів овочів так і фруктів, і ягід в дрібнодисперсні добавки в формі нанопорошків, заморожених нанопоре, що увійшли в роботу, яка в 2006 році була відзначена Державною премією в галузі науки і техніки України.

Головним при розробці криогенної технології заморожених хлорофілмісних овочів було повністю виключити втрати клітинного соку при розморожуванні, зберегти теплову обробку сировини, та повністю зберегти хлорофіли а і b, каротиноїди, аскорбінову кислоту та інші БАР не тільки при заморожуванні, але й при розморожуванні та зберіганні протягом року.

Вивчено вміст БАР в свіжих овочах (капусті броколі та брюссельській). Показало, що капуста броколі відрізняється в 1,5 рази більш високим вмістом хлорофілів а і b, ніж брюссельська. Так, в 100 г капусти броколі масова частка хлорофілу а складала 90,5 мг, хлорофілу b – 198 мг, а в брюссельській відповідно 60,2 і 125 мг в 100 г.

Брюссельська капуста відрізнялась більш високим вмістом  $\beta$ -каротину в порівнянні з броколі (відповідно 10,8...12,3 мг в 100 г та 9...10 мг в 100 г) та аскорбінової кислоти (відповідно 75...82 мг в 100 г та 54...59 мг в 100 г). Капуста броколі відрізнялась також більшою в 2–2,4 рази активністю ферментативної системи. Так, активність поліфенолоксидази в капусті броколі складала біля 2,4 0,01 N розчину йоду, а в брюссельській біля 1,0 0,01N розчину йоду, активність пероксидази відповідно 13,8 і 6,3 0,01 N розчину йоду. Показано також, що хлорофілмісні овочі відрізнялись високим вмістом поліфенольних сполук – дубильних речовин типу таніну (від 302 до 680 мг в 100 г), які мають високі антиокислювальні, імуномодулюючі та детоксуючі властивості. Таким чином, хлорофілмісні овочі відрізнялись високим вмістом БАР, таких як хлорофіли а і b,  $\beta$ -каротин, L-аскорбінова кислота та поліфеноли.

Встановлено, що використання криогенного «шокового» заморожування хлорофілмісних овочів з високими швидкостями ( $5...10^{\circ}\text{C}$  в хвилину) до кінцевої температури  $-32...-35^{\circ}\text{C}$  дозволяють не тільки зберегти хлорофіли,  $\beta$ -каротин, L-аскорбінову кислоту, поліфенольні сполуки, а й отримати заморожені овочі з іншим хімічним складом, зокрема за вмістом БАР вдвічі, а за деякими показниками втричі кращими, ніж свіжа сировина (табл. 1). Так, масова частка хлорофілів після криогенного заморожування збільшилась в 2...2,2 рази, а  $\beta$ -каротину – в 2...3 рази, тобто відбувається їх більш повне вилучення із сировини із складних наноконструкцій біополімерів з БАР у вільну форму, тобто спостерігається ефект «збагачення» продукту та інактивація окислювальних та гідролітичних ферментів. Механізм цього процесу пов'язаний із значною криодеструкцією молекул ферментів та їх активних центрів. Механізм більш повного вилучення низькомолекулярних БАР із заморожених хлорофілмісних овочів пов'язаний з тим, що при швидкому заморожуванні в середині рослинних клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують водневі зв'язки в наноконструкціях між низькомолекулярними БАР, які знаходяться у зв'язаному стані та біополімерами і кількість БАР у вільному стані збільшується, що було зафіксовано за допомогою хімічних та спектроскопічних методів дослідження. Крім того, на наш погляд, може відбуватися мікродеструкція біомембран клітини і деструкція наноконструкцій, біополімерів цитоплазми (зокрема «білок – целюлоза» та ін.), що сприяє кращому екстрагуванню БАР із зв'язаного стану. При цьому, слід зазначити, що при розморожуванні овочів взагалі не відбувалися втрати клітинного соку. Це свідчить про інактивацію гідролітичних, цитолітичних та протеолітичних ферментів. Отримані результати стали основою при розробці криогенної технології отримання заморожених хлорофілмісних овочів – капусти броколі та брюссельської.

Показано, що при заморожуванні овочів до температури  $-18...-20^{\circ}\text{C}$  відбувалися незначні втрати БАР (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив криогенного «шокового» заморожування з використанням високої швидкості заморожування до різних кінцевих температур хлорофілвісних овочів на масову частку хлорофілу, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти

Найменування об'єкту досліджень	Масова частка										Активність пероксидази 0,01N розчин йоду	Активність поліфенолоксидази, 0,01N розчин йоду
	хлорофілів				β-каротину		L-аскорбінової кислоти		поліфенолів			
	a		b		мг в 100 г	% до вих. сировини	мг в 100 г	% до вих. сировини	мг в 100 г	% до вих. сировини		
мг в 100 г	% до вих. сировини	мг в 100 г	% до вих. сировини									
капуста броколі												
свіжа	87,6	100,0	195,0	100,0	8,8	100,0	52,0	100,0	380,2	100,0	13,8	2,4
заморожена до -18 °С	90,1	102,8	191,2	97,4	17,0	193,2	49,1	94,4	372,0	98,0	17,6	3,2
заморожена до -35 °С	198,6	226,7	398,8	205,0	26,1	296,5	101,4	195,0	680,9	180,5	0,1	0,2
брюссельська капуста												
свіжа	58,0	100,0	120,0	100,0	10,5	100,0	75,6	100,0	310,4	100,0	6,3	1,0
заморожена до -18 °С	57,4	99,4	118,4	98,7	18,7	178,1	74,2	98,7	302,6	97,5	7,4	1,3
заморожена до -35 °С	116,2	200,4	258,7	215,6	25,9	246,7	140,4	185,7	579,7	187,2	0	0

Підвищене вилучення БАР із заморожених овочів було підтверджено при вивченні ІЧ-спектрів. При порівнянні ІЧ-спектрів свіжих і заморожених хлорофілвісних овочів було виявлено зміни в області частот 3000–3650 см<sup>-1</sup>, характерних для валентних коливань функціональних ОН – груп, які знаходяться у вільному стані і беруть участь у внутрішньомолекулярних і міжмолекулярних водневих зв'язках, входять до складу вільної і зв'язаної води, фенольних сполук, дубильних речовин, білків, цукрів та ін. Це свідчить про руйнування водневих зв'язків в різних наноконформаціях сполук біополімерів з БАР, а також самих біополімерів. При цьому відбувається більш повне екстрагування останніх, які трансформуються у вільний стан, визначаються і фіксуються за допомогою хімічних методів досліджень.

На основі отриманих експериментальних даних розроблена криогенна технологія заморожування хлорофілвісних овочів, яка відрізняється від традиційної тим, що включає високі швидкості заморожування до більш низьких температур (до -35 °С) ніж прийнято в міжнародній практиці (рис. 1).

Нова технологія дає можливість отримати заморожені овочі з рекордними характеристиками. Їх якість за вмістом БАР, таких як хлорофіли а і b, β-каротин, L-аскорбінова кислота, поліфенольні речовини в 2...3 рази перевищує якість вихідних свіжих овочів, а також якість вітчизняних та закордонних аналогів заморожених овочів (табл. 2). Крім того, відсутні втрати клітинного соку при розморожуванні.

Показано, що в отриманих за новою технологією заморожених хлорофілвісних овочах повністю інактивуються окислювальні ферменти. Це забезпечує значний термін зберігання заморожених продуктів, який становить 1 рік без втрат БАР.

Таблиця 2

Вміст біологічно активних речовин у свіжих та заморожених хлорофілвісних овочах

Показник	Капуста броколі		Брюссельська капуста	
	свіжа	заморожена	свіжа	заморожена
Масова частка, мг в 100 г				
хлорофілу а	90,5±10,5	198,0±12,4	60,2±10,0	116,5±12,0
хлорофілу b	198,0±20,4	398,0±20,3	125,0±15,0	200,4±15,4
β-каротину	9,0±1,0	27,0±2,5	10,8±1,5	25,9±2,5
L-аскорбінової кислоти	54,0±5,2	101,4±10,4	75,0±7,0	140,5±2,8
поліфенолів	380,2±12,4	680,0±20,4	310,4±13,2	579,0±25,4
Масова частка органічних кислот, %	0,30±0,05	0,50±0,01	0,40 ± 0,05	0,55±0,05
Активність поліфенолоксидази, 0,01 N розчин йоду	2,40±0,01	0	1,00± 0,05	0
Активність пероксидази, 0,01 N розчин йоду	13,8±2,0	0	6,30 ± 0,05	0

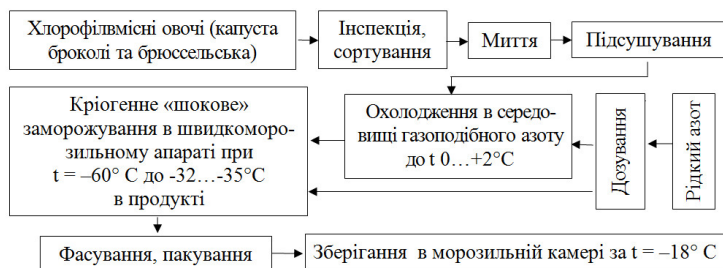


Рис. 1. Принципова технологічна схема виробництва заморожених хлорофілвісних овочів з використанням криогенного «шокового» заморожування

Таким чином, розроблена технологія заморожених хлорофілвісних овочів, що включає застосування криогенного «шокового» заморожування з використанням рідкого та газоподібного азоту. Нова технологія дозволяє отримати якісно новий продукт, який неможливо отримати, використовуючи традиційним заморожуванням. З використанням заморожених овочів розроблені різні види оздоровчих продуктів (супи-пюре, овочеві рагу, овочеві супи, гарячі салати, гарніри для м'ясних страв та ін.) з високим вмістом БАР.

## 6. Обговорення результатів дослідження

Переваги даної роботи полягають в тому, що вперше в світовій практиці авторам вдалось отримати заморожені овочі, які за вмістом БАР (особливо хлорофілів а і b, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти, поліфенолів) перевищують свіжі (вихідні) овочі. Відпрацьовані технологічні режими, розроблена криогенна технологія заморожування хлорофілвмісних овочів, які за якістю перевершують всі відомі вітчизняні та закордонні аналоги і які неможливо було отримати до цих пір використовуючи спеціальні методи заморожування сировини. Виявлено механізми та процеси, що відбуваються при криогенному заморожуванні, наведено якість заморожених овочів, проведена апробація в промислових умовах, отримані результати досліджень дозволяють по-новому розглядати процес заморожування плодів і овочів. Варто відзначити, що кожна сировина в залежності від вмісту лобільних БАР при розробці криогенних технологій потребує спеціального підходу, які складає «ноу-хау» авторів нових розробок.

Відомості, отримані в роботі, корисні і їх можна використати як при заморожуванні різних харчових продуктів і сировини, так і рослинних фармпрепаратів, кормів для тварин і т. д.

До недоліків та особливостей запропонованого методу можна віднести необхідність корегування режимів та особливостей попередньої підготовки до заморожування в залежності від виду сировини, її хімічного складу, вмісту та виду БАР, активності ферментативної системи.

## 7. Висновки

В результаті проведених досліджень:

– показано, що капуста броколі та брюссельська визначаються високим вмістом БАР таких як, хлорофіли а і b (відповідно хлорофілу а 60,2...90,5 мг в 100 г, b – 125...198 мг в 100 г), каротиноїдів (10,8...12,3 мг в

100 г), L-аскорбінової кислоти (54...82 мг в 100 г), поліфенолів (302...680мг в 100г);

– розроблена криогенна технологія заморожених хлорофілвмісних овочів, яка відрізняється від традиційних тим, що включає високі швидкості заморожування до більш низьких температур (–35 °С) ніж прийнято в міжнародній практиці. Якість заморожених овочів за вмістом БАР перевищує вихідні свіжі овочі в 2–3 рази. Крім того, відсутні втрати клітинного соку при розморожуванні та БАР не змінюються в процесі зберігання протягом року;

– встановлено, що використання криогенного «шокового» заморожування хлорофілвмісних овочів з високими швидкостями (5...10 °С в хвилину) до кінцевої температури –32...–35 °С дозволяють не тільки зберегти хлорофіли, β-каротин, L-аскорбінову кислоту, поліфенольні сполуки, а й отримати заморожені овочі з іншим хімічним складом, зокрема за вмістом БАР вдвічі, а за деякими показниками втричі кращими, ніж свіжа сировина. Так, масова частка хлорофілів після криогенного заморожування збільшилась в 2...2,2 рази, а β-каротину – в 2...3 рази, тобто відбувається їх більш повне вилучення із сировини із складних наноконкомплексів біополімерів з БАР у вільну форму, тобто спостерігається ефект «збагачення» продукту та інактивація окислювальних та гідролітичних ферментів;

– нова технологія дозволяє не тільки зберегти всі БАР, але й більш повно розкрити біологічний потенціал сировини, тобто вилучити їх скриті форми (зв'язані з наноконкомплексами біополімерів, мінеральних і дубильних речовин) в 2–3 рази більше в порівнянні зі свіжими овочами та відомими аналогами. Нові технології пройшли апробацію у виробничих умовах в НПП «КРІАС». Розроблено проект документації (ТУ та ТІ) на «Заморожені хлорофілвмісні овочі», які призначені для здорового харчування. Заморожені овочі за вмістом БАР перевищують свіжі в 2...3 рази, при розморожуванні не втрачають клітинний сік і зберігаються протягом 12 місяців без втрат вітамінів та інших БАР.

## Література

1. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition : report of a Joint WHO/FAO/UNU. Expert Consultation [Text]. – Geneva : World Health Organization, 2007. – 266 p. – (WHO technical report series № 935). – Available at: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf)
2. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health : report of a Joint WHO/FAO/UNU. Expert Consultation [Text]. – Geneva : World Health Organization, 2010.
3. Тутельян, В. А. Научные основы здорового питания [Текст] / В. А. Тутельян, А. Н. Разумов, В. И. Вялков. – Москва: Панорама. Наука и практика, 2010. – 816 с.
4. Симахин, Г. О. Инновационные технологии и продукты оздоровительного питания [Текст] / Г. О. Симахин, А. И. Украинец. – Киев: НУХТ, 2010. – 295с.
5. Нечаев, А. П. Пищевая химия [Текст] / А. П. Нечаев. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 635 с.
6. Синха, Н. К. Настольная книга по переработке плодовоовощной продукции [Текст] / Н. К. Синха, И. Г. Хью; пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2014 – 912 с.
7. Павлюк, Р. Ю. Крио- и механохимия в технологиях пищевых производств [Текст]: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, О. О. Юрьева и др. – Харьков: Домино, 2015. – 255 с.
8. Павлюк, Р. Ю. Криомеханохимия в нанотехнологиях пищевых продуктов [Текст]: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, А. А. Берестова и др. – Харьков: Домино, 2015. – 260 с.
9. Погарская, В. В. Научное обоснование технологии каротиноидных и хлорофиллсодержащих мелкодисперсных растительных добавок [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Погарская. – Одесса : ОНАПТ, 2012. – 472 с.

10. Стрингер, М. Охлажденные и замороженные продукты [Текст] / М. Стрингер, К. Деннис; пер. с англ.. – СПб.: Профессия, 2004. – 492 с.
11. James, S. J. Chilling and freezing [Text] / S. J. James, C. James // Food Safety Management. – 2014. – P. 481–510. doi: 10.1016/b978-0-12-381504-0.00020-2
12. Rodenzo, L. A. E. Cryogenic and air blast freezing techniques and their effect on the quality of catfish fillets [Text] / L. A. E. Rodenzo, S. Sundararajan, K. M. Solval, A. Chotiko, J. Li, J. Zhang et al. // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 54, Issue 2. – P. 377–382. doi: 10.1016/j.lwt.2013.07.005
13. Pham, Q. T. Freezing time formulas for foods with low moisture content, low freezing point and for cryogenic freezing [Text] / Q. T. Pham // Journal of Food Engineering. – 2013. – Vol. 127. – P. 85–92. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.12.007
14. Evans, J. Emerging refrigeration and freezing technologies for food preservation [Text] / J. Evans // Innovation and Future Trends in Food Manufacturing and Supply Chain Technologies. – Woodhead Publishing, 2016. – P. 175–201. doi: 10.1016/b978-1-78242-447-5.00007-1
15. Tu, J. Effects of different freezing methods on the quality and microstructure of lotus root [Text] / J. Tu, M. Zhang, B. Xu, H. Liu // International Journal of Refrigeration. – 2015. – Vol. 52. – P. 59–65. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2014.12.015
16. Tolstorebrov, I. Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish [Text] / I. Tolstorebrov, T. M. Eikevik, T. M. Bantle // International Journal of Refrigeration. – 2015 – P. 25–35. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2015.11.003

*Досліджено комбінований вплив теплової обробки та антиоксидантів на зменшення окисного пошкодження індукованого охолодженням в кабачках. Встановлено, що застосування теплової обробки антиоксидантами знижує пошкодженість холодом впродовж зберігання кабачків. Поєднання теплової обробки та антиоксидантів дозволяє індукувати ензиматичну систему антиоксидантного захисту та знизити рівень перекисного окислення ліпідів впродовж зберігання кабачків*

*Ключові слова: кабачки, зберігання, тепла обробка, антиоксиданти, малоновий діальдегід, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза*

*Исследовано комбинированное воздействие тепловых обработок и антиоксидантов на уменьшение окислительного повреждения индуцированного охлаждением в кабачках. Установлено, что применение тепловой обработки антиоксидантами снижает повреждаемость холодом в течение хранения кабачков. Сочетание тепловой обработки и антиоксидантов позволяет индуцировать энзиматическую систему антиоксидантной защиты и снизить уровень перекисного окисления липидов при хранении кабачков*

*Ключевые слова: кабачки, хранение, тепловая обработка, антиоксиданты, малоновый диальдегид, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза*

УДК 664.8.038:678.048[635.621]

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56188

## ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТАМИ НА УТИЛІЗАЦІЮ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ ВПРОДОВЖ ЗБЕРІГАННЯ КАБАЧКІВ

**О. П. Прісс**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Кафедра технології переробки і зберігання  
продукції сільського господарства  
Таврійський державний  
агротехнологічний університет  
пр. Б. Хмельницького, 18,  
м. Мелітополь, Україна, 72312  
E-mail: olesyapriess@gmail.com

**В. В. Калитка**

Доктор сільськогосподарських наук, професор  
НДІ Агротехнологій та екології Таврійського  
державного агротехнологічного університету  
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь,  
Запорізька обл., Україна, 72312

### 1. Вступ

Під час обробки, зберігання та реалізації плоди та овочі потенційно можуть піддаватися дії численних негативних факторів (низька температура, порушення режимів зберігання, механічні пошкодження), що призводить до розвитку окисного стресу. Окисний

стрес виникає, коли генерується надлишок частково відновлених активних форм кисню (АФК), таких як синглетний кисень ( $^1O_2$ ), супероксид аніон ( $O_2^-$ ), пероксид водню ( $H_2O_2$ ), гідроксильний радикал ( $OH^\cdot$ ), пероксинітрит ( $ONOO^-$ ) і втрачається здатність організму підтримувати клітинний окисно-відновний гомеостаз [1]. Тривалість дії АФК в тканинах визна-