

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОРОТКОСТРОКОВОГО ЗБЕРІГАННЯ СПАРЖІ ЗЕЛЕНОЇ

**ІВЧЕНКО Т.В.** – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-4316-362X](https://orcid.org/0000-0003-4316-362X)

Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України

**ЛЯЛЮК О.С.** – аспірантка

[orcid.org/0000-0002-5197-6586](https://orcid.org/0000-0002-5197-6586)

Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Спаржа лікарська (*Asparagus officinalis* L.) – традиційна овочева культура для більшості країн Західної Європи. Її молоді пагони (списи) містять вітаміни, цукри, а також до 20 різних амінокислот [1], серед яких лідирує аспарагін – важлива речовина для обміну аміаку, триптофан – незамінна амінокислота, яка в людському організмі не синтезується, тому її необхідно отримувати з їжею [2, 3]. Завдяки цінним біохімічним властивостям спаржа відноситься до делікатесних овочів і на сьогодні вважається овочем номер один для прихильників здорового способу життя [4]. Тому за оцінкою провідних українських експертів культура має один з найвищих експортних потенціалів у плодоовочевому бізнесі України для реалізації як у свіжому, так і замороженому та консервованому вигляді. Особливістю виробництва спаржі на українському та глобальних ринках є нерівномірне надходження товарної продукції впродовж сезону її збирання через високу вимогливість культури до температури і вологості ґрунту під час відростання її списів та не тривале збереження продукції (до 2-х діб) за стандартних умов. З цієї причини у квітні-червні спостерігається суттєве коливання ціни, а їх максимум щорічно припадає на кінець сезону. Для підвищення рентабельності й ефективності виробництва цієї високомаржинальної продукції в умовах зростаючої конкуренції на внутрішньому ринку необхідно оптимізувати умови короткострокового зберігання спаржі зеленої. Для зниження втрат продукції важливо забезпечити безперервне протікання фізіологічних і біохімічних процесів обміну речовин, оскільки їх спрямованість безпосередньо впливає на її збереженість. С фізіологічної точки зору обмін речовин у продукції під час зберігання є продовженням тих процесів, які відбуваються з рослиною під час вирощування в ґрунтових умовах, із тією лише різницею, що після збирання списів розривається біологічний зв'язок із материнською рослиною, через що порушуються компенсаторні механізми і як наслідок відбуваються надмірні витрати органічних речовин та вологи.

**Аналіз останніх досліджень.** Молодий спис є активною частиною рослини, який продовжує свій ріст і розвиток навіть після збирання врожаю, через що характеризується високою інтенсивністю дихання, під час якого виділяється тепло і запасні речовини у продукції швидко розкладаються [5]. Через високу інтенсивність дихання (60 мг CO<sub>2</sub>/кг/год за 5 С [6, 7]. зелена спаржа за стандартних температур має надзвичайно короткий термін зберігання. З метою сповільнення цього процесу

існують рекомендації щодо регулювання температури короткострокового зберігання впродовж спаржі зеленої, а також використання у сховищах модифікованого газового середовища [8, 9].

Оптимальними умовами для зберігання спаржі вважають температуру від 0 до 2 С і відносну вологість повітря понад 95 %. Під час зберігання та транспортування списів за більш високої температури або нижчої відносної вологості повітря їх якість різко погіршується, що призводить до загнивання, виникнення огрублості та старіння продукції. Питома теплоємність спаржі становить 3767 Дж/кг / × С [10, 11]. Ця кількість енергії є необхідною для зниження температури на 1 С у 1 кг списів. За організації короткострокового зберігання продукції у холодильній камері також слід враховувати, що спаржа завдяки своїй метаболічній діяльності впродовж зберігання також виробляє тепло. Його кількість збільшується з 0,08 до 0,2 кВт/т (впродовж зберігання продукції за температури 0 °С) до 0,16–0,3 кВт/т [12, 13] при підвищенні температури в холодильній камері до 5 °С. Порівняно з іншою овочевою продукцією спаржа охолоджується швидше, оскільки окремі списи тонкі і тепло швидко рухається від центру списа до поверхні. І навпаки, охолоджені списи дуже швидко нагріваються, тому переваги попереднього охолодження можна легко втратити, якщо охолоджений продукт хоч на короткий час залишати поза прохолодною кімнатою.

Виявлено, що головна причина швидкого погіршення стану якості спаржі криється у так званих теплових одиницях – градусних годинах, які продукція розпочинає накопичувати/акумуляувати з моменту збирання врожаю [14, 15]. Градусна година це одна година зберігання спаржі за температури один градус Цельсія вище нуля. Це означає, що швидкість псування завжди пропорційна інтенсивності дихання та температурі. Тому з метою уповільнення втрати якості, зібрану у полі спаржу охолоджують якомога швидше.

Під час зберігання погіршення якості спаржі проявляється фізіологічними розладами, які отримали назву тіпрот (*tiprot*), або танення кінчиків списів. Це пошкодження, як правило, є одним із основних факторів, який обмежує тривалість зберігання продукції [16]. Встановлено, що його прояв спостерігається після двох тижнів зберігання спаржі зеленої і проявляється він наявністю на списках м'яких і вологих лусок, на яких у подальшому колонізуються різноманітні сапрофітні мікроорганізмами, такі як фузаріоз та ін. хвороби. Незважаючи на те, що ушкодження завершується загниванням тканин, воно

на має патогенного характеру, а пояснюється змінами у фізіології кінчика списа [17], які пов'язані з вуглеводним голодуванням наконечника списа [18-20]. На списках завдовжки 20-25 см цей фізіологічний розлад спостерігається частіше, ніж на коротких. Відзначено, що списи, зібрані за підвищених температур повітря, частіше отримують тіпрот, проти вирощених у прохолодних умовах. Дослідження свідчать, що він може розвиватися через надмірні фізичні uszkodження списів під час сортування і пакування [21]. Вже на пізній стадії розвитку тіпроту сапрофітні види мікроорганізмів активно розмножуються на продукції, що зберігається та розпадається, і відповідають за неприємний запах уражених кінчиків [ 22].

Відомо, що під час дихання овочева продукція витрачає сухі речовини та вологу, що призводить до природних втрат її ваги. Зменшити випаровування води і, як наслідок, подовжити термін зберігання продукції можна і за рахунок пакування продукції у спеціальний пакувальний матеріал, який характеризується еластичністю, стійкістю до світла, має низьку водо- та паропроникність. Загалом, зберігання списів спаржі у холодильній камері з використанням спеціальних плівок є пасивним способом генерації модифікованого газового середовища (МГС). Зберігання спаржі зеленої за використання індивідуального пакування дозволяє контролювати рівень CO<sub>2</sub> від 6 до 12 %, забезпечує зниження швидкості дихання та протікання метаболічних процесів у списках до високого рівня збереженості сахарози [23]. Це, у свою чергу, дозволяє затримати проходження каскаду метаболічних подій, які спричиняють погіршення якості списа [24, 25]. Застосування МГС ефективно за використання вдало підібраних плівок, у протилежному випадку її застосування може спровокувати негативні наслідки через анаеробне дихання та поширення мікробів. Перевага МГС полягає в тому, що у товщі запакованої спаржі створюється висока відносна вологість повітря і, як наслідок, знижується втрата маси, затримується її затвердіння, зберігається колір списів. На внутрішньому та зовнішніх ринках максимальна ціна на спаржу зелену спостерігається на початку й після закінчення сезону збирання, тому дослідження способів її короткострокового зберігання є надзвичайно актуальним як для крупнотоварного, так і дрібного виробника.

**Мета досліджень** – дослідити ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої у холодильній камері залежно від виду пакування, та визначити економічну ефективність розробленого способу.

**Матеріали і методи досліджень.** Товарну обробку зелених пагонів здійснювали з урахуванням вимог стандарту ЕСК ООН FFV-04. На зберігання заклали стандартну продукцію згідно ДСТУ 293-91. Напередодні списи спаржі зеленої охолоджували до температури 2-4 ± 0,5 °С. Зберігали продукцію згідно з «Методическими рекомендаціями по храненію плодів, овочей и винограда» [26] у холодильній камері з сандвіч-панелей та обладнанням ВОСК за температури 1±2 °С і відносної вологості повітря 90-95 % у ящиках полімерних №6 (ОСТ 10-15-86).

Маса середнього зразка становила 5,0 кг (10 пучків по 0,5 кг). Пучки спаржі розташовували в ящиках вертикально. Досліджували 13 варіантів пакування на

збереженість спаржі зеленої, серед яких було використано плівки – поліетиленова і стрейч-плівка та спеціальні пакети на 0,5 та 1,5 кг виробництва компаній ФрекенБок та Левіпак (Україна), Кеер-іт-Fresh (Індія), StePak (Ізраїль). Продукція зберігалась із додаванням і без додавання етилен адсорбуючих пакетів (ЕАП). Контролем слугував варіант без упакування. На зберігання закладали стандартні пагони діаметром від 1,0 до 2,0 см і завдовжки 22 ± 5 см. Повторність чотирихкратна. Впродовж зберігання визначали природні втрати маси, які відбуваються за рахунок хвороб і фізіологічних розладів. Для аналізу збереженості спаржі зеленої аналізували якість продукції за використанням розробленої нами оригінальної 5-бальної шкали, згідно з якою балу 5 відповідають списи вищого ґатунку, а балу 1 продукція не придатна для споживання. Добирали і готували проби до аналізів згідно методичних рекомендацій [27]. Спостерігали за збереженістю продукції у динаміці – через кожні 7-10 діб. Зразок вилучали зі зберігання, якщо загальні втрати маси перевищували 10% та продукція мала бал збереженості 1.

Хімічний склад продукції впродовж зберігання визначали в лабораторії аналітичних вимірювань ІОБ НААН. Визначали суху речовину, загальний цукор, аскорбінову кислоту [27]. Аналіз експериментальних даних проводили із використанням методу ANOVA. Відмінності між значеннями визначали за використання тесту Тьюкі розрахованого з урахуванням корекції Бонферроні (Armstrong, 2014) [28], згідно з яким відмінності вважалися суттєвими при P < 0,05.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Спаржа зелена вже через 7 діб зберігання в холодильній камері без пакування виявилась значно деформованою і зазнала суттєвої втрати маси – 14,1 % (табл. 1). У ящиках, вистелених плівкою поліетиленовою (контроль) (вар. 4) та з пакетами ФрекенБок із зіп-застібкою (вар. 5), маса пагонів знизилась на 6,3 й 7,5 % за збереженості 1,25 і 3 бали відповідно. Продукція з вар. 1 і 4 через непридатність до подальшого зберігання була вилучена із дослідів. В усіх інших варіантах втрати маси виявились незначними, збереженість списів становили 85,9-100 % і відповідала вищому ґатунку.

Через 12 діб зберігання спаржі зеленої мінімальну втрату маси списів мали за використання стрейч-плівки завтовшки 8 мм (вар. 2 і 3) – 1,2 і 1,1% відповідно. Бал збереженості при цьому дорівнював 5 і відповідав вищому ґатунку. Високі показники гарантували спеціальні пакети українського виробництва (вар. 10-12), в яких продукція мала чудовий темно-зелений колір і бездоганний зовнішній вигляд списів. Втрата маси не перевищувала 1,5-2,0 %, збереженість спаржі зеленої оцінено в 4,0-4,5 бала.

Спаржу в пакетах ФрекенБок (вар. 5), яка втратила товарні характеристики, вилучали з дослідів. Використана плівка поліетиленова та пакети ФрекенБок мали найменшу газопроникну здатність (5,43 O<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> за 24 год) порівняно із стрейч-плівкою (9,0 O<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> за 24 год.), тому у такій упаковці накопичувалось більше CO<sub>2</sub>, що негативно вплинуло на процеси газообміну продукції та її збереженість.

Спаржа в пакетах Степак (вар. 13, 14) забезпечувала найвищий показник збереженості – 5 балів та незначну втрату маси, від 2,4 до 3,5 %.

Пакети індійської компанії Кеер-іт-Фреш мали досить різні характеристики, насамперед, наявність та розміри перфорації, та неоднаково впливали на природну втрату маси списів. Загалом, показники збереженості товарної продукції впродовж 12 діб були високими, зелені списи були щільні, з незначним здерев'янінням на місцях різку та типовим для культури приємним запахом і відповідали вищому ґатунку (бал. 4). Найбільшу втрату маси (понад 10 %) і товарні властивості втратила спаржа в пакетах ФрекенБок (вар. 5), тому була вилучена з подальших досліджень.

Найбільш суттєві відмінності у показниках збереженості спаржі зеленої виявились через 18 діб зберігання. За цього строку вдалось чіткіше диференціювати вплив різних пакувальних матеріалів на якісь закладеної на зберігання продукції. Збереженості продукції на 96,3 і 98,2 % забезпечила стрейч-плівка ПВХ (вар. 2, 3) з використанням ЕАП і без нього.

У пакетах Кеер-іт-Фреш на 0,5 кг із дрібною перфорацією +ЕАП (вар. 7) усі списи спаржі були в'ялими і деформованими (бал 1). У аналогічних пакетах Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг із великою перфорацією (вар. 6) списи втратили блиск, мало місце незначна зміна кольору, ребристість, яка з'явилась в результаті пошкодження продукції накопиченим у процесі дихання CO<sub>2</sub>. Зберігання спаржі в пакетах Левіпак на 0,5 кг без перфорації з додаванням ЕАП (вар. 11) під час обліку виявило непридатність усіх списів (див. табл. 1) для подальших досліджень (бал 1,5). Продукцію з цього варіанту вкривали руді плямами, до того ж у пакеті було багато вологи, через що спаржа мала неприємний запах. За аналогічних умов, але без додавання ЕАП (вар. 12) збереженість маси на момент обліку була високою – 98,0 %.

Високі параметри збереженості спаржі зеленої через 18 діб забезпечили й ізраїльські пакети (вар. 13, 14). Однак на момент обліку була можливість спостерігати на списках під листочками утворення темних дрібних плям, які можна видалити зняттям зовнішньої шкірки.

Таблиця 1

**Вплив різних видів пакування спаржі зеленої на збереженість продукції під час зберігання в контрольованих умовах (середнє, 2019–2021 рр.)**

№ вар	Варіанти пакування	Країна виробник	Збереженість продукції									
			7 діб		12 діб		18 діб		28 діб		36 діб	
			%	Балів	%	Балів	%	балів	%	балів	%	балів
1	Без упаковки (контроль)		85,9	1	0	0	0,0	0	0	0	0	0
<b>Плівки</b>												
2	Стрейч-плівка ПВХ	Україна	100	5	98,8	5	96,3	4,25	95,6	1,25	0	0
3	Стрейч-плівка ПВХ + ЕАП*(1 шт)	Україна	100	5	98,9	5	98,5	4,25	96,6	1,75	0	0
4	Поліетиленова плівка	Україна	93,7	1,25	0	0	0,0	0	0	0	0	0
<b>Спеціальні пакети для зберігання</b>												
5	ФрекенБок із зіп-застібкою	Україна	92,5	3	90,2	1	0,0	0	0	0	0	0
6	Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг +ЕАП (3 шт)	Індія	100	5	99,5	4,75	99,3	4,25	96,3	1,2	0	0
7	Кеер-іт-Фреш на 0,5 кг із дрібною перфорацією +ЕАП (1 шт)	Індія	99,1	5	94,5	4	90,6	1	0	0	0	0
8	Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг із великою перфорацією + ЕАП (3 шт)	Індія	100	5	98,8	4,25	94,1	2,5	93,8	1,5	0	0
9	Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг із дрібною перфорацією +ЕАП (3 шт)	Індія	98,3	5	97,8	4	97,4	2,5	92,4	1	0	0
10	Левіпак на 1,5 кг з перфорацією + ЕАП (3 шт)	Україна	98,8	5	98,0	4	97,3	3,75	92,8	2,75	33,1	1
11	Левіпак на 0,5 кг без перфорації +ЕАП (1 шт.)	Україна	100	5	99,2	4,25	94,7	1,5	0,0	0	0	0
12	Левіпак на 0,5 кг без перфорації	Україна	100	5	99,5	4,5	98,0	3,25	94,8	1,5	0	0
13	Степак 860-СН 104 на 1,5 кг +ЕАП (3шт.)	Ізраїль	99,4	5	97,6	5	96,2	3,25	94,5	2,25	33,3	1
14	Степак 885-В1 на 1,5 + ЕАП (3шт.)	Ізраїль	99,1	5	96,5	5	94,5	3,5	93,3	3,25	33,4	1
Середнє			97,6	4,3	83,5	3,6	75,5	2,4	60,7	1,2	7,1	0,2

Примітки: \* – ЕАП – етилен адсорбуючий пакет; числові дані в таблиці представлені у вигляді  $x \pm SD$  (n = 10).

Через це продукція з даних пакетів одержала 3 бали, що відповідає першому ґатунку спаржі зеленої.

Через 28 днів після зберігання спаржі зеленої виявлено, що у більшості варіантів продукція вже втратила свою лежкоздатність. Завершено зберігання списів у стрейч-плівці ПВХ без ЕАП (вар. 2) через ознаки ураження їх грибною інфекцією та потемнінням покривних листків. За використання стрейч-плівки ПВХ з ЕАП (вар. 3) списи за збереженістю також отримали 1 бал, оскільки вони були переважно в'ялими.

За використання індійських пакетів (вар. 6, 8, 9) спостерігали типові ознаки тіпроту – загнивання верхівок списів і значну деформацію основи пагонів через що вони були вилучені з подальшого дослідження.

Не погані результати через 28 днів зберігання забезпечували українські пакети на 0,5 кг, без перфорації та ЕАП (вар. 12) (зниження маси склало 5,2 %). До того ж пагони були без ознак патогенної мікрофлори, але на даному етапі зберігання задовільну форму списів у пучках забезпечували дворазовою фіксацією резинками.

Під час зберігання продукції в ізраїльських пакетах за аналогічний проміжок часу спостерігали особливість, яка проявлялась у відкриванні головок спаржі. При цьому втрата маси у пакетах 860–СН 104 на 1,5 кг + 3 шт. ЕАП становила 5,5 %, у пакетах 885–В1 на 1,5 + 3 шт. ЕАП – 6,7 %, бал збереженості дорівнював відповідно 2 і 3. Характерно, що впродовж експериментів не спостерігали ознак хвороб у списів, що підтверджує високі антибактеріальні властивості досліджених спеціальних пакетів для зберігання овочів.

Нами не встановлено суттєвий позитивний вплив на збереженість списів спаржі додавання у пакувальні пакети етилен адсорбуючих пакетів, хоча згідно із літературою [29, 30], використання ЕАП є одним із найефективніших способів зниження втрати ваги овочевою продукцією, поліпшення якості та подовження терміну її зберігання.

Проведений через 36 днів облік зразків засвідчив, що спаржа в усіх варіантах, де тривало її зберігання, повністю втратила всі основні споживчі якості.

Застосування холододового ланцюга не дозволяє цілком вирішити проблему тривалого зберігання і повністю запобігти втраті продукції, оскільки за низьких температур не вдається повністю зупинити протікання окислювально-відновлювальних процесів, але швидкість їх протікання можна аналізувати шляхом моніторингу змін основних компонентів хімічного складу. Аналізами вмісту сухої речовини в продукції впродовж періоду зберігання засвідчено в усіх варіантах його підвищення (рис. 1). Найкращу лежкоздатність спаржі зеленої забезпечили пакети Левіпак на 0,5 кг без перфорації і без ЕАП (вар. 12) й пакети Stepak 860–СН 104 на 1,5 кг +ЕАП та Stepak 885–В1 на 1,5 + ЕАП (вар. 13; 14). До того ж продукція характеризувалась мінімальним вмістом сухої речовини на всіх етапах дослідження хімічного складу зразків, порівняно з іншими видами пакувань. Невисокий вміст сухої речовини спостерігали і під час зберігання списів у стрейч-плівці (вар. 2, 3) максимум – 7,15 і 7,31 % відповідно. Встановлено тісний кореляційний зв'язок (табл. 2) між збереженістю ваги списа (%) і вмістом сухої речовини ( $r = 0,91$ ), вмістом загальних і моноцукрів і вмістом сухої речовини ( $r = 0,90$ ).

Вміст цукрів у продукції забезпечує, насамперед, харчову цінність і смакові якості списів спаржі зеленої. Основну частку сухої речовини її складають вуглеводи, представлені у цієї культури переважно моноцукрами.

У рослинних клітинах спаржі зеленої вуглеводи виявлено у вигляді клітковини та напівклітковини, моно- та дисахаридів, органічних кислот. Як відомо, міцність списів залежить від вмісту клітковини, товщини клітинних оболонок, розвиненості покривних тканин, які у комплексі дозволяють отримувати лежкоздатну продукцію [16, 24]. Впродовж короткострокового зберігання спаржі зеленої в усіх варіантах і на всіх етапах

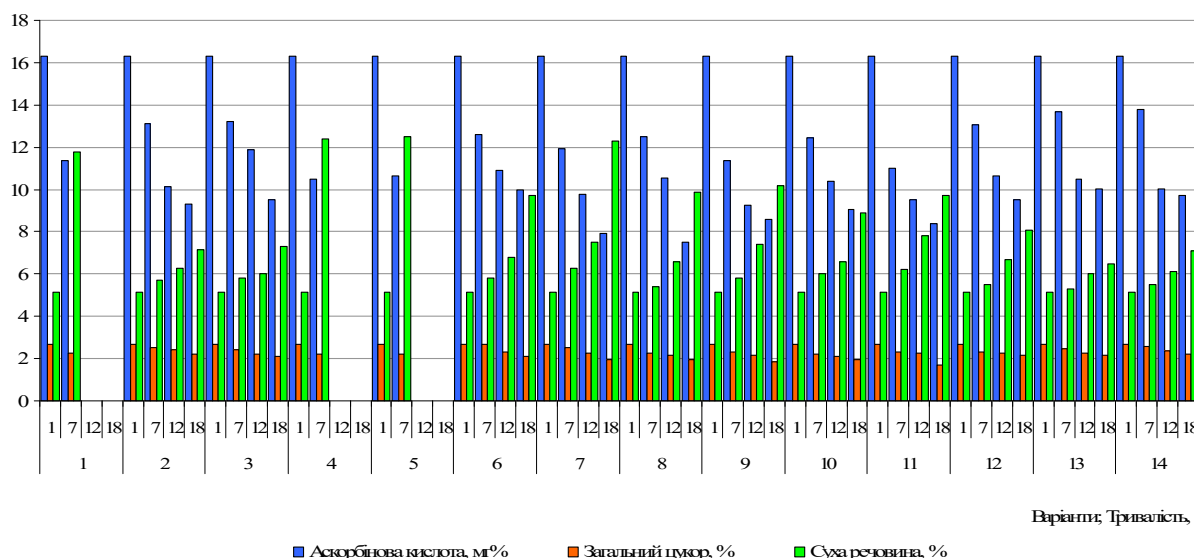


Рис. 1. Динаміка зміни вмісту біохімічних компонентів при короткостроковому зберіганні спаржі зеленої з використанням пакувальних матеріалів (середнє 2020–2021 рр.)



Кореляційний зв'язок між показниками збереженості списів спаржі зеленої та вмістом основних компонентів хімічного складу продукції (середнє за 2020–2021 рр.)

Показник	Аскорбінова кислота	Суша речовина	Загальний цукор	Моноцукри	Збереженість маси	
					%	балів
Аскорбінова кислота	–	0,84*	0,99*	0,97*	0,99*	0,87*
Суша речовина	0,85*	–	0,91*	0,90*	0,92*	0,51
Загальний цукор	0,99*	0,91*	–	1,00*	1,00*	0,80*
Моноцукри	0,99*	0,90*	1,00*	–	1,00*	0,84*
Збереженість маси, %	0,99*	0,91*	1,00*	1,00*	–	0,82*
Бал збереженості	0,87*	0,51	0,63	0,82*	0,80*	–

Примітка. \* – коефіцієнт кореляції суттєвий на 0,05 рівні

проведення аналізу зразків встановлено поступове зниження у продукції рівня загальних і моноцукрів через що встановлено дуже тісний кореляційний зв'язок між збереженістю маси списа (%) і вмістом загальних і моноцукрів ( $r = 1,00$ ).

В усіх варіантах відзначено і поступове зниження вмісту аскорбінової кислоти (АК), з 16,31 мг/% на початку зберігання до мінімального рівня 6,74 мг/% (вар. 14) через 18 днів зберігання у вар. 14 (див. рис. 1).

На короткострокове зберігання закладається продукція, вирощена за різних температур повітря і вологості ґрунту, що може значно вплинути на тривалість її зберігання. В умовах значних кліматичних змін, які ми спостерігаємо в останні роки, ці відмінності у якості продукції можуть підвищуватись. Також необхідно враховувати, що тривалість зберігання спаржі зеленої обмежується 1500 градусними годинами [14] і вона може суттєво скорочуватись у випадку накопичення її на етапі збирання продукції у полі і під час її підготовки до зберігання. Тому перед закладанням і впродовж зберігання необхідно контролювати зміни вміст біохімічних компонентів. Аналіз кореляційних зв'язків уможливив виявити тісний їх рівень між швидкістю зниження АК у продукції та збереженістю маси списів, % ( $r = 0,99$ ), і балом збереженості ( $r = 0,83$ ). Визначені нами дуже тісні кореляції ( $r = 1,00$ ) між збереженістю маси списів і вмістом загальних і моноцукрів, та між збереженістю маси списів та вмістом аскорбінової кислоти ( $r = 0,99$ ) дозволяють прогнозувати максимальну тривалість зберігання продукції високої якості.

Найбільш ефективним виявилось пакування в пакети Stepak 885–B1 на 1,5 + ЕАП (вар. 14) який дозволяє подовжити термін зберігання продукції до 28 днів і реалізувати продукцію за найвищими цінами (300 грн/кг) в момент, коли попит на спаржу найвищий.

Відсоток збереженості продукції за даного способу зберігання становить 93,3%, що дозволяє додатково отримати прибуток на рівні 164 тис. грн в розрахунку на 1 т закладеної продукції, або 140,6 %, за рахунок реалізації спаржі зеленої в кінці сезону, коли ціни на внутрішньому і зовнішніх ринках мають максимальне значення.

Стрейч-плівка полівінілхлоридна є найбільше дешевою і майже не впливала на собівартість продукції. Загалом через низьку вартість цього пакувального матеріалу його можна вважати найбільш економічно вигідним, але враховуючи достатньо високу ціну спаржі

і значні об'єми її реалізацію в преміум сегменті цей варіант пакування спаржі зеленої не можна вважати оптимальним для всіх категорій споживачів. Спеціальні пакети іноземного і вітчизняного виробництва містять в їх складі спеціальні антибактеріальні домішки, які значно уповільнюють розвиток на продукції інфекції. На них можна нанести додаткову інформацію про продукцію, тому вони є найбільш перспективною для використання.

#### Висновки та перспективи подальших досліджень.

Застосування пакування спаржі зеленої при зберіганні у холодильній камері за температури  $1\pm 2$  С і відносної вологості повітря 90–95 % дозволяє суттєво подовжити тривалість короткострокового зберігання і запобігти її втрат за рахунок зниження інтенсивності дихання та швидкості протікання окислювально-відновлювальних процесів. Максимальні тривалість зберігання спаржі зеленої у холодильній камері (28 днів) з високим відсотком збереженості продукції (93,3) та прибуток на рівні 164 тис. грн в розрахунку на 1 т закладеної продукції забезпечували пакети Stepak 885–B1 на 1,5 кг (вар. 14), використання яких дозволяє реалізувати продукцію за найвищими цінами. Прогнозувати збереженість закладеної на зберігання у продукції дозволяє моніторинг змін основних компонентів хімічного складу (аскорбінової кислоти, загальних і моноцукрів, сухої речовини).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Chin C.K., Garrison S.A. Functional elements from asparagus for human health. *Acta Horticulturae*. 2008. Vol. 776. P. 233–237. doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.776.27
- Oberbeil K. & Lentz C. Gamtos dovanoti vaistai. Kaunas. 2004. 263 p.
- Kmitienė L., Kmitas A., Žebrauskienė A. Evaluation of biological characteristics and productivity of introduced varieties of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Žemės ūkio mokslai*. 2007. Vol. 14. № 3. P. 33–40.
- Weihua L., Meijun H., Yongsong C. Determination of 20 Free Amino Acids in Asparagus Tin by High-Performance Liquid Chromatographic Method after Pre-Column Derivatization. *Food Analytical Methods*. 2012. Vol. 5. P. 62–68. DOI: https://doi.org/10.1007/s12161-011-9197-1
- Bhowmik P.K., Matsui T. Postharvest physiology, storage and keeping quality of green asparagus: a review. *Asian J Plant Sci.* 2003. Vol. 2. P. 941–943. doi: 10.3923/ajps.2003.941.943 [in English].

6. Kader A.A. Postharvest biology and technology. *Postharvest Technology of Horticultural Products*. 1992. Vol. 2. P. 15–20.
7. Kadau R., Huyskens-Keil S., Großmann M. Postharvest quality dynamic of fresh-cut asparagus (*Asparagus officinalis* L.) in different film packaging. *ISHS Acta Horticulturae*. 2003. Vol. 599. P. 12. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.599.12>
8. Sam J.D., Mattinson S. Effect of edible coatings on postharvest quality of fresh green asparagus. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2008. Vol. 32. № 6. P. 951–971. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00226.x>
9. Waldron K. Effect of maturation and storage on asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cell wall composition. *Physiologia Plantarum*. 2006. Vol. 80. № 4. P. 576–583. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05681.x>
10. Anon M. Handling and storage practices for Fresh Produce. *Postharvest Handling of Fruit and Vegetables. A Training Manual, FAO, Training series*. 1989. Vol. 17. № 2. P. 3–19.
11. Varoquaux P., Wiley C. Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated. *Fruits and Vegetables*. 2017. Vol. 47. P. 153–186. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6_5)
12. Hardenburg R.E., Watada A.E., Wang C.Y. *The Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. United States Department of Agriculture. 1986. 66 p.
13. Chiu K.Y., Sung J.M. Quality of low temperature heat-shocked green asparagus spears during short-term storage. *Afr J Agric Res*. 2013. Vol. 8. P. 3849–3856. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2012.6697>
14. Lipton W.J. Postharvest biology of fresh asparagus. *Horticultural Reviews*. 1990. Vol. 12. P. 69–155.
15. Lee J.S. Quality characteristics, carbon dioxide, and ethylene production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) treated with 1-methylcyclopropene and 2-chloroethylphosphonic acid during storage. *Korean J Hortic Sci Technol*. 2015. Vol. 33. P. 675–686. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.14145>
16. Lallu N., Yearsley C.W., Elgar H.J. Effects of cooling treatments and physical damage on tiprot and postharvest quality of asparagus spears. *New Zeal. J. Crop Hort*. 2000. Vol. 28. P. 27–36.
17. Lee J.W., Heo B.G., Bae J.H. Comparison of plant growth, dormancy breaking, yield, and biological activities of extracts in four asparagus cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol*. 2015. Vol. 33. P. 796–804. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.15080>
18. Lill R.E., Borst W.M., Irving D.E. Tiprot in asparagus: Effect of temperature during spear growth. *Postharvest Biol. Technol*. 1996. Vol. 8. P. 37–43.
19. Lill W., Borst M. Spear height at harvest influences postharvest quality of asparagus (*Asparagus officinalis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2001. Vol. 29. P. 187–194. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514177>
20. Liu Z.Y., Jiang W.B. Lignin deposition and effect of postharvest treatment on lignification of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Plant Growth Regul*. 2006. Vol. 48. P. 187–193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-6112-z>
21. Yoon H.S., Choi I.L., Baek J.P. Effects of 1-MCP and MA storage treatments for long-term storage of asparagus spears. *Protected Hortic Plant Fac*. 2016. Vol. 25. P. 118–122. DOI: <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.2.118>
22. Yang-Gyu K. Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth Asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2007. Vol. 82. № 3. P. 446–450. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512257>
23. Huyskens-Keil S., Herppich W.B. High CO<sub>2</sub> effects on postharvest biochemical and textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. *Postharvest Biol. Technol*. 2016. Vol. 75. P. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.55>
24. Hurst P.L., Cheer V., Sinclair B.K. Biochemical responses of asparagus to controlled atmosphere storage at 20 C. *J. Food Biochem*. 1997. Vol. 20. P. 463–472.
25. Villanueva M.J., Tenorio M.D., Sagardoy M. Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) stored in modified atmosphere packaging. *Food Chem*. 2005. Vol. 91. P. 609–619 [in English].
26. Дженеєва С.Ю. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / С.Ю. Дженеєва, В.И. Иванченко. Ялта : Институт винограда и вина Магарач, 1988. 152 с.
27. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків : Основа, 2001. 369 с.
28. Armstrong, R.A. When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic Physiol*. 2014. Vol. 34. № 5. P. 502–508.
29. Bhowmik P.K., Matsui, T., Keuchi T. Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. *Postharvest Biology and Technology*. 2002. Vol. 26. P. 323–328.
30. Пузік Л.М., Гайова Л.О. Сохраняемость позднепелых гибридов капусты цветной в зависимости от способа упаковки. *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* БГСХА. Горки. 2018. № 3. С. 125–128.

#### REFERENCES:

- Chin, C.K. & Garrison, S.A. (2008). Functional elements from asparagus for human health. *Acta Horticulturae*, 776, 233–237. [doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.776.27](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.776.27)
- Oberbeil, K. & Lentz, C. Gamtos dovanoti vaistai. Kaunas, 2004. 263 p. [in Lithuanian].
- Kmitienė, L. et al. (2007). Evaluation of biological characteristics and productivity of introduced varieties of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Žemės ūkio mokslai*, 14(3), 33–40
- Weihua, L. et al. (2012). Determination of 20 Free Amino Acids in Asparagus Tin by High-Performance Liquid Chromatographic Method after Pre-Column Derivatization. *Food Analytical Methods*, 5, 62–68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9197-1>
- Bhowmik, P.K. & Matsui, T. (2003). Postharvest physiology, storage and keeping quality of green asparagus: a review. *Asian J Plant Sci.*, 2, 941–943. [doi:10.3923/ajps.2003.941.943](https://doi.org/10.3923/ajps.2003.941.943)
- Kader, A.A. (1992). Postharvest biology and technology. *Postharvest Technology of Horticultural Products*, 2, 15–20.
- Kadau, R., Huyskens-Keil, S & Großmann, M. (2003). Postharvest quality dynamic of fresh-cut asparagus

- (*Asparagus officinalis* L.) in different film packaging. *ISHS Acta Horticulturae*, 599, 12. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.599.12>
8. Sam, J.D. & Mattinson, S. (2008). Effect of edible coatings on postharvest quality of fresh green asparagus. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(6), 951–971. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00226.x>
9. Waldron, K. (2006). Effect of maturation and storage on asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cell wall composition. *Physiologia Plantarum*, 80(4), 576–583. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05681.x>
10. Anon, M. (1989). Handling and storage practices for Fresh Produce. *Postharvest Handling of Fruit and Vegetables. A Training Manual, FAO, Training series*, 17(2), 19.
11. Varoquaux, P. & Wiley, C. (2017). Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated. *Fruits and Vegetables*, 153–186. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6_5)
12. Hardenburg, R.E., Watada, A.E. & Wang, C.Y. (1986). *The Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. United States Department of Agriculture. 66 p.
13. Chiu, K.Y. & Sung, J.M. (2013). Quality of low temperature heat-shocked green asparagus spears during short-term storage. *Afr J Agric Res*, 8, 3849–3856. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2012.6697>
14. Lipton, W.J. (1990). Postharvest biology of fresh asparagus. *Horticultural Reviews*, 12, 69–155
15. Lee, J.S. (2015). Quality characteristics, carbon dioxide, and ethylene production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) treated with 1-methylcyclopropene and 2-chloroethylphosphonic acid during storage. *Korean J Hortic Sci Technol*, 33, 675–686. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.14145>
16. Lallu, N., Yearsley, C.W. & Elgar H.J. (2000). Effects of cooling treatments and physical damage on tiprot and postharvest quality of asparagus spears. *New Zeal. J. Crop Hort*, 28, 27–36.
17. Lee, J.W., Heo, B.G. & Bae, J.H. (2015). Comparison of plant growth, dormancy breaking, yield, and biological activities of extracts in four asparagus cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol*, 33, 796–804. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.15080>
18. Lill, R.E., Borst, W.M. & Irving, D.E. (1996). Tiprot in asparagus: Effect of temperature during spear growth. *Postharvest Biol. Technol*, 8, 37–43.
19. Lill, W. & Borst, M. (2001). Spear height at harvest influences postharvest quality of asparagus (*Asparagus officinalis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29, 187–194. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514177>
20. Liu, Z.Y. & Jiang, W.B. (2006). Lignin deposition and effect of postharvest treatment on lignification of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Plant Growth Regul*, 48, 187–193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-6112-z>
21. Yoon, H.S., Choi, I.L. & Baek, J.P. (2016). Effects of 1-MCP and MA storage treatments for long-term storage of asparagus spears. *Protected Hortic Plant Fac*, 25, 118–122. DOI: <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.2.118>
22. Yang-Gyu, Ku. (2007). Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth Asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(3), 446–450. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512257>
23. Huyskens-Keil, S. & Herppich, W.B. (2016). High CO<sub>2</sub> effects on postharvest biochemical and textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. *Postharvest Biol. Technol*, 75, 45–53. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.55>
24. Hurst, P.L., Cheer, V. & Sinclair, B.K. (1997). Biochemical responses of asparagus to controlled atmosphere storage at 20 C. *J. Food Biochem*, 20, 463–472
25. Villanueva, M.J., Tenorio, M.D. & Sagardoy, M. (2005). Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) stored in modified atmosphere packaging. *Food Chem*, 91, 609–619.
26. Dzheneeva, S.J. & Ivanchenko, V.I. (1988). *Metodicheskie rekomendacii po hraneniju plodov, ovoshnej i vinograda. Organizacija i provedenie issledovanij [Methodical instructions for the storage of fruits, vegetables and grapes. Organization and conduct of research]*. Jalta : Institut vinograda i vina Magarach
27. Bondarenko, G.L. & Yakovenko, K.I. (2001). *Metody`ka doslidnoyi spravy` v ovochivny`cztvi i bashtanny`cztvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]*. Xarkiv: Osnova 369 [in Ukrainian].
28. Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic Physiol*, 34(5), 502–508
29. Bhowmik, P.K., Matsui, T. & Keuchi, T. (2002). Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 323–328.
30. Puzik, L.M. & Gajova, L.O. (2018). Sohranjaemost' pozdnespelyh gibridov kapusty cvetnoj v zavisimosti ot sposoba upakovki. [Storability of late-ripening cauliflower hybrids depending on the packing method]. *Vestn. Belarusian. state s.-kh. acad*, 3, 125–128 [in Russian].

#### Івченко Т.В., Лялюк О.С. Оцінка ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої

**Мета досліджень** – дослідити ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої у холодильній камері залежно від виду пакування, та визначити економічну ефективність розробленого способу.

**Методи досліджень:** *візуальний* – для ведення фенологічних досліджень; *вимірювально-ваговий* – для визначення зміни кількісних показників продукції; *хімічний* – для визначення якісних показників продукції; *статистичний* – для оцінки даних; *розрахунковий* – для встановлення ефективних пакувальних матеріалів. **Результати.** Молодий спіс *Asparagus officinalis* L. є активно зростаючою частиною рослини який продовжує свій ріст і розвиток навіть після збору врожаю, тому через високу інтенсивність дихання має дуже короткий термін зберігання за стандартних температур. Для уповільнення цього процесу досліджували вплив 13 варіантів пакування спаржі зеленої на природні втрати маси, збереженість і динаміку зміни біохімічних компонентів (сухої речовини, загальних і моноцукрів, аскорбінової кислоти) при короткостроковому зберіганні в холодильній камері за температури від 2 до 4 °C і відносній вологість повітря > 95%. За рахунок зниження швидкості дихання та протікання метаболічних процесів у запакованій продукції збільшено тривалість зберігання спаржі зеленої з 5 днів (контроль, зберігання без пакування) до 28 днів. Застосування пакування сприяло покращенню газообміну продукції, контролюванню рівня CO<sub>2</sub> сприяло зниженню фізіологічних розладів – тіпроту, що



позитивно вплинуло на якість і збереженість продукції. **Висновки.** Максимальну тривалість зберігання продукції високої якості (перший ґатунок), забезпечило використання ізраїльських пакетів 885-B1. Виявлені тісні кореляційні зв'язки між збереженістю маси списів і вмістом загальних і моноцукрів ( $r = 1,00$ ), та між збереженістю маси списів та вмістом аскорбінової кислоти ( $r = 0,99$ ) дозволяють прогнозувати максимальну тривалість зберігання продукції високої якості.

**Ключові слова:** збереженість, маса, спис, пакування, фізіологічні розлади, прибуток.

#### **Ivchenko T.V., Lialiuk O.S. Evaluation of efficiency of short-term storage of green asparagus**

**Aim** – to investigate the efficiency of short-term storage of green asparagus in the refrigerator depending on the type of packaging, and to determine the economic efficiency of the developed method.

**Methods.** *Visual* – is for conducting phenological research; *measuring and weighing* – is to determine the change in quantitative indicators of products; *chemical* – is to determine the quality of products; *statistical* – is for objective evaluation of experimental data; *estimated* – is for the installation of effective packaging materials. **Results.** Spear *Asparagus officinalis* L. is an active growing part of the plant, which continues to grow and develop even after harvest. Therefore, due to the high intensity of respiration, it has a very short shelf life at standard temperatures. To

reduce the speed of this process, we studied the effect of 13 options for packing green asparagus on weight loss, safety and dynamics of changes in biochemical components (dry matter, total and mono sugars, ascorbic acid) during short-term storage at temperatures from 2 to 4 C and humidity > 95 %. Due to the reduction of respiration rate and metabolic processes in packaged products, the duration of storage of green asparagus was increased from 5 days (control, storage without packaging) to 28 days. The use of product packaging helped to improve gas exchange, allowed to control the level of CO<sub>2</sub> and helped reduce physiological disorders – tiprot, due to which it had a positive effect on product quality and safety.

**Conclusions.** The maximum duration of storage of high quality products (first grade) was ensured by storage of asparagus in packages 885-B1. The percentage of product preservation after 28 days of storage using this type of packaging was 93.3%, which provided an additional profit of 140.6% due to the sale of green asparagus at the end of the season, when prices in domestic and foreign markets are maximum. The close correlations between the preservation of the mass of spears and the content of total and mono sugars ( $r = 1.00$ ), and between the preservation of the mass of spears and the content of ascorbic acid ( $r = 0.99$ ) allow us to calculate the shelf life of high quality products.

**Key words:** weight, spear, packaging, physiological disorders, profit.