

ЗБЕРІГАННЯ ЗЕЛЕНІ ШПИНАТУ ГОРОДНЬОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА

О. П. ПРИСС¹, доктор технічних наук

О. І. УЛЯНИЧ², доктор сільськогосподарських наук

К. М. ШЕВЧУК², кандидат сільськогосподарських наук

О. І. ЯКОВЕР¹, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

А. В. ВАХОВСЬКА², здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

¹Таврійський державний агротехнологічний університет

ім. Дмитра Моторного

²Уманський національний університет садівництва

У статті проаналізовано ефективність застосування живильного середовища на основі аграрного гідрогелю та антиоксидантів для подовження терміну зберігання baby leaf шпинату. Встановлено, що зберігання шпинату із застосуванням живильного середовища дозволяє стабілізувати втрати АК в шпинаті. Показано, що застосування живильного середовища сприяло менш інтенсивній деградації пігментів.

***Ключові слова:** шпинат городній, baby leaf, гібрид, строк зберігання, живильне середовище, гідрогель.*

Вступ. Однією з серйозних проблем сучасності є неповноцінне харчування. Нестачу цінних фітонутрієнтів у дієтах населення можна швидко поповнити за рахунок збільшення частки плодоовочевої продукції. Широке коло наукових доказів вказує на те, що дієти, багаті фруктами та овочами, захищають від неінфекційних хронічних захворювань, таких як рак, ожиріння, нейродегенеративні та серцево-судинні хвороби. Листові зелені овочі, зокрема, визнані такими, що мають значну користь для здоров'я через наявність комплексу фізіологічно активних речовин. Досить відомою, але все ще недостатньо поширеною зеленою культурою, є шпинат городній (*Spinacia oleracea* L.). Впродовж 50 років світове виробництво шпинату зросло у десять разів, а за останнє десятиліття стрімко зросло у три рази [1]. Рослина багата на флавоноїди, вітаміни, каротиноїди, має гарний мінеральний склад [2]. Визнаними є профілактичні та лікувальні властивості шпинату [3, 4]. Незважаючи на ці цінні властивості, споживання шпинату залишається низьким порівняно з іншими листовими зеленими овочами. Частково це відбувається через те, що вирощування шпинату є сезонним, а відповідно досить

обмеженим. Продовжити сезон споживання шпинату можна за рахунок зберігання в умовах охолодження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Термін зберігання свіжого шпинату досить обмежений [5]. В умовах охолодження шпинат може зберігатися не більше 10 діб. Особливо коротким є термін придатності шпинату вирощеного за технологією baby leaf (бебі шпинат), котрий є досить популярним видом зелені. За температури 7°C бебі шпинат зберігається лише 7 діб [6]. Такий короткий термін зберігання зумовлений тим, що молоді частини рослини мають дуже високий рівень респіраторного метаболізму. Крім того, велика площа листя має високу транспірацію і це прискорює псування продукції. Тому для зберігання шпинату та інших листових овочів використовують модифіковане газове середовище, тобто зберігання у пакуванні з різних полімерних плівок і це дає вагомні результати [7]. Однак, екологічність пакування в полімерні матеріали які не можуть бути використані повторно сьогодні викликає зростаючу стурбованість.

Крім того, модифіковані атмосфери не в змозі зупинити значну втрату цінних фітосполук [8]. Сповільнити післязбиральний метаболізм та стабілізувати вміст поживних речовин у зеленних культурах можна використавши зберігання із застосуванням живильного середовища [9]. Застосування живильного середовища на основі гідрогелю та антиоксидантів дозволяє подовжити терміни зберігання зеленних культур [10]. Проте, такі дослідження з бебі шпинатом не проводились. Відомо, що терміни зберігання зеленних культур суттєво варіюють залежно від багатьох факторів: технологічних умов вирощування [11–13], сортових особливостей [14, 15], стадії розвитку рослини [16]. Тому актуальним є з'ясування придатності до зберігання гібридів шпинату вирощеного за технологією baby leaf в живильному середовищі.

Методика досліджень. У дослідженнях використовували гібриди шпинату городнього Акадія F₁ (савойський тип), Кросстрек F₁ (напівсавойський тип), і Корвер F₁ (гладенький тип) нідерландської селекції Enza Zaden. Шпинат вирощували в умовах неопалюваних плівкових теплиць, відповідно до «Методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві» [17].

На зберігання закладали зрізані листки довжиною не більше 10 см. Товарна якість шпинату, що закладався на зберігання, відповідала вимогам першого гібриду Стандарту ЕЭК ООН FFV-58, що стосується збуту і контролю якості листових овочів. Листки шпинату формували в пучки по 50 г та вкладали стеблами у ящики, де вміщувався лоток, попередньо наповнений живильним розчином на основі аграрного гідрогелю та антиоксидантів. Стебла занурювали у розчин на глибину 1 см. Гідрогель у сухому стані має вигляд полімерних гранул, котрі інтенсивно поглинають вологу (у 250 разів більше, ніж їх власна маса). Цю вологу потім використовують рослини для підтримання стану тургору. Для сповільнення метаболізму в розчин гідрогелю вводили антиоксидантну композицію на основі іонолу (I) в концентрації 0,024 % та хлорофіліпту (X) 0,25 %, як описано в попередніх роботах [18]. Іонол є

антиоксидантом, що дозволений до використання в харчовій промисловості [19]. Хлорофіліпт є екстрактом з листя евкаліпту, який містить суміш хлорофілів а і b і володіє антисептичними та дезінфікуючими властивостями [20]. Температура зберігання $7 \pm 0,5^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря $95 \pm 3\%$. Контролем був шпинат, що зберігався за тих же умов без застосування живильного середовища.

Дослідження виконували в умовах лабораторії технології первинної обробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ «Агротехнологій та екології» Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя.

Товарну якість шпинату визначали відповідно до вимог Стандарт ЕЭК ООН FFV-58, що стосується збуту і контролю якості листових овочів. Природну втрату маси визначали зважуванням фіксованих зразків до та після зберігання та виражали втрати маси у відсотках до початкової маси. Зберігання вважали завершеним за досягнення кількості втрат і відходів 10 %.

Кількість сухих речовин визначали термогравіметричним методом. Вміст аскорбінової кислоти (АК) у мг на 100 г сирової маси визначали за відновленням реактиву Тільманса [21]. Вміст хлорофілів і каротиноїдів визначали шляхом екстрагування пігментів ацетоном з подальшим визначенням їх оптичної густини спектрофотометрично [21]. Повторність біохімічних досліджень триразова.

Результати досліджень. За нашими даними, контрольні зразки бебі шпинату всіх гібридів в умовах охолодження зберігалися без суттєвої втрати якості не більше 7 діб. Під час подальшого зберігання листки швидко жовкнуть, втрачають пружність і в'януть. За тих же умов зберігання, шпинат в живильному середовищі, зберігався 14–16 діб залежно від гібриду, без суттєвої втрати якості (табл.1).

Табл. 1. Вихід товарної продукції та природні втрати маси шпинату після зберігання, $M \pm m$, $n=3$

Варіант обробки	Гібрид	Тривалість зберігання, діб	Вихід товарної продукції, %	Природна втрата маси, %	
				За 7 діб зберігання	За весь період зберігання
Контроль	Акадія F ₁	7	92,7±0,47	5,69±0,51	–
Дослід		16	92,5±0,81	2,93±0,18*	4,29±0,11
Контроль	Кросстрек F ₁	7	89,71±0,68	4,95±0,39	–
Дослід		16	93,05±0,61*	2,21±0,37*	5,04±0,72
Контроль	Корвер F ₁	7	90,71±0,68	4,42±0,51	–
Дослід		14	91,55±0,61	2,09±0,24*	5,66±0,
<i>НІР₀₅</i>		–	2,23	1,44	0,69
<i>S_x, %</i>		–	0,94	2,77	1,91

Примітка: * - відмінності достовірні у порівнянні з контролем, $p \geq 0,05$.

Навіть у вдвічі довшому терміні зберігання шпинату з живильним середовищем вихід стандартної продукції після зберігання був таким же, як у зберіганні контрольних партій упродовж 7 діб.

Природні втрати маси у всіх зеленних культур є досить високими і протягом двох тижнів можуть сягати 20–30 % [22]. За 7 діб зберігання, природні втрати маси в дослідних зразках були практично вдвічі меншими, ніж у контрольних. У втратах маси спостерігались сортові особливості. Загальноприйнятою є думка, що втрати маси на 75 % складаються з втрат вологи під час транспірації та 25 % за рахунок витрачання сухих речовин у процесі дихання. Найменші втрати були у гібриду Корвет F₁ з гладенькими листками, а найбільші у гібриду Акадія F₁, що має нерівну поверхню. Таке видається цілком можливим, бо за більшої листової поверхні площа транспірації збільшується, що призводить до більш інтенсивних втрат вологи. Однак, на силу транспірації можуть впливати і інші фактори притаманні гібриду, такі як щільність покривних тканин, продихів і т.д.

Сортові особливості шпинату чітко простежуються у накопиченні сухих речовин. Найбільший вміст сухих речовин (12,11 %) зафіксовано у шпинату гібриду Акадія F₁ (рис. 1).

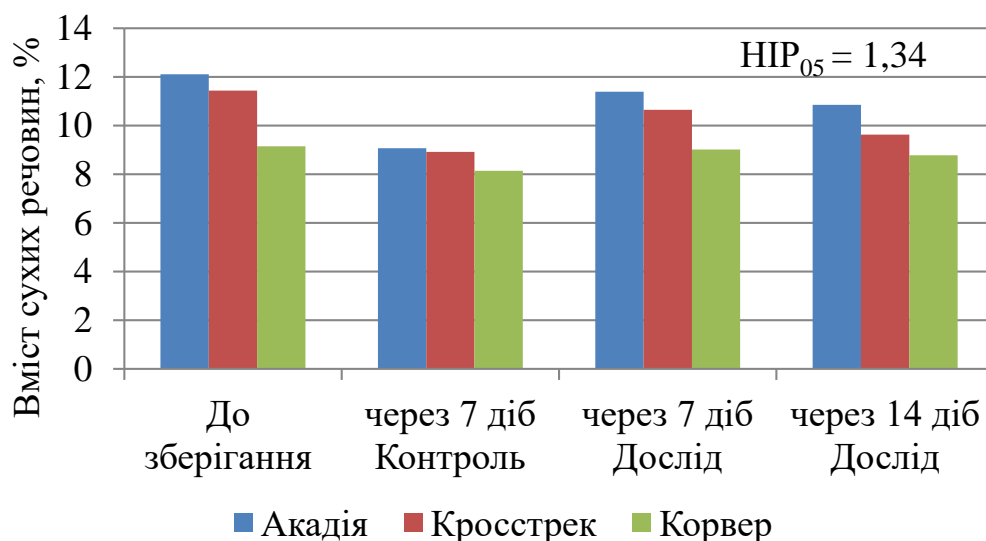


Рис. 1. Зміни вмісту сухих речовин під час зберігання шпинату

Під час зберігання вміст сухих речовин закономірно знижується у всіх зразках. Але зберігання шпинату в живильному середовищі скорочує втрати сухих речовин на 10–20 % залежно від гібриду.

Деякі вчені висловлюють думку, що початковий вміст амінокислотної кислоти можна використовувати як параметр для прогнозування терміну придатності шпинату [23]. З наших результатів досліджень такий висновок зробити складно. Адже аналізовані гібриди суттєво відрізнялись за вмістом АК, але достовірно не відрізнялись за термінами зберігання (рис. 2). Особливо високий вміст АК спостерігали у гібриду Акадія F₁ – 88,56 мг × 100 г.

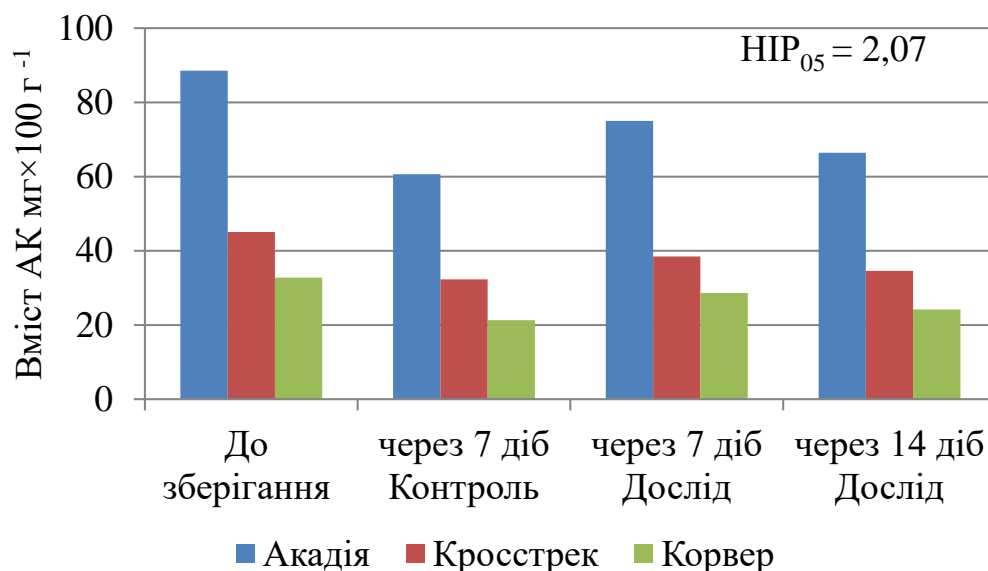


Рис. 2. Зміни вмісту аскорбінової кислоти під час зберігання шпинату

Практично вдвічі менше (45,1 мг × 100 г) було у гібриду Кросстрек F₁, та лише 32,8 мг × 100 г у гібриду Корвер F₁. Проте динаміка втрат АК подібна для всіх гібридів. Втрати АК за 7 днів зберігання у контролі сягали 28,4–35,0 %, залежно від гібриду. Зберігання шпинату із застосуванням живильного середовища дозволяє стабілізувати втрати АК у шпинаті. Після 7 днів зберігання вміст АК скоротився у дослідних варіантах на 12,6–15,3 % порівняно з початковим вмістом. Дослідні зразки після довшого на тиждень зберігання мали вищий вміст АК, ніж контроль після 7 днів зберігання.

Одним з головних показників втрати якості під час зберігання шпинату є зниження інтенсивності забарвлення, що є наслідком деградації хлорофілів. Катаболіти хлорофілу є токсичними для клітин, вони запускають механізм утворення окисних радикалів і викликають окисні зміни [24]. Відтак, рослинами сформований механізм переведення хлорофілу у нетоксичні, не кольорові продукти розпаду і це закономірний процес детоксикації живих рослин під час старіння [25]. Сучасні дослідження доводять, що максимальне гальмування процесу пожовтіння відбувається під час зберігання шпинату у середовищі з високою вологістю та низькою температурою [26].

Зелень шпинату городнього формує значну кількість хлорофілів (табл. 2). Отримані результати демонструють вищу кількість хлорофілів, ніж отримано турецькими дослідниками [22], але нижчу, ніж показано в дослідженнях італійських вчених [16], однак цілком співставною. Динаміка вмісту хлорофілу є подібною до описаної в усіх згаданих дослідженнях, де деградація хлорофілу *a* і *b* відбувається впродовж усього періоду зберігання. Відмінності спостерігаються лише у темпах деградації хлорофілу.

Шпинат усіх гібридів, що зберігався в живильному середовищі менш інтенсивно втрачав хлорофіл *a* і *b*. Хлорофіл *b* катаболічно трансформується в хлорофіл *a* перед його деградацією [27].

Табл. 2. Вміст пігментів у зразках шпинату $M \pm m$, $n=3$

Гібрид	Пігменти	До зберігання	Контроль після 7 діб зберігання	Дослід після 7 діб зберігання	Дослід після 14 діб зберігання	HIP_{05}
Акадія F_1	Хлорофіл <i>a</i>	15,5±0,08	8,8±0,08	13,8±0,09*	11,1±0,07*	2,75
	Хлорофіл <i>b</i>	15,8±0,06	8,5±0,06	13,0±0,07*	10,5±0,05*	2,72
	Каротиноїди	2,92±0,06	1,32±0,08	1,79±0,08*	1,45±0,07*	0,21
Кросстрек F_1	Хлорофіл <i>a</i>	17,1±0,08	8,2±0,09	15,4±0,07*	12,4±0,08*	3,74
	Хлорофіл <i>b</i>	16,8±0,07	7,8±0,06	14,1±0,06*	11,8±0,08*	3,73
	Каротиноїди	2,32±0,09	1,52±0,08	1,92±0,07*	1,72±0,08*	0,21
Корвер F_1	Хлорофіл <i>a</i>	16,3±0,06	9,1±0,05	14,9±0,06*	11,8±0,06*	2,76
	Хлорофіл <i>b</i>	14,4±0,09	8,5±0,07	13,8±0,06*	10,3±0,06*	2,75
	Каротиноїди	2,17±0,07	1,12±0,07	1,52±0,06*	1,41±0,06*	0,22

Примітка: * - відмінності достовірні у порівнянні з контролем, $p \geq 0,05$.

Через 7 діб зберігання вміст хлорофілу *a* знизився в дослідних зразках на 8,6–11,0 %, а у контрольних на 43,3–52,0 %, залежно від гібриду. Після зберігання дослідних зразків упродовж 14 діб, вміст хлорофілу *a* знизився на 27,7–28,4 % відносно його початкового вмісту. Аналогічна тенденція спостерігалась і у випадку з хлорофілом *b*.

Крім високого вмісту хлорофілів, шпинат характеризується високою кількістю каротиноїдних пігментів. Деяко вищою сумою каротиноїдів відзначається гібрид Акадія F_1 . Проте, після зберігання ці відмінності нівелюються і гібрид Кросстрек F_1 містить на 18,6 % вищу кількість каротиноїдів, ніж Акадія F_1 чи Корвер F_1 . Спільною залишається тенденція до повільнішого руйнування каротиноїдів у шпинату, що зберігається з використанням живильного середовища. Усі дослідні зразки після 14 діб зберігання містили достовірно вищу кількість каротиноїдів, ніж контрольні після 7 діб зберігання.

Висновки. В результаті досліджень встановлено, що застосування живильного середовища на основі аграрного гідрогелю та антиоксидантів дозволяє подовжити термін зберігання бебі шпинату на 7–9 діб, залежно від гібриду без зниження виходу стандартної продукції. За 7 діб зберігання, природні втрати маси в дослідних зразках були практично вдвічі меншими, ніж у контрольних, а за подовженого терміну зберігання достовірно не різнилися від контрольних на цьому добу. Зберігання шпинату в живильному середовищі скорочує втрати сухих речовин на 10–20 % залежно від гібриду. Втрати АК за 7 діб зберігання у контролі сягали 28,4–35,0 %, залежно від гібриду. Зберігання шпинату із застосуванням живильного середовища дозволяє стабілізувати втрати АК в шпинаті. Дослідні зразки після довшого на тиждень зберігання мали вищий вміст АК, ніж контроль після 7 діб зберігання. Застосування живильного середовища сприяло менш інтенсивній деградації пігментів.

Дослідні зразки після 14 діб зберігання містили достовірно вищу кількість хлорофілу *a* і *b* і каротиноїдів, ніж контрольні після 7 діб зберігання. Через 7 діб зберігання вміст хлорофілу *a* знизився у дослідних зразках на 8,6–11,0 %, а в контрольних – на 43,3–52,0 % залежно від гібриду. Після зберігання дослідних зразків упродовж 14 діб, вміст хлорофілу *a* знизився на 27,7–28,4 % відносно його початкового вмісту. Аналогічна тенденція спостерігалась і з хлорофілом *b*.

Література

1. Magnée K. J., Scholten O. E., Postma J., Lammerts van Bueren E. T., Groot S. P. Sensitivity of spinach seed germination to moisture is driven by oxygen availability and influenced by seed size and pericarp. *Seed Science and Technology*. 2020. № 48(1). P. 117–131.
2. Улянич О. І., Шевчук К. Урожайність і якість гібридів шпинату городнього в Степу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. Вип. 100, Ч.1. С. 261–267. DOI: 10.31395/2415-8240-2022-100-1-261-267.
3. Roberts J. L., Moreau R. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food & function*. 2016. № 7(8). P. 3337–3353. <https://doi.org/10.1039/C6FO00051G>.
4. Jiraungkoorskul W. Review of neuro-nutrition used as anti-alzheimer plant, spinach, *Spinacia oleracea*. *Pharmacognosy reviews*. 2016. № 10(20). P. 105. doi: 10.4103/0973-7847.194040.
5. Tudela J. A., Marin A., Garrido Y., Cantwell M., Medina-Martinez M.-S., Gil M. I. Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Postharvest Biol. Technol.* 2012. № 75. P. 75–85.
6. Wang C. Y. Leafy, floral and succulent vegetables. *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. New York, NY, USA, 2003. P. 599–623.
7. Viškelis J., Rubinskienė M., Urbonavičienė D., Bobinaitė R., Viškelis P. Optimal postharvest storage parameters and shelf life of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *International scientific conference: RURAL DEVELOPMENT. 2015*. P. 20–23.
8. Pandrangi S., LaBorde L. F. Retention of folate, carotenoids, and other quality characteristics in commercially packaged fresh spinach. *J. Food Sci.* 2004. № 69. P. 702–707.
9. Кулик А. С., Прісс О. П. Динаміка комплексу пігментів зелені петрушки при зберіганні з використанням антиоксидантних препаратів. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, № 3. С. 221–227.
10. Priss O., Yevlash V. Technology of fresh herbs storage using hydrogel and antioxidant composition. *Food and Environment Safety Journal*, 2017. № 16(4).
11. Giménez A., Gómez P. A., Bustamante M. Á., Pérez-Murcia M. D., Martínez-Sabater E., et al. Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*. 2021. № 11(4). P. 632. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040632>.
12. Conversa G., Bonasia A., Lazziezera C., Elia A. Pre-harvest nitrogen and azoxystrobin application enhances raw produced quality and post-harvest shelf-life of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J. Sci. Food Agric.* 2014. № 94. P. 3263–3272.

13. Tudela J. A., Marin A., Martinez-Sanchez A., Luna M.C., Gil M. I. Preharvest and postharvest factors related to off-odours of fresh-cut iceberg lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 2013. № 86. P. 463–471.
14. Martínez-Sánchez A., Luna M. C., Selma M. V., Tudela J. A., Abad J., Gil M. I. Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw materials for the fresh-cut industry. *Postharvest Biol. Technol.* 2012. № 63. P. 1–10.
15. Koukounaras A., Bantis F., Karatolos N., Melissas C., Vezyroglou A. Influence of Pre-Harvest Factors on Postharvest Quality of Fresh-Cut and Baby Leafy Vegetables. *Agronomy*. 2020. № 10(2). P. 172. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020172>.
16. Conte A., Conversa G., Scrocco C., Brescia I., Laverse J., Eliba A., Nobile M.A.D. Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce. *Postharvest Biol. Technol.* 2008. № 50. P. 190–196.
17. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. *Методика дослідної справи в овочівництві і багтанництві*. Харків: Основа, 2001. 369 с.
18. Priss O., Kulik A. Color stabilization of green vegetables at storage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. № 4(10(70)). P. 53–58.
19. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок. Затв. МОЗ України 23.07.96 № 222. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96#Text>.
20. Дикий І. Л., Остапенко В. М., Філімонова Н. І. Мікробіологічне обґрунтування придатності хлорофіліпту для створення м'якої лікарської форми антиінфекційного призначення. *Вісник фармації*. 2005. № 4 (44). С. 73–76.
21. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А., Здоровцева Л. М., Сухаренко О. Ш., Іванова І. С. *Дослідницький практикум*. Ч. 1. Методи дослідження плодовоовочевої та ягідної продукції: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: Люкс, 2020. 370 с.
22. Akan S. Effects of Storage Temperature and Packaging on Physiological and Nutritional Quality Preservation of Minimally Processed Spinach. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2022. № 24(3). P. 679–691.
23. Bergquist S. Å., Gertsson U. E., Olsson M. E. Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006. № 86(3). P. 346–355. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2373>
24. Jockusch S., Turro N. J., Banala S., Kräutler B. Photochemical studies of a fluorescent chlorophyll catabolite-source of bright blue fluorescence in plant tissue and efficient sensitizer of singlet oxygen. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2014. № 13(2). P. 407–411.
25. Hörtensteiner S., Kräutler B. Chlorophyll breakdown in higher plants. *BBA Bioenergetics 1807*. 2011. P. 977–988.
26. Garande V. K., Raut P. D., Shinde U. S., Dhumal S. S., Sonawane P. N., Sarvade S. A. Studies on Storage Behavior of Primary Processed Leafy Vegetables under Different Storage Conditions. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019. № 8. P. 2249–2272.
27. Roca M., James C., Pruzinská A., Hörtensteiner S., Thomas H., Ougham H. Analysis of the Chlorophyll Catabolism Pathway in Leaves of an

Introgression Senescence Mutant of *Lolium Temulentum*. *Phytochemistry*, 2004. № 65. P. 1231–1238.

References:

1. Magnée, K. J., Scholten, O. E., Postma, J., Lammerts van Bueren, E. T., Groot, S. P. (2020). Sensitivity of spinach seed germination to moisture is driven by oxygen availability and influenced by seed size and pericarp. *Seed Science and Technology*, no. 48(1), pp. 117–131.
2. Ulyanych, O. I., Shevchuk, K. (2022). Yield and quality of garden spinach hybrids in the Steppe of Ukraine. *Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences*, iss. 100, pp. 261–267. DOI: 10.31395/2415-8240-2022-100-1-261-267. (in Ukrainian).
3. Roberts, J. L., Moreau, R. (2016). Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food & function*, no. 7(8), pp. 3337–3353. <https://doi.org/10.1039/C6FO00051G>.
4. Jiraungkoorskul, W. (2016). Review of neuro-nutrition used as anti-alzheimer plant, spinach, *Spinacia oleracea*. *Pharmacognosy reviews*, no. 10(20), pp. 105. doi: 10.4103/0973-7847.194040.
5. Tudela, J. A., Marin, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Medina-Martinez, M.-S., Gil, M. I. (2013). Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Postharvest Biol. Technol.*, no. 75, pp. 75–85.
6. Wang, C. Y. (2003). Leafy, floral and succulent vegetables. *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, 2nd ed.; Bartz, J.A., Brecht, J.K., Eds.; Marcel Dekker Inc.: New York, NY, USA, pp. 599–623.
7. Viškelis, J., Rubinskienė, M., Urbonavičienė, D., Bobinaitė, R., Viškelis, P. (2015). Optimal postharvest storage parameters and shelf life of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *International scientific conference: RURAL DEVELOPMENT*, pp. 20–23.
8. Pandrangi, S., LaBorde, L. F. (2004). Retention of folate, carotenoids, and other quality characteristics in commercially packaged fresh spinach. *J. Food Sci.*, no. 69, pp. 702–707.
9. Kulyk A. S., Priss O. P. (2015). Dynamics of the green parsley pigment complex during storage with the use of antioxidant preparations. *Scientific works of the National Technical University of Ukraine*, no. 3, pp. 221–227. (in Ukrainian).
10. Priss, O., Yevlash, V. (2017). Technology of fresh herbs storage using hydrogel and antioxidant composition. *Food and Environment Safety Journal*, no. 16(4).
11. Giménez, A., Gómez, P. A., Bustamante, M. Á., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Sabater E., et al Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*, no. 11(4), pp. 632. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040632>.
12. Conversa, G., Bonasia, A., Lazziezera, C., Elia, A. (2014). Pre-harvest nitrogen and azoxystrobin application enhances raw produced quality and post-harvest shelf-life of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J. Sci. Food Agric.*, no. 94, pp. 3263–3272.
13. Tudela, J.A., Marin, A., Martinez-Sanchez, A., Luna, M.C., Gil, M.I. (2013). Preharvest and postharvest factors related to off-odours of fresh-cut iceberg lettuce. *Postharvest Biol. Technol.*, no. 86, pp. 463–471.

14. Martínez-Sánchez, A., Luna, M.C., Selma, M.V., Tudela, J.A., Abad, J., Gil, M. I. (2012). Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw materials for the fresh-cut industry. *Postharvest Biol. Technol.*, no. 63, pp. 1–10.
15. Koukounaras A., Bantis F., Karatolos N., Melissas C., Vezyroglou A. (2020). Influence of Pre-Harvest Factors on Postharvest Quality of Fresh-Cut and Baby Leafy Vegetables. *Agronomy*, no. 10(2), pp. 172. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020172>.
16. Conte, A., Conversa, G., Scrocco, C., Brescia, I., Laverse, J., Eliba, A., Nobile, M.A.D. (2008). Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce. *Postharvest Biol. Technol.*, no. 50, pp. 190–196.
17. Bondarenko, H. L., Yakovenko, K. I. (2001). Methods of research in vegetable growing and melon growing.. Kharkiv: Osnova, 369 p. (in Ukrainian).
18. Priss, O., Kulik, A. (2014). Color stabilization of green vegetables at storage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 4(10(70)), pp. 53–58.
19. Sanitarni pravyla i normy po zastosuvannyu kharchovykh dobavok. Zatv. MOZ Ukrayiny 23.07.96 № 222. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96#Text> (in Ukrainian).
20. Dykvy, I. L., Ostapenko, V. M., Filimonova, N. I. (2005). Microbiological substantiation of the suitability of chlorophyllipt for the creation of a soft dosage form for anti-infective purposes. *Herald of pharmacy*, no. 4 (44), pp. 73–76. (in Ukrainian).
21. Serdyuk, M. YE., Priss, O. P., Hapriindashvili, N. A., Zdorovtseva, L. M., Sukharenko, O. SH., Ivanova, I. S. (2020). Research workshop. Part 1. Research methods of fruit and vegetable and berry products: a textbook for higher education degree holders of higher education institutions. Melitopol': Lyuks, 370 p. (in Ukrainian).
22. Akan, S. (2022). Effects of Storage Temperature and Packaging on Physiological and Nutritional Quality Preservation of Minimally Processed Spinach. *Journal of Agricultural Science and Technology*, no. 24(3), pp. 679–691.
23. Bergquist, S. Å., Gertsson, U. E., Olsson, M. E. (2006). Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 86(3), pp. 346–355. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2373>.
24. Jockusch, S., Turro, N. J., Banala, S., Kräutler, B. (2014). Photochemical studies of a fluorescent chlorophyll catabolite-source of bright blue fluorescence in plant tissue and efficient sensitizer of singlet oxygen. *Photochem. Photobiol. Sci.*, no. 13(2), pp. 407–411.
25. Hörtensteiner, S., Kräutler, B. (2011). Chlorophyll breakdown in higher plants. *BBA Bioenergetics 1807*, pp. 977–988.
26. Garande, V. K., Raut, P. D., Shinde, U. S., Dhumal, S. S., Sonawane, P. N. Sarvade, S. A. (2019). Studies on Storage Behavior of Primary Processed Leafy Vegetables under Different Storage Conditions. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, no. 8, pp. 2249–2272.
27. Roca, M., James, C., Pruzinská, A., Hörtensteiner, S., Thomas, H. Ougham, H. (2004). Analysis of the Chlorophyll Catabolism Pathway in Leaves of an Introgression Senescence Mutant of *Lolium Temulentum*. *Phytochemistry*, no. 65, pp. 1231–1238.

Annotation

Priss O.P., Ulyanych O. I., Shevchuk K. M., Yakover O. I., Vahovska A. V.
Storage of green vegetable spinach using a food environment

It has been found that the use of a nutrient medium based on agricultural hydrogel and antioxidants can extend the shelf life of baby leaf spinach by 7–9 days, depending on the hybrid, without reducing the yield of standard products. After 7 days of storage, natural weight losses in the test samples were almost twice less than in the control samples, and with an extended shelf life they did not differ significantly from the control ones on the 7th day. The smallest losses were in the Korver F₁ hybrid with smooth leaves, and the largest in the Acadia F₁ hybrid. Storing spinach in a nutrient medium reduces dry matter loss by 10–20 %, depending on the hybrid. Ascorbic acid (AA) losses for 7 days of storage in the control ranged from 28,4 to 35,0 %, depending on the hybrid. The varietal characteristics of spinach are clearly traced in the accumulation of dry matter. The highest dry matter content was fixed in spinach of the Acadia F₁ hybrid – 12,11 %. During storage, the dry matter content naturally decreases in all samples. But storing spinach in a nutrient medium reduces the loss of the index by 10–20 %, depending on the hybrid.

Storage of spinach using a nutrient medium allows you to stabilize the loss of AA in spinach. A high content of AA was observed in the Acadia F₁ hybrid – 88,56 mg × 100 g. The Crosstrack F₁ hybrid had almost half as much – 45,1 mg × 100 g, and the Korver F₁ hybrid only 32,8 mg × 100 g. However, the dynamics of AA losses is similar for all hybrids and the loss of AA for 7 days of storage in the control reached 28,4–35,0 %. Storage of spinach with the use of a nutrient medium allows to stabilize the loss of AA in spinach, and after 7 days of storage, the index decreased in experimental variants by 12,6–15,3 % compared to the initial content. After a longer storage for a week, the prototypes had a higher AA content than the control after 7 days of storage.

The use of a nutrient medium contributed to less intense degradation of pigments. Research samples after 14 days of storage contained a significantly higher number of chlorophylls and carotenoids than control samples after 7 days of storage. After 7 days of storage, the chlorophyll “a” content decreased by 8,6–11,0 % in the research samples and by 43,3–52,0 % in the control samples, depending on the hybrid. After storing the research samples for 14 days, the chlorophyll “a” content decreased by 27,7–28,4 % compared to its initial content. After storage, these differences are leveled and the Crosstrack F₁ hybrid contains an 18,6% higher number of carotenoids than Acadia F₁ or Korver F₁. The trend towards slower breakdown of carotenoids in spinach stored using a nutrient medium remains common. All test samples after 14 days of storage contained a significantly higher number of carotenoids than control samples after 7 days of storage. A similar trend was observed in the case of chlorophyll “b”.

Key words: *spinach, baby leaf, hybrid, shelf life, nutrient medium, hydrogel.*