

УДК 664.8.037.5:635.356

DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133307

## Вплив бланшування та обробки розчином солі на біологічну цінність капусти броколі

С. О. Белінська, Н. В. Камєнєва, С. О. Левицька, С. В. Рогальський

*Досліджено та проведено аналіз складових біологічної цінності районованого в Україні сорту капусти броколі – Партенон. Наведено результати досліджень, проаналізовані зміни вмісту аскорбінової кислоти, ізотіоціанатів, пігментного складу, хлорофілу та  $\beta$ -каротину у свіжозібраній капусті броколі та залежно від способів її попередньої обробки перед заморожуванням: бланшуванням та витриманням у розчині кухонної солі.*

*Доведено, що кращим способом попередньої обробки капусти броколі перед заморожуванням, який дозволяє максимально зберегти її вихідні споживні властивості, є витримання в 3 % розчині кухонної солі протягом 20 хв. Витримання у розчині солі сприяє максимальному збереженню біологічної цінності капусти броколі порівняно з бланшуванням.*

*Встановлено, що капуста броколі сорту Партенон містить 116,4 мг/100 аскорбінової кислоти. Після бланшування втрати становлять 19,3 %. Підтверджено значне зниження кількісного вмісту ізотіоціанатів – на 43 % порівняно з вмістом у вихідній сировині. Втрати хлорофілу становлять 26 %, зокрема а-хлорофілу – 10 %, b-хлорофілу – 16 %. Змінюється також співвідношення форм а- і b-хлорофілу.*

*Результати засвідчують, що при витримці у розчині кухонної солі втрати аскорбінової кислоти становлять 5 %, ізотіоціанатів – 28,2 %. Вміст  $\beta$ -каротину порівняно з вихідною сировиною не змінюється, а частка хлорофілу збільшується на 6,3 %. Змін співвідношення форм хлорофілу не відбувається. Причинами стабілізації вмісту аскорбінової кислоти є відсутність високотемпературної обробки та часткова інактивація аскорбінат– та поліфенолоксидази, що пояснюється здатністю хлоридів витіснити іони міді з мідьвмісних сполук, до яких належать ці ферменти.*

*Незначні втрати вітаміну С пояснюються водорозчинністю аскорбінової кислоти. Попередня обробка у розчині кухонної солі індукує підвищення вмісту а-хлорофілу та b-хлорофілу, що зумовлено компенсаторною реакцією*

*Ключові слова: капуста броколі, біологічно активні речовини, вітамін С, ізотіоціанати, хлорофіл, попередня обробка*

### 1. Вступ

Забезпечення споживачів достатньою кількістю плодоовочевої продукції, рівень споживання яких за рекомендаціями ВООЗ становить 400 г/особу/день, безпо-

середньо залежить від агрокліматичних умов вирощування [1]. Майже у всіх країнах світу спостерігається дефіцит у раціоні харчування населення вітамінів, мінеральних речовин, повноцінних білків та інших біологічно активних речовин. Суттєвим джерелом надходження вищезазначених речовин є свіжі плоди і овочі та продукти їхнього перероблення [2, 3]. Згідно з даними Європейської ради з продовольчої інформації [4], в Європі в останні десятиліття запаси плодоовочевої продукції (крім картоплі та бобових) зросли на 35 %. В Північній Європі вони менші, ніж у Південній. Так, наприклад, у Фінляндії в середньому запаси плодоовочевої продукції становлять 195 г/особу/день, що відповідає 71 кг/особу/рік, в той час як Греція має середній запас 756 г/особу/день (276 кг/особу/рік). В Україні цей показник становить 553 г/особу/день (202 кг/особу/рік) [5]. Незважаючи на наведену позитивну динаміку щодо зростання запасів плодів та овочів, понад 40 % населення страждає на так званій «прихований голод», який зумовлений споживанням харчових продуктів з невисокою біологічною цінністю. Погіршення екологічної ситуації, інтенсифікація сільського господарства, технологічні прийоми переробки не сприяють збереженості вмісту біологічно активних речовин продуктів.

Серед капустяних овочів на особливу увагу заслуговує капуста броколі. У США, Японії, Канаді, Великій Британії, Франції капуста броколі, якій належать значні посівні площі, користується великою популярністю та використовується у лікувально-профілактичному харчуванні. Цінність капусти броколі зумовлена вмістом аскорбінової кислоти, вітаміну К, хлорофілу, каротину, мінеральних елементів, глюкозінолатів. За амінокислотним складом білок капусти броколі не поступається білку яловичини, а наявність триптофану, лізину та ізолейцину наближає його до білка курячого яйця.

Характерною властивістю капусти броколі є значний вміст в ній сірковмісних речовин – глюкозінолатів, які зумовлюють специфічний запах та смак капусти. Нативні глюкозінолати в рослинних клітинах малоактивні, але при порушенні цілісності клітинних структур гідролізуються на глюкозу і аглікони: ізотіоціанати, тіоціанати або органічні нітрили, оксазолидини та інші [6]. Похідні глюкозінолатів, зокрема сульфорафан, мають антиоксидантні властивості, пригнічують негативний вплив вільних радикалів на організм людини і підвищують імунітет [7, 8]. Вище наведене підтверджує доцільність включення капусти броколі у раціон харчування незалежно від сезону збору урожаю.

Разом з цим, слід зазначити, що капуста броколі є сезонним овочем і непридатна для тривалого зберігання. Оптимальним способом консервування капусти броколі є заморожування. Дискусійним є питання щодо доцільності застосування інших способів консервування через значні втрати біологічно активних речовин під дією світла, високих температур, рН середовища. З метою стабілізації споживних властивостей заморожених плодоовочевих продуктів у технології низькотемпературного оброблення застосовують різноманітні способи попередньої обробки рослинної сировини перед заморожуванням. Найбільш поширеними є бланшування, витримування у розчинах кислот і солей, осмотичне зневоднення, часткова дегід-

ратація, застосування високого тиску. На вибір способу попередньої обробки впливає вид рослинної сировини, особливості хімічного складу та напрям подальшого використання: безпосереднє споживання чи перероблення.

Виходячи з вищесказаного, актуальним є дослідження біологічної цінності районованих в Україні сортів капусти броколі. Не менш важливим є визначення оптимальних способів попередньої обробки перед заморожуванням задля забезпечення стабільної якості замороженої продукції впродовж низькотемпературного зберігання.

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

Зміни якості плодоовочевої сировини під час заморожування та тривалого низькотемпературного зберігання залежать від низки чинників. Найбільш впливовими є сортові особливості сировини та технологічні параметри підготовки плодів та овочів до заморожування.

Науковцями розроблені сучасні технології та способи попередньої обробки (фізичні, хімічні та біохімічні) рослинної сировини перед заморожуванням. Мінімізація небажаних змін споживних властивостей плодів і овочів при низькотемпературному консервуванні переважно забезпечується інактивацією ферментів.

Ефективними способами інактивації ферментів рослинних тканин є бланшування (водою або парою) та обробка хімічними реагентами.

До переваг бланшування плодів та овочів перед заморожуванням належить збереження натурального кольору, смаку та запаху заморожених продуктів впродовж тривалого низькотемпературного зберігання [9, 10]. Це забезпечується інактивацією ферментів, зокрема поліфенолоксидази, каталази та пероксидази, що зумовлюється зміною нативних властивостей білків при температурній обробці. Зниження ферментативної активності сприяє мінімізації змін смаку і запаху плодів та овочів за рахунок уповільнення процесів окиснення за участі молекулярного кисню та кисню органічних перекисів. Найбільш стійкими до впливу високих температур є каталаза та пероксидаза. Часто їх використовують як індикатори при розробленні режимів бланшування. Найменш стійкою до дій високих температур є аскорбінат- та поліфенолоксидаза – каталізатори окиснення вітаміну С та поліфенольних сполук.

Науковцями доведено, що під час бланшування частково знищуються вегетативні форми мікроорганізмів. Зменшується вміст нітратів та деяких пестицидів через їх здатність розчинятись у воді [11]. Витіснення повітря із міжклітинного простору супроводжується збільшенням інтенсивності вираження кольору.

Додавання лимонної кислоти у воду для бланшування сприяє зниженню активності ферментів, оскільки змінюється рН [12] і поріг теплової денатурації ферментів [13].

Разом з цим, бланшування та тривала високотемпературна обробка є недоцільною для хлорофілвмісних овочів через зміну властивого природного зеленого кольору та чутливість хлорофілу до дії високих температур [14], рН, кисню повіт-

ря, світла [15, 16]. Так, у кислому середовищі внаслідок заміни комплексно зв'язаного магнію в молекулі хлорофілу на водень утворюються речовини бурого забарвлення – феофітини.

Літературні дані свідчать, що найбільш поширеними способами стабілізації вмісту хлорофілу в хлорофілвмісних овочах є використання низьких температур; антиоксидантів, переважно жиророзчинних [14, 15]; додавання солей різних металів (цинку, заліза, міді) [16]. Принцип дії цих способів стабілізації базується на зміні просторової орієнтації клітинних структур, коагуляції та денатурації білкових речовин [17].

У роботах [18, 19] встановлено, що бланшування листових овочів (шпинату, кропу, петрушки) в присутності 30 мг  $Zn^{2+}$  /100 г протягом 15 хв. сприяє стабілізації пігментного комплексу овочів. Виявлено зниження втрат водорозчинних поживних речовин шпинату, моркви та перцю, що забезпечується бланшуванням при температурі 95 °С з використанням імпульсної мікрохвильової печі [20].

Зміни кольору хлорофілвмісних овочів пов'язані також і з активністю хлорофілази, яка каталізує відщеплення фітолу від хлорофілу та його похідних, що не містять магнію, утворюючи хлорофіліди та феофорбіди відповідно. Оптимальною для хлорофілази є температура 60–76 °С. При температурі понад 80 °С активність хлорофілази дещо зменшується, а при 100 °С – фермент інактивується [16].

Поряд з перевагами бланшування як способу попередньої обробки плодів та овочів перед заморожуванням, слід вказати і на недоліки. Основними є втрата цінних водорозчинних та термолабільних речовин, зокрема аскорбінової кислоти, адсорбція води продуктом. Гідроліз протопектину при бланшуванні викликає втрапою тургору рослинних тканин, що суттєво знижує органолептичні властивості продукції через пом'якшення консистенції.

Тому питання доцільності бланшування як способу попередньої обробки є дискусійним.

Широкого розповсюдження набули способи попередньої обробки рослинної сировини розчинами, які мають антиокиснювальні властивості або містять речовини, здатні утворювати нерозчинні комплексні сполуки. Практичне застосування в даний час отримала витримка плодів та ягід у розчинах метабісульфіту натрію і калію; витягці з кори дуба, берези, звіробою; настої зеленого чаю [21]. Додавання хлоридів натрію та калію при виробництві консервованого зеленого горошку сприяє стабілізації вмісту природних пігментів та біологічно активних речовин [22].

Проте рекомендовані способи попередньої обробки рослинної сировини водними розчинами солей і кислот не виявляють всебічної стабілізуючої дії, оскільки одні з них сприяють поліпшенню консистенції (хлорид кальцію), інші виконують роль антиоксидантів (препарати сірки, кислоти). При цьому більшість із зазначених хімічних сполук надають продукції сторонніх присмаків, окремі є алергенами. [21].

Часткова дегідратація плодів та овочів при температурах 100°C і вище також забезпечує інактивацію окиснювально-відновних ферментів. Окрім цього швидкість процесу заморожування прискорюється.

Позитивно на споживні властивості плодів впливає попередня обробка у розчинах осмотично-активних речовин: цукру; суміш крохмалю, глюкози, фруктози; суміш цукру й солі; суміш цукру й сорбіту; концентрованих фруктових соках [21]. При осмотичному зневодненні частка вільної вологи зменшується, а колоїдно-зв'язаної – збільшується [23]. Це сприяє збереженню мікроструктури тканин і стабілізації консистенції [24]. Витримка яблук, гарбузів та моркви у розчині цукру забезпечує стабілізацію якості при заморожуванні та зберіганні, проте змінює смак плодів та овочів [25]. Незважаючи на переваги осмотичного зневоднення, а саме збільшення вмісту сухих речовин, збереження вітамінної цінності, кольору та структури тканин плодів, з технологічної точки зору осмотичне зневоднення є досить витратним процесом.

Аналізом інформаційних джерел встановлено, що попередня обробка рослинної сировини перед заморожуванням супроводжується низкою складних фізико-хімічних процесів. Впливовими чинниками на швидкість протікання процесів є хімічний склад плодів та овочів і параметри попередньої обробки. Застосування деяких технологічних прийомів є економічно необґрунтованим через ускладнення технологічних процесів. У наукових колах приділяється достатньо уваги визначенню оптимальних способів та параметрів попередньої обробки.

Це підтверджує перспективність напряму досліджень з урахуванням анатомо-морфологічних ознак та особливостей хімічного складу різних видів плодів і овочів.

### **3. Ціль та задачі дослідження**

Мета роботи полягає у дослідженні впливу бланшування та витримки у розчині кухонної солі, як способів попередньої обробки капусти броколі перед заморожуванням, на вміст біологічно активних речовин. Це дасть можливість визначити оптимальні способи та параметри попередньої обробки з метою збереження біологічної цінності замороженої капусти броколі.

Досягнення поставленої мети передбачало вирішення наступних задач:

- визначити вплив бланшування на вміст аскорбінової кислоти, ізотіоціанатів, *a*- і *b*-хлорофілу,  $\beta$ -каротину у капусті броколі;
- встановити оптимальні параметри попередньої обробки капусти броколі перед заморожуванням: концентрацію розчину кухонної солі та тривалість витримки, які забезпечують стабілізацію вмісту аскорбінової кислоти;
- визначити вплив витримки у розчині кухонної солі на вміст аскорбінової кислоти, ізотіоціанатів, *a*- і *b*-хлорофілу,  $\beta$ -каротину.

#### 4. Матеріали та методи дослідження біологічної цінності капусти броколі

Дослідження проводили на кафедрі товарознавства, управління безпекою та якістю Київського національного торговельно-економічного університету (Україна).

Об'єктом дослідження була капуста броколі сорту Партенон [26] вирощена на полях ТОВ «АРТІ» (Україна, Харківська обл.) (рис. 1).



Рис. 1. Капуста броколі сорту Партенон

Головки броколі (не більше 20,0 см від зрізу квіткового стебла до вершини головки) мили, нарізали на суцвіття з ніжкою (не більше 2,0 см).

Підготовку проб до дослідження здійснювали згідно з ГОСТ 26313 [27].

Показники визначали наступними методами:

- вміст аскорбінової кислоти – йодометричним методом [28];
- вміст  $\alpha$ - і  $\beta$ -хлорофілу,  $\beta$ -каротину – спектрофотометричним методом на спектрофотометрі Specord 210 [29] (рис. 2);
- вміст ізотіоціанатів – фотоколориметричним методом [30] (рис. 2);
- активність аскорбінаоксидази та поліфенолоксидази методом Х. Н. Починка [31].

Вище зазначені показники визначали у свіжозібраній капусті, після бланшування у воді при температурі 85 °С протягом 3 хв (дослід 1) та у капусті, витриманій протягом 20 хв у 3 % розчині кухонної солі (дослід 2).



Рис. 2. Спекторфотометр Specord 210

Результати досліджень було піддано математико-статистичній обробці [32, 33].

### 5. Результати досліджень біологічної цінності капусти броколі

Експериментальними дослідженнями підтверджено, що капуста броколі є цінним джерелом біологічно активних речовин. Встановлено, що попереднє бланшування капусти броколі перед заморожуванням негативно впливає на найважливіші складові біологічної цінності – аскорбінову кислоту, ізотіоціанати, хлорофіл та  $\beta$ -каротин (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив бланшування на вміст біологічно активних речовин капусти броколі, мг/100 г ( $n=2$ ;  $P \geq 0,95$ ;  $\epsilon \leq 5$ )

Показник	До бланшування	Після бланшування
Масова частка аскорбінової кислоти	116,4	93,3
Масова частка ізотіоціанатів	0,59	0,25
Масова частка хлорофілу	49,0	43,9
Масова частка $\beta$ -каротину	4,6	4,4

Встановлено, що у капусті броколі сорту Партедон міститься 116,4 мг/100 аскорбінової кислоти. Після бланшування її вміст знизився до 93,3 мг/100 г. Втрати становили 19,3 %. Також виявлено значне зниження кількісного вмісту ізотіоціанатів – на 43 % порівняно з вмістом у вихідній сировині.

Проведені дослідження пігментного комплексу капусти броколі підтверджують достатньо високий вміст хлорофілу у капусті: 49 мг/100 г. Після бланшування вміст знижується до 43,9 мг/100 г. Втрати *a*-хлорофілу становлять 10 %, *b*-хлорофілу – 16 %. Встановлено, що змінюється не лише абсолютний вміст хлорофілу, а й співвідношення *a*- та *b*-хлорофілу: з 3,05:1 до 2,75:1 (рис 3).

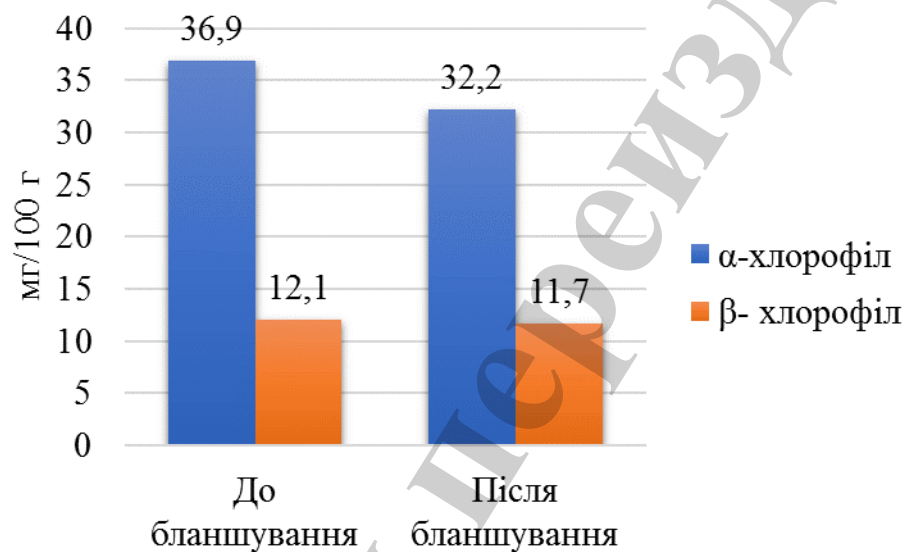


Рис. 3. Зміна вмісту хлорофілу у капусті броколі

Хлорофіл у зелених овочах завжди супроводжують каротиноїди. Результати визначення  $\beta$ -каротину, який має високу біологічну цінність та є природним антиоксидантом, підтвердили вміст на рівні 4,6 мг/100 г. Після бланшування кількість зменшується лише на 4 %.

З метою визначення оптимальних параметрів витримки капусти броколі у розчині кухонної солі був проведений багатофакторний експеримент. Для цього проведено серію експериментів, в якій змінними параметрами була тривалість витримки капусти броколі із кроком 5 одиниць (від 5 до 25 хв), концентрація розчину кухонної солі із кроком 0,5 одиниці (від 1 до 3 %). Критерієм оптимізації була активність ферментів (зі спрямуванням до мінімуму) та вміст вітаміну С (зі спрямуванням до максимуму), який має антиоксидантну дію, сприяє регенерації і загоюванню тканин, резистентності організму до стресів, забезпечує нормальний імунологічний і гематологічний статус (табл. 2).



Таблиця 2

Вплив параметрів обробки на активність ферментів та вміст вітаміну С

Параметри обробки		Активність ферменту, мкмоль АК, окисленої за 1 хв		Вміст вітаміну С, мг на 100 г
τ, хв	концентрація розчину, %	аскорбінаоксидази	поліфенолоксидази	
0	0	1,57	16,73	116,43
5	1	1,53	16,67	115,94
5	2	1,51	16,63	115,85
5	3	1,49	16,59	115,71
10	1	1,47	16,52	115,52
10	2	1,43	16,48	115,34
10	3	1,41	16,32	115,26
15	1	1,37	16,27	115,14
15	2	1,35	16,22	115,02
15	3	1,36	16,15	114,89
20	1	1,32	16,03	114,76
20	2	1,27	15,94	114,97
20	3	1,24	15,88	115,15
25	1	1,34	15,94	115,08
25	2	1,37	16,02	115,01
25	3	1,39	16,13	114,93

Встановлено, що максимальне зниження активності поліфенолоксидази та аскорбінаоксидази за умови максимальної збереженості С-вітамінної цінності спостерігається під час попередньої витримки капусти броколі в 3 %-му розчині кухонної солі протягом 20 хв. Саме ці параметри попередньої обробки застосовані для подальших досліджень.

Витримування капусти броколі у розчині кухонної солі перед заморожуванням дає змогу максимально зберегти її біологічну цінність, про що свідчать результати досліджень, наведені нижче.

Експериментальними даними підтверджено, що попередня обробка капусти броколі у розчині кухонної солі несуттєво впливає на зміну біологічно активних речовин (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив витримки у розчині кухонної солі на вміст біологічно активних речовин капусти броколі, мг/100 г ( $n=2$ ;  $P \geq 0,95$ ;  $\varepsilon \leq 5$ )

Показник	До витримки	Після витримки
	у розчині кухонної солі	
Масова частка аскорбінової кислоти	116,4	110,58
Масова частка ізотіонатів	0,59	0,42
Масова частка хлорофілу	49,0	52,1
Масова частка $\beta$ -каротину	4,6	4,6

Встановлено зниження частки аскорбінової кислоти на 5 %, ізтіонатів на 28,2 %. Вміст  $\beta$ -каротину порівняно з вихідною сировиною не змінюється, а частка хлорофілу збільшується на 6,3 %. Змін співвідношення форм хлорофілу не відбувається (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив витримки у розчині кухонної солі на вміст хлорофілу, мг/100 г ( $n=2$ ;  $P \geq 0,95$ ;  $\varepsilon \leq 5$ )

Сорт	<i>a</i> -хлорофіл	<i>b</i> -хлорофіл	Співвідношення <i>a</i> -хлорофіл/ <i>b</i> -хлорофіл
Партенон	До витримки у розчині кухонної солі		
	36,9±1,8	12,1±0,6	3,05:1
	Після витримки у розчині кухонної солі		
	39.3±1.6	12.8±0.6	3.07:1

Отримані результати дозволяють констатувати, що попередня обробка капусти броколі перед заморожуванням шляхом витримки у розчині кухонної солі, порівняно з бланшуванням, забезпечує стабілізацію вмісту біологічно активних речовин.

Отримані результати експериментальних досліджень покладено в основу розроблення моделі прогнозування вмісту аскорбінової кислоти. Із множини факторів обрано найсуттєвіші, які мають найбільші коефіцієнти кореляції: тривалість витримки у розчині кухонної солі, хв ( $r=0,95$ ), концентрація розчину кухонної солі, % ( $r=0,42$ ) та активність АО, мкмоль аскорбінової кислоти, окисненої за 1 хв ( $r=-0,83$ ).

Розроблена модель має вид:

$$y=140,78 - 0,34x_1+0,03x_2-1,25x_3 (R^2=0,936),$$

де  $y$  – масова частка вітаміну С, мг/100 г,  $x_1$  – тривалість обробки, хв.,  $x_2$  – концентрація розчину кухонної солі, %,  $x_3$  – активність АО, мкмоль аскорбінової кислоти, окисненої за 1 хв.

Адекватність отриманої моделі підтверджено порівнянням розрахункового та табличного значення критерію Фішера ( $F_{\text{розрах}}=7,348$ ,  $F_{\text{табл}}=5,318$ ).

## **6. Обговорення результатів дослідження біологічної цінності капусти броколі**

Проведені дослідження (табл. 1) підтвердили, що капуста броколі є природним джерелом біологічно активних речовин.

Результати показали, що класична технологія заморожування капусти броколі, яка передбачає попереднє бланшування, суттєво знижує біологічну цінність капусти.

Запропонований спосіб попередньої обробки шляхом витримки у розчині кухонної солі концентрацією 3 % протягом 20 хв сприяє збереженості вмісту біологічно активних речовин.

Причинами стабілізації вмісту аскорбінової кислоти є відсутність високотемпературної обробки та часткова інактивація аскорбінат– та поліфенолоксидази. Термолабільний вітамін С починає руйнуватись при температурі 40°C. Запропонований спосіб попередньої обробки не передбачає застосування високих температур, що сприяє збереженості аскорбінової кислоти. Слід зазначити, що в капусті броколі виявлені оксинювально-відновні ферменти аскорбінатоксидаза поліфенолоксидаза. Аскорбінатоксидаза та частково поліфенолоксидаза беруть участь у трансформації аскорбінової кислоти в дегідроаскорбінову. Дегідроаскорбінова кислота, хоча і має С-вітамінну цінність, проте є дуже нестійкою. Подальша трансформація дегідроаскорбінової кислоти у дикетигулонову супроводжується зниженням вітамінної цінності. Часткова інактивація ферментів при застосуванні запропонованого способу попередньої обробки, як альтернативи бланшуванню, пояснюється здатністю хлоридів витягати іони міді з мідьвмісних сполук, до яких належать як аскорбінатоксидаза, так і поліфенолоксидаза.

Разом з цим, слід вказати, що при витримці у розчині кухонної солі втрачається 5 % вітаміну С. Це пояснюється водорозчинністю аскорбінової кислоти. З метою максимальної збереженості аскорбінової кислоти рекомендовано дотримуватись визначеної оптимальної тривалості витримки капусти.

Доведено позитивний вміст запропонованого способу попередньої обробки і на кількісний вміст ізотіоціанатів, втрати яких при бланшуванні становлять 43 %, а при альтернативному способі обробки – лише 28 %.

Результати впливу різних способів попередньої обробки підтвердили ефективність витримки капусти броколі у розчині кухонної солі на вміст хлорофілу, який має протипухлинну дію, сприяє підвищенню імунітету та нормалізації обміну речовин. Попередня обробка у розчині кухонної солі індукує підвищення вмісту *a*-хлорофілу та *b*-хлорофілу, що зумовлено компенсаторною реакцією. При цьому співвідношення форм хлорофілу не змінюється.

Причиною зниження вмісту хлорофілу в бланшованій капусті броколі є збільшення активності хлорофілази, яка спостерігається за умови високих температур бланшування.

Підтверджено стійкість  $\beta$ -каротину до нетривалої високотемпературної температурної обробки.

Грунтуючись на результатах досліджень, запропоновано застосування попередньої витримки капусти броколі у розчині кухонної солі як альтернатива бланшуванню. Впровадження у виробництво запропонованого рішення дасть можливість стабілізувати біологічну цінність капусти броколі при її заморожуванні та тривалому низькотемпературному зберіганні.

Наведені результати досліджень є лише частиною комплексної роботи, спрямованої на стабілізацію біологічної цінності замороженої капусти броколі. Перспективою подальших досліджень в цьому напрямі є виявлення впливу способів попередньої обробки на елементний та амінокислотний склад капусти броколі як складові біологічної цінності. Передбачено проведення аналогічних досліджень з іншими сортами та гібридами капусти броколі.

## **7. Висновки**

1. Результати досліджень підтвердили негативний вплив бланшування на біологічну цінність капусти броколі. Вміст вітаміну С після бланшування знижується на 19,3 %, ізотіоціанатів – на 43 %, хлорофілу – на 26 %,  $\beta$ -каротину – на 4 %.

2. Визначено раціональні параметри попередньої обробки капусти броколі. Максимальне збереження С-вітамінної цінності забезпечується при витримці капусти у розчині кухонної солі концентрацією 3 % протягом 20 хв. Розроблено прогностичну модель збереженості вмісту вітаміну С.

3. Доведено, що попередня витримка капусти броколі у розчині кухонної солі мінімізує втрати біологічно активних речовин. Одночасно фіксується підвищення вмісту хлорофілу, що пояснюється компенсаторною реакцією рослинного організму. Це підтверджує ефективність розробленого способу.

## **Література**

1. World Health Organization. URL: [http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/en/](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/en/)

2. Гойчук О. І. Основні принципи продовольчої безпеки в умовах глобальної продовольчої кризи // Науковий вісник НУБіП України. 2012. Вип. 169 (1). URL: <https://oai.org.ua/index.php/record/view/294456>
3. Кощій О. В. Проблеми забезпечення населення України продовольством // Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. 2013. Вип. 6 (104). С. 441–448. URL: [http://ird.gov.ua/sep/sep20136\(104\)/sep20136\(104\)\\_441\\_KoshchiyOV.pdf](http://ird.gov.ua/sep/sep20136(104)/sep20136(104)_441_KoshchiyOV.pdf)
4. The European Food Information Council. URL: <http://www.who.int/en/>
5. Food and health in Europe: a new basis for action // The European Food Information Council. 2011. Issue 96. P. 11–27.
6. Капустяні овочі. Технологія вирощування і зберігання: монографія / Пузік Л. М., Колтунов В. А., Романов О. В., Бондаренко В. А., Гайова Л. О., Щербина Е. Х., 2015. 373 с.
7. Krasaekoopt W., Bhandari B. Fresh-Cut Vegetables // Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. 2011. P. 219–242. doi: 10.1002/9780470958346.ch10
8. Porter Y. Antioxidant properties of green broccoli and purple-sprouting broccoli under different cooking conditions // Bioscience Horizons. 2012. Vol. 5. P. hzs004–hzs004. doi: 10.1093/biohorizons/hzs004
9. Slaska-Grzywna B. Changes in mechanical properties and microstructure of root of celery after thermal treatment // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. 2010. Vol. 10. P. 355–362.
10. Turcsi E., Nagy V., Deli J. Study on the elution order of carotenoids on endcapped C18 and C30 reverse silica stationary phases. A review of the database // Journal of Food Composition and Analysis. 2016. Vol. 47. P. 101–112. doi: 10.1016/j.jfca.2016.01.005
11. Selected nutrient analyses of fresh, fresh-stored, and frozen fruits and vegetables / Li L., Pegg R. B., Eitenmiller R. R., Chun J.-Y., Kerrihard A. L. // Journal of Food Composition and Analysis. 2017. Vol. 59. P. 8–17. doi: 10.1016/j.jfca.2017.02.002
12. Managing Frozen Foods / C. J. Kennedy (Ed.). CRC Press, 2000. 304 p. doi: 10.1201/9781439822784
13. Doymaz İ. Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples // Food and Bioproducts Processing. 2010. Vol. 88, Issue 2-3. P. 124–132. doi: 10.1016/j.fbp.2009.09.003
14. Principles, implementation, and application of biology-oriented synthesis (BIOS) / Wilk W., Zimmermann T. J., Kaiser M., Waldmann H. // Biological Chemistry. 2010. Vol. 391, Issue 5. doi: 10.1515/bc.2010.013
15. Левицька С., Белінська С., Кривошопка В. Пігментний комплекс замороженої капусти броколі // Товари і ринки. 2017. № 1. С. 102–109. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary\\_2017\\_1\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2017_1_12)
16. Антонов А. А., Венгер К. П., Ручьев А. С. Проточная азотная система хладоснабжения для холодильной обработки растительной продукции, максималь-

но использующая температурный потенциал криоагента // Холодильный бизнес. 2002. № 6. С. 14–17.

17. Безусов А. Т., Кузнецова К. Д. Дослідження стабілізації пігментного комплексу листових овочів // Харчова наука і технологія. 2013. № 4. С. 27–30.

18. Acho F., Zoué L., Niamké S. Nutritional and Antioxidant Characterization of Blanched Leafy Vegetables Consumed in Southern Côte d'Ivoire (Ivory Coast) // British Biotechnology Journal. 2015. Vol. 6, Issue 4. P. 154–164. doi: 10.9734/bbj/2015/14509

19. Effect of cooking on nutritive and antioxidant characteristics of leafy vegetables consumed in Western Côte d'Ivoire / Zoro A. F., Zoué L. T., Bedikou M. E., Kra S. A., Niamké S. L. // Archives of Applied Science Research. 2014. Vol. 6, Issue 4. P. 114–123.

20. Assessment of nutritional quality and color parameters of convective dried watercress (*Nasturtium officinale*) / Ek P., Araújo A. C., Oliveira S. M., Ramos I. N., Brandão T. R. S., Silva C. L. M. // Journal of Food Processing and Preservation. 2017. Vol. 42, Issue 2. P. e13459. doi: 10.1111/jfpp.13459

21. Берестова А. В., Зинюхин Г. Б., Манеева Э. Ш. Особенности криообработки растительного сырья // Вестник Оренбургского Государственного Университета. 2015. № 9. С. 130–136.

22. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods / Manzocco L., Calligaris S., Mastrocola D., Nicoli M. C., Lerici C. R. // Trends in Food Science & Technology. 2000. Vol. 11, Issue 9-10. P. 340–346. doi: 10.1016/s0924-2244(01)00014-0

23. Microwave Blanching of Vegetables / Ramesh M. N., Wolf W., Tevini D., Bognar A. // Journal of Food Science. 2002. Vol. 67, Issue 1. P. 390–398. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11416.x

24. Kowalska H., Lenart A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables // Journal of Food Engineering. 2001. Vol. 49, Issue 2-3. P. 137–140. doi: 10.1016/s0260-8774(00)00214-4

25. Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. Т. 23, № 3. С. 179–185.

26. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні // Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України. 2015. URL: <http://vet.gov.ua/node/919>

27. ГОСТ 26313. Продукты переработки плодов и овощей. Правила приемки и методы отбора проб. Москва, 1985. 5 с.

28. Сапожникова Е. В., Дорофеева Л. С. Определение содержания аскорбиновой кислоты в окрашенных растительных экстрактах йодометрическим методом // Консервная и овощесушильная промышленность. 1966. № 5. С. 28–30.

29. Тартачник І. І. Методи дослідження зелених пігментів в листках і плодах / за ред. А. М. Силаєвої // Проблеми моніторингу у садівництві. Київ: Аграрна наука, 2003. С. 157–159.
30. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. Львов, 1987. 430 с.
31. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев, 1976. 334 с.
32. Грищенко І. М., Григоренко О. М., Борисенко В. О. Основи наукових досліджень: навч. посіб. Київ, 2001. 186 с.
33. Тюрин Ю. Н. Статистический анализ на компьютере. Москва, 1998. 234 с.