

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-367-19>

УДК 664.8.037.1:634.743

СЕРДЮК ДЕНИС

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

<https://orcid.org/0009-0006-5026-3919>

e-mail: denisserduik@gmail.com

ПРИСС ОЛЕСЯ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

<https://orcid.org/0000-0002-6395-4202>

e-mail: olesia.priss@tsatu.edu.ua

КОЛІСНИЧЕНКО ТЕТЯНА

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

<https://orcid.org/0000-0003-0560-9520>

e-mail: tetiana.kolisnychenko@tsatu.edu.ua

ІВАНОВА ІРИНА

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>

e-mail: iryna.ivanova@tsatu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИХАЛЬНОГО МЕТАБОЛІЗМУ ПЛОДІВ ОБЛІПХИ ПІД ЧАС ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ ЗА ОБРОБКИ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

В роботі наведено результати досліджень впливу обробки біологічно активними речовинами, рівня дегазації та маси закладки на інтенсивність дихального метаболізму плодів обліпихи під час холодильного зберігання. Об'єктом дослідження були плоди обліпихи (*Hipporhae rhamnoides* L.) сорту «Чуйська». Як фактори досліджували вид попередньої обробки плодів, рівень вакуумної дегазації та масу закладки. Плоди обробляли водою, 0,3% розчином аскорбінової кислоти, 0,05% розчином екстракту розмарину або 0,1% розчином хітозану (pH 4,0). Дегазацію проводили за режимів 80 і 50 кПа впродовж 3 хв, контроль – без дегазації. Маса закладки в тару становила 250 ± 10 г або 300 ± 10 г. Результатами експериментальних досліджень встановлено, що попередня обробка плодів обліпихи біологічно активними речовинами, вакуумна дегазація та маса закладки в тару істотно впливають на інтенсивність дихання та тепловиділення впродовж холодильного зберігання. Найбільшу частку впливу на інтенсивність дихального метаболізму мав вид обробки, децю нижчу – рівень дегазації, натомість маса закладки мала додатковий помітно слабший вплив. Максимальне зниження інтенсивності дихання та тепловиділення, краще збереження загальних цукрів і титрованих кислот було виявлено за поєднання обробки 0,1% розчином хітозану з дегазацією 50 кПа, 3 хв. Кореляційним аналізом підтверджено існування тісного оберненого зв'язку між інтенсивністю дихання та вмістом загальних цукрів і титрованих кислот. Більш тісний зв'язок був встановлений для цукрів, що є свідченням їх визначальної ролі в регулюванні дихального метаболізму в умовах холодильного зберігання плодів обліпихи. Перспективи подальших досліджень полягають в більш глибокому дослідженні біохімічних механізмів використання дихальних субстратів, а також в оптимізації параметрів попередньої обробки та пакування плодів обліпихи для подовження термінів їх холодильного зберігання та скорочення рівня втрат.

Ключові слова: плоди обліпихи, холодильне зберігання, інтенсивність дихання, тепловиділення, біологічно активні речовини, хітозан, екстракт розмарину, аскорбінова кислота, вакуумна дегазація, загальні цукри, титровані кислоти.

SERDIUK DENYS, PRISS OLESIA, KOLISNYCHENKO TETIANA, IVANOVA IRYNA

Dmytro Motomyi Tavria State Agrotechnological University

EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON RESPIRATORY METABOLISM OF SEA BUCKTHORN FRUITS DURING REFRIGERATED STORAGE

This study investigates the effects of treatment with biologically active substances, the vacuum level and the batch weight on the respiration rate of sea buckthorn fruits during refrigerated storage. Sea buckthorn fruits (*Hipporhae rhamnoides* L.) cv. "Chuiska" were used as the study material. The study examined three variables: the treatment type of the fruits, the vacuum level and the batch weight. The fruits were treated with water, 0.3% ascorbic acid solution, 0.05% rosemary extract solution or 0.1% chitosan solution (pH 4.0). Vacuum treatment was carried out under the vacuum levels of 80 and 50 kPa for 3 min, control - without vacuum treatment. The package weight was 250 ± 10 g or 300 ± 10 g. The results of experimental studies have shown that pre-treatment of sea buckthorn fruits with biologically active substances, vacuum and the package weight significantly affect the intensity of respiration and heat release during refrigerated storage. The type of treatment had the greatest impact on the respiration rate, the vacuum level was somewhat lower, while the package weight had an additional, noticeably weaker impact. The maximum reduction in the intensity of respiration and heat release, better preservation of total sugars and titratable acidity was found when treating with a 0.1% chitosan solution and vacuum treatment at 50 kPa for 3 min. Correlation analysis confirmed the existence of a close inverse relationship between the intensity of respiration and the content of total sugars and titratable acidity. Sugars showed a stronger correlation, suggesting their decisive role in regulating respiratory metabolism under conditions of refrigerated storage of sea buckthorn fruits. Future research should focus on a deeper study of the biochemical mechanisms of respiratory substrate utilization, as well as optimizing the parameters of pre-processing and packaging of sea buckthorn fruits to extend their refrigerated storage periods and minimize postharvest losses.

Keywords: sea buckthorn fruits, refrigerated storage, respiration rate, heat release, biologically active substances, chitosan, rosemary extract, ascorbic acid, vacuum, total sugars, titratable acidity.

Стаття надійшла до редакції / Received 25.06.2026

Прийнята до друку / Accepted 17.07.2026

Опубліковано / Published 31.07.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Сердюк Денис, Присс Олесья, Колісниченко Тетяна, Іванова Ірина

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Плоди обліпихи вважаються цінною сировиною з високими функціональними властивостями, проте їх використання у свіжому вигляді обмежується підвищеною інтенсивністю післязбирального метаболізму. Після збирання в тканинах плодів продовжується процес дихання, який супроводжується виділенням тепла та витрачанням основних субстратів дихального метаболізму – цукрів і органічних кислот. Наслідком такого метаболічного процесу є поступове зниження товарної якості, харчової та біологічної цінності та суттєве скорочення терміну зберігання продукції. Використання штучного холоду вважається основним способом уповільнення таких змін, однак і воно не забезпечує повного інгібування метаболічної активності плодів [1]. З погляду на це, актуальним є пошук інноваційних технологічних прийомів, які здатні знижувати інтенсивність дихання, тепловиділення та витрати субстратів дихання під час холодильного зберігання за низьких позитивних температур. Перспективним у цьому напрямі є застосування післязбиральної обробки біологічно активними речовинами у поєднанні з вакуумною дегазацією та раціональним формуванням маси закладки плодів у сучасну пакувальну тару.

Таким чином, наукова проблема полягає у встановленні впливу біологічно активних речовин, режимів дегазації та маси закладки на інтенсивність дихального метаболізму плодів обліпихи під час холодильного зберігання за низьких позитивних температур. Її вирішення має практичне значення для обґрунтування способів подовження тривалості зберігання плодів обліпихи, зменшення метаболічних втрат і кращого збереження її функціональних властивостей.

Аналіз досліджень та публікацій

У сучасних наукових публікаціях плоди обліпихи розглядають як цінну функціональну сировину завдяки високому вмісту фенольних речовин, каротиноїдів, органічних кислот, аскорбінової кислоти, токоферолів і ненасичених жирних кислот. У роботах [2 – 4] констатується, що саме комплекс біологічно активних речовин формує антиоксидантні, протизапальні та імунomodуючі властивості обліпихи, а також перспективні напрямки її використання у виробництві харчових продуктів для здорового харчування. Поряд з цим, автори наголошують, що ефективно використання плодів даної культури потребує збереження їх біохімічного потенціалу на післязбиральному етапі.

З погляду на це, особлива увага в сучасних наукових дослідженнях приділяється післязбиральному метаболізму плодової продукції, оскільки дихання, тепловиділення, втрата маси внаслідок випаровування та витрачання запасних поживних речовин є основними причинами зниження якості свіжої продукції. У роботах як українських [5], так і іноземних авторів [6] зазначено, що в умовах сьогодення використання штучного холоду залишається основним способом подовження термінів зберігання плодів, проте його ефективність визначається способами та режимами охолодження, контролем газового складу середовища та використанням інноваційних технологічних прийомів для обробки плодів. Окремо зазначається, що інтенсивність дихання пов'язана з утворенням тепла, яке необхідно враховувати під час холодильного зберігання плодів [7].

За результатами сучасних наукових досліджень найбільш перспективним напрямом гальмування післязбирального метаболізму вважається застосування їстівних покриттів на основі природних біоактивних речовин. У дослідженнях Popescu P. A., et al. [8] встановлено, що хітозанові покриття здатні зменшувати інтенсивність розвитку мікробіологічних захворювань, знижувати активність води та підвищувати збереженість найважливіших біологічно активних речовин, зокрема аскорбінової кислоти та поліфенолів під час холодового зберігання. Узагальнення сучасних наукових даних [9] свідчить, що хітозан є чудовим плівкоутворювачем, який володіє антиокиснювальними, антимікробними та антиоксидантними властивостями. Завдяки таким властивостям він здатен приймати участь у регулюванні процесу газообміну та сповільнювати дихальний метаболізм у плодах.

У дослідженнях українських авторів також підтверджено доцільність використання хітозану для подовження терміну зберігання та збереження якості плодової та ягідної сировини. Так, у роботах [10, 11] встановлено, що попередня обробка плодів абрикоси та ягід малини розчинами хітозану під час холодильного зберігання супроводжувалась меншими втратами аскорбінової кислоти та цукрів, а також забезпечувала кращі сенсорні показники порівняно з контрольними варіантами. Такі результати підтверджують перспективність використання такої післязбиральної обробки для інших видів плодово-ягідної сировини, зокрема для плодів обліпихи.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що питання збереження функціональних властивостей плодів обліпихи впродовж холодильного зберігання за обробки біологічно активними речовинами у сучасних харчових технологіях є актуальним. Поряд з цим, недостатньо висвітленими залишаються закономірності зміни інтенсивності дихання, тепловиділення та витрачання субстратів дихання плодів обліпихи за поєднання обробки біологічно активними речовинами, вакуумної дегазації та різної маси закладки у тару. Саме це визначає наукову доцільність проведення подальших досліджень.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження впливу обробки біологічно активними речовинами, рівня дегазації та маси закладки на інтенсивність дихального метаболізму плодів обліпихи під час холодильного зберігання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- визначити інтенсивність дихання плодів обліпихи під час холодильного зберігання залежно від виду попередньої обробки біологічно активними речовинами, рівня дегазації та маси закладки в тару;
- розрахувати інтенсивність тепловиділення плодів обліпихи за різних технологічних умов холодильного зберігання;
- дослідити зміни вмісту основних субстратів дихання – розчинних вуглеводів і органічних кислот – у плодах обліпихи в процесі холодильного зберігання;
- встановити взаємозв'язок між інтенсивністю дихання, тепловиділенням і витрачанням субстратів дихального метаболізму у плодах обліпихи впродовж холодильного зберігання.

Виклад основного матеріалу

Об'єктом дослідження були плоди обліпихи (*Hippophae rhamnoides L.*) сорту «Чуйська» у фазі споживчої стиглості, які надходили одержану після механізованого збирання. Підготовка плодів до холодильного зберігання передбачала відокремлення їх від гілочок, видалення рослинних домішок, інспектування за якісними показниками з відбракуванням пошкоджених і нестандартних екземплярів, сортування за ступенем стиглості та калібрування за розміром. Далі плоди промивали водою, видаляли надлишкову поверхневу вологу та витримували впродовж 15 – 20 хв за температури 18...20 °C з метою вирівнювання температури сировини перед подальшою обробкою.

Дослідження виконували за схемою трифакторного експерименту, яка передбачала оцінювання впливу виду попередньої обробки (фактор А), режиму вакуумної дегазації (фактор В) та маси закладки плодів (фактор С) у споживчу тару.

Як фактор попередньої обробки (фактор А) використовували занурення плодів у воду (контроль А1), 0,3% розчин аскорбінової кислоти (А2), 0,05% розчин екстракту розмарину (а3) та 0,1% розчин хітозану з рН 4,0 (А4). Вибір зазначених речовин був зумовлений їх антиоксидантними, антимікробними та плівкоутворювальними властивостями, що можуть впливати на інтенсивність метаболізму плодів впродовж холодильного зберігання. Робочі розчини готували безпосередньо перед проведенням обробки з дотриманням заданих концентрацій.

Другим дослідним фактором був рівень вакуумної дегазації (фактор В). Плоди зберігали без застосування вакуумної обробки (контрольний варіант В1) або піддавали дегазації за режимів 80 кПа протягом 3 хв (В2) і 50 кПа протягом 3 хв (В3).

Третім фактором була маса закладки плодів у тару (фактор С), яка становила 250 ± 10 г (С1) або 300 ± 10 г (С2).

Попередню обробку проводили шляхом занурення підготовлених плодів у відповідний робочий розчин на 2 хв за температури 19 ± 1 °C. Після обробки плоди розміщували на ситах і витримували впродовж 10 хв для стікання залишкової рідини та зменшення кількості поверхневої вологи. Підготовлені плоди фасували у жорсткі полімерні контейнери об'ємом 500 мл із герметичними кришками відповідно до передбаченої маси закладки. Вакуумну дегазацію зразків проводили в герметичній камері типу DZ-260 згідно з обраними режимами дослідів. Після завершення дегазації контейнери герметично закривали та розміщували у холодильній камері. Зберігання контрольних і дослідних зразків здійснювали за температури 2 ± 1 °C. Впродовж зберігання визначали інтенсивність дихання та зміну вмісту цукрів і титрованих кислот. Визначення виконували за стандартними методиками [12].

Інтенсивність тепловиділення плодів під час дихання визначали за формулою (1) відповідно до методики [7]:

$$Q = q_i I_i \quad (1)$$

де: q_i – питома теплота дихання;

I_i – інтенсивність дихання плодів, (мг $\text{CO}_2\text{кг}^{-1}\text{год}^{-1}$)

Питому теплоту дихання визначали розрахунковим методом на основі експериментально отриманих даних про кількість вуглекислого газу, що виділяється плодами під час дихання [7]. Процес аеробного дихання плодів [13] спрощено можна представити рівнянням 2:



Оскільки молекулярна маса CO_2 становить 44, то згідно з рівнянням процесу дихання, на одну спожиту молекулу глюкози виділятиметься $44 \cdot 6 = 264$ г CO_2 . Таким чином, 264 г CO_2 виділить 2816 кДж тепла, а при виділенні 1 г CO_2 виділиться 10,67 кДж тепла. Отже, питома теплота дихання q_i дорівнюватиме 10,67 кДж на 1 г.

Усі експериментальні дослідження проводили у триразовій повторності, що забезпечувало достовірність одержаних результатів. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 365.

Результати експериментальних досліджень показали, що після охолодження та впродовж 30 діб зберігання інтенсивність дихання і тепловиділення плодів обліпихи суттєво залежали від типу обробки, рівня дегазації та маси закладки (табл. 1).

Таблиця 1

Інтенсивність дихання та тепловиділення плодів обліпихи після 30 діб холодильного зберігання

Вид обробки (фактор А)	Рівень дегазації (фактор В)	Маса закладки (фактор С)	Інтенсивність дихання, мг CO ₂ ·кг ⁻¹ ·год ⁻¹			Інтенсивність тепловиділення, кДж·кг ⁻¹ ·°С		
			20°С	після охолодження	після 30 діб зберігання	20°С	після охолодження	після 30 діб зберігання
Контроль (обробка водою)	Без дегазації	250 г	96,03±0,07	34,10 ± 1,95	55,20± 0,03	1024,64	363,85	588,98
		300 г		32,60 ± 2,12	52,02 ± 0,03		347,84	555,05
	80 кПа	250 г		30,84 ± 2,31	47,50 ± 0,01		329,06	506,83
		300 г		29,59 ± 2,49	45,21 ± 0,02		315,73	482,39
	50 кПа	250 г		28,57 ± 0,57	43,24 ± 0,03		304,84	461,37
		300 г		27,40 ± 0,15	40,92 ± 0,03		292,36	436,62
0,3% розчин АК	Без дегазації	250 г		29,39 ± 0,73	45,11 ± 0,10		313,59	481,32
		300 г		28,04 ± 0,03	42,90 ± 0,03		299,19	457,74
	80 кПа	250 г		26,89 ± 0,84	39,80 ± 0,02		286,92	424,67
		300 г		25,21 ± 0,04	38,04 ± 0,05		268,99	405,89
	50 кПа	250 г		24,52 ± 1,90	35,90 ± 0,02		261,63	383,05
		300 г		22,89 ± 0,87	34,23 ± 0,26		244,24	365,23
0,05% розчин екстракту розмарину	Без дегазації	250 г		27,57 ± 1,01	40,72 ± 0,58		294,17	434,48
		300 г		26,10 ± 0,01	38,84 ± 0,35		278,49	414,42
	80 кПа	250 г		24,75 ± 0,81	36,03 ± 0,02		264,08	384,44
		300 г		23,40 ± 0,02	34,63 ± 0,02		249,68	369,50
	50 кПа	250 г		22,10 ± 0,22	31,82 ± 0,04		235,81	339,52
		300 г		20,80 ± 0,17	29,92 ± 0,03		221,94	319,25
0,1% розчин хітозану	Без дегазації	250 г		24,50 ± 0,05	34,23 ± 0,06		261,42	365,23
		300 г		23,03 ± 0,07	32,47 ± 0,17		245,73	346,46
	80 кПа	250 г		21,63 ± 0,02	29,82 ± 0,03		230,79	318,18
		300 г		20,31 ± 0,23	28,33 ± 0,06		216,71	302,28
	50 кПа	250 г		18,87 ± 0,78	25,90 ± 0,09		201,34	276,35
		300 г		17,77 ± 0,23	24,31 ± 0,06		189,61	259,39

Перед закладкою плодів на зберігання до технологічної обробки та охолодження інтенсивність дихання плодів обліпихи була на рівні $96,03 \pm 0,07$ мг CO₂·кг⁻¹·год⁻¹. Відповідно, інтенсивність тепловиділення була також достатньо високою і становила 1024,64 кДж·кг⁻¹·год⁻¹.

Після охолодження плодів обліпихи до температури подальшого зберігання 2 ± 1 °С інтенсивність дихання в усіх варіантах зменшувалася у 2,8...5,4 рази порівняно з рівнем за 20 °С. Це підтверджує виражений інгібуючий ефект знижених температур на перебіг метаболічних процесів. Впродовж 30 діб зберігання інтенсивність дихання в усіх варіантах знову зростала, проте швидкість та ступінь такого зростання визначалась видом обробки, рівнем дегазації та масою закладки плодів у тару. Так, у контрольних варіантах без застосування дегазації після 30 діб зберігання інтенсивність дихання збільшувалася в 1,62 рази для упаковки масою 250 г і в 1,60 рази для упаковки в 300 г відносно рівня показника після попереднього охолодження. Проведення вакуумної дегазації сприяло послабленню такої тенденції: у контрольному варіанті за режиму 80 кПа інтенсивність дихання зростала в 1,52...1,54 рази, за 50 кПа – 1,49...1,51 рази.

Попередня обробка розчинами біологічно активних речовин сприяла більш глибокому інгібуванню дихального метаболізму плодів обліпихи впродовж холодильного зберігання. Так, за обробки 0,3% розчином аскорбінової кислоти зростання інтенсивності дихання впродовж 30 діб зберігання становило 1,47...1,53 рази, 0,05% розчином екстракту розмарину – 1,44...1,48 рази, а 0,1% розчином хітозану – 1,37...1,40 рази, що свідчить про максимальну ефективність саме цього виду обробки. Порівняння з контрольним варіантом без дегазації дає змогу констатувати що після 30 діб холодильного зберігання обробка розчином хітозану в поєднанні з вакуумною дегазацією 50 кПа впродовж 3 хв забезпечувало зниження інтенсивності дихання у 2,13 рази.

Закономірність зміни інтенсивності тепловиділення плодів обліпихи впродовж холодильного зберігання мали схожий характер, оскільки даний показник прямо залежить від інтенсивності дихання. Після попереднього охолодження тепловиділення знижувалось для всіх плодів у 2,8...5,4 рази. Впродовж подальшого зберігання зростало найінтенсивніше у контрольних варіантах і найповільніше у варіанті з попередньою обробкою розчином хітозану та вакуумною дегазацією 50 кПа.

Дисперсійний аналіз (рис.1) підтвердив, що визначальним чинником був тип обробки з часткою впливу 72,9%, тоді як вплив рівня дегазації становив 24,8%, а маси закладки – лише 1,6%; внесок взаємодій факторів був мінімальним (AB – 0,6%, AC – 0,1%, BC і ABC – 0,0%). Таким чином, саме видом попередньої обробки біологічно

активними речовинами найбільшою мірою визначається рівень інтенсивності дихання та тепловиділення плодів обліпихи впродовж холодильного зберігання. Вакуумна дегазація упаковок плодів перед зберіганням посилює даний ефект, натомість збільшення маси закладки в упаковку має додатковий, але значно слабший вплив.

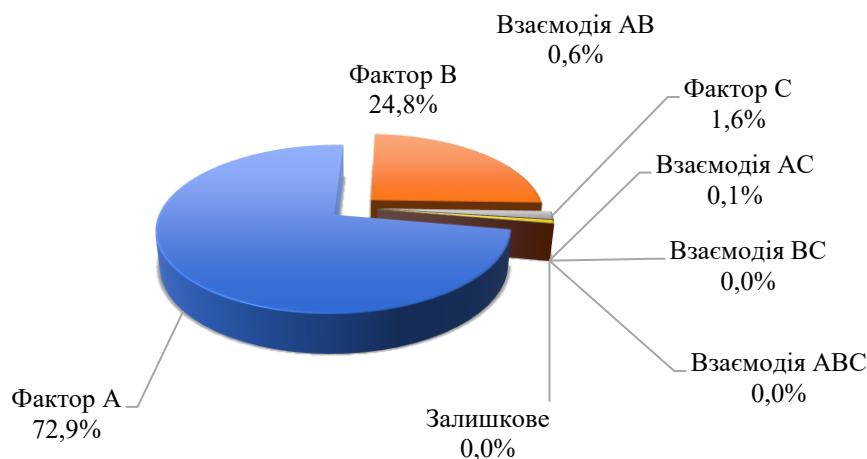


Рис. 1. Частка впливу факторів на інтенсивність дихання плодів обліпихи після 30 діб зберігання, %: фактор А – вид обробки біологічно активними речовинами, фактор В – рівень дегазації, фактор С – маса закладки плодів у тару, АВ, АС – взаємодія факторів

Зміни інтенсивності дихання плодів обліпихи впродовж холодильного зберігання закономірно супроводжуються змінами вмісту основних компонентів, які безпосередньо визначають перебіг дихального метаболізму. З погляду на це, динаміка загальних цукрів і титрованих кислот (табл.2), як основних субстратів дихання, дає змогу глибше обґрунтувати виявлені закономірності фізіологічної активності плодів під час холодильного зберігання.

Таблиця 2

Вміст основних субстратів дихання при холодильному зберіганню плодів обліпихи

Вид обробки (фактор А)	Рівень дегазації (фактор В)	Маса закладки (фактор С)	Масова частка загальних цукрів, %		Масова частка титрованих кислот, %	
			20°C	після 30 діб зберігання	20°C	після 30 діб зберігання
Контроль (обробка водою)	Без дегазації	250 г	5,82 ± 0,01	4,57 ± 0,02	2,94 ± 0,02	2,16 ± 0,10
		300 г		4,71 ± 0,05		2,25 ± 0,06
	80 кПа	250 г		4,79 ± 0,08		2,31 ± 0,02
		300 г		4,90 ± 0,05		2,37 ± 0,05
	50 кПа	250 г		4,93 ± 0,04		2,39 ± 0,05
		300 г		5,02 ± 0,05		2,44 ± 0,04
0,3% розчин АК	Без дегазації	250 г		4,83 ± 0,04		2,33 ± 0,02
		300 г		4,92 ± 0,03		2,38 ± 0,01
	80 кПа	250 г		4,91 ± 0,01		2,37 ± 0,03
		300 г		4,97 ± 0,02		2,40 ± 0,08
	50 кПа	250 г		5,00 ± 0,12		2,41 ± 0,01
		300 г		5,08 ± 0,06		2,46 ± 0,05
0,05% розчин екстракту розмарину	Без дегазації	250 г		4,92 ± 0,03		2,37 ± 0,02
		300 г		5,00 ± 0,20		2,42 ± 0,03
	80 кПа	250 г		5,01 ± 0,12		2,42 ± 0,05
		300 г		5,06 ± 0,06		2,45 ± 0,01
	50 кПа	250 г		5,10 ± 0,02		2,47 ± 0,05
		300 г		5,18 ± 0,06		2,51 ± 0,05
0,1% розчин хітозану	Без дегазації	250 г		5,08 ± 0,03		2,47 ± 0,05
		300 г		5,15 ± 0,10		2,51 ± 0,02
	80 кПа	250 г		5,16 ± 0,01		2,52 ± 0,02
		300 г		5,21 ± 0,02		2,56 ± 0,05
	50 кПа	250 г		5,28 ± 0,04		2,59 ± 0,04
		300 г		5,34 ± 0,02		2,64 ± 0,08

Представлені в таблиці 2 дані свідчать, що впродовж холодильного зберігання масова частка загальних цукрів і титрованих кислот у плодах обліпихи знижувалась в усіх варіантах, проте інтенсивність змін була різною. Максимальні втрати обох компонентів були виявлені в контрольних варіантах без дегазації. При цьому, за маси закладки в тару 250 г вміст загальних цукрів після 30 діб зберігання знижувався на 21,5 %, а титрованих кислот на 26,5 %. За маси закладки в тару 300 г зниження становило 19,1 і 23,5 % відповідно.

При проведенні вакуумної дегазації рівень втрат основних субстратів дихання були нижчими, причому режим 50 кПа виявився більш ефективним за 80 кПа. Так, у контрольному варіанті з масою закладки 250 г зниження вмісту цукрів після 30 діб становило 15,3 % за 50 кПа проти 17,7 % за 80 кПа, а титрованих кислот – 18,7 % проти 21,4 % відповідно.

Попередня обробка розчинами біологічно активних речовин сприяла ще більш високому збереженню масової частки дихальних субстратів. Так, за обробки 0,3% розчином аскорбінової кислоти втрати загальних цукрів після 30 діб холодильного зберігання становили 14,1 % для закладки масою 250 г і 12,7 % для закладки масою 300 г, для титрованих кислот – відповідно 18,0 і 16,3 %. За обробки розчином екстракту розмарину зниження вмісту цукрів становило 12,4 і 10,9 %, а кислот – 15,9 і 14,6 % відповідно. Максимальне збереження масової частки субстратів дихання встановлені для варіантів з обробкою 0,1% розчином хітозану в поєднанні з дегацією 50 кПа. При цьому, за маси закладки в тару 250 г вміст загальних цукрів знижувався лише на 9,3 %, а титрованих кислот – на 11,9 %, за маси закладки 300 г – на 8,2 і 10,2 % відповідно.

Таким чином, зниження рівня інтенсивності дихання супроводжується меншими втратами цукрів і титрованих кислот, а отже сприяє збереженню основних енергетичних і пластичних ресурсів плодів у більш стабільному фізіологічному стані.

Проведенням кореляційним аналізом було встановлено існування тісного оберненого зв'язку між інтенсивністю дихання плодів обліпихи та вмістом основних енергетичних субстратів впродовж холодильного зберігання. При цьому, для загальних цукрів коефіцієнт кореляції був на рівні $r = -0,980$, для титрованих кислот – $r = -0,968$. Отримані значення коефіцієнтів кореляції свідчать про існування більш тісного зв'язку інтенсивності дихання з вуглеводною фракцією. Це дає можливість констатувати, що за умов холодильного зберігання загальні цукри відіграють провідну роль у регулюванні дихального метаболізму плодів обліпихи. Органічні кислоти, хоч і не виконують провідної метаболічної функції, проте також активно залучаються до енергетичного обміну.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Експериментальними дослідженнями встановлено, що попередня обробка плодів обліпихи біологічно активними речовинами, вакуумна дегація та маса закладки в тару істотно впливають на інтенсивність дихання та тепловиділення впродовж холодильного зберігання. Найбільшу частку впливу на інтенсивність дихального метаболізму мав вид обробки, дещо нижчу – рівень дегазації, натомість маса закладки мала додатковий помітно слабший вплив. Максимальне зниження інтенсивності дихання та тепловиділення, краще збереження загальних цукрів і титрованих кислот було виявлено за поєднання обробки 0,1% розчином хітозану з дегацією 50 кПа, 3 хв. Кореляційним аналізом підтверджено існування тісного оберненого зв'язку між інтенсивністю дихання та вмістом загальних цукрів і титрованих кислот. Більш тісний зв'язок був встановлений для цукрів, що є свідченням їх визначальної ролі в регулюванні дихального метаболізму в умовах холодильного зберігання. Перспективи подальших досліджень полягають в більш глибокому дослідженні біохімічних механізмів використання дихальних субстратів, а також в оптимізації параметрів попередньої обробки та пакування плодів обліпихи для подовження термінів їх холодильного зберігання та скорочення рівня втрат.

Література

1. Ivanova I., Serdyuk M., Tymoshchuk T., Malkina V., Zinovieva O., Lisohurska D., Lisohurska O. Minimizing sweet cherry fruit losses during storage under the influence of hydrocooling and protective organic composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024. Vol. 130. №11. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309595
2. Wang Z., Li Y., Ahmad N., et al. Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A review. *Food Frontiers*. 2022. Vol. 3. P. 1–19. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036295>
3. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є., Кривонос І. А., Бандура В. М. Заморожений напівфабрикат з додаванням обліпихи, як сировина для продуктів функціонального призначення. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. Запоріжжя : ТДАТУ*, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 199–206. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-199-206
4. Zhu P., Ren Y., Wei C., Luo J., Wu D., Donlao N., Tian J. Compounds from sea buckthorn and their application in food: A review. *Food Chemistry*. 2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.142008.
5. Serdiuk M. Ye., Stepanenko D. S., Kiurchev S. V. The study of mass loss intensity of plum fruits during storage // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 1, Issue 10 (79). P. 42–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.59694>
6. Hoffmann T. G., de Souza C. K., Sonawane A. D., Praeger U., Büchele F., Neuwald D. A., Jedermann R., Linke M., Sturm B., Mahajan P. V. Challenges and future perspectives in postharvest cold storage: technological review

on sustainable and efficient cold storage of fresh produce. *Food Research International*. 2025. Vol. 221. Article 117406. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.117406.

7. Effectiveness of cooling methods in reducing losses during cherry storage / T. Hutsol, O. Priss, I. Ivanova, M. Serdyuk, M. Cupiał, T. Tymoshchuk, R. Havrylianchyk, L. Prokopchuk, Z. Kowalczyk // *Agricultural Engineering*. 2024. Vol. 28, № 1. P. 321–340. DOI: 10.2478/agriceng-2024-0020.

8. Popescu P. A., et al. Chitosan-based edible coatings containing essential oils to preserve the shelf life and postharvest quality parameters of organic strawberries and apples during cold storage. *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 21. Article 3317. DOI: 10.3390/foods11213317.

9. Dai L., et al. Application of chitosan and its derivatives in postharvest coating preservation of fruits. *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 8. Article 1318. DOI: 10.3390/foods14081318.

10. Баль-Прилипко Л. В., Ніколаєнко М. С., Омелян А. М. Зберігання плодів абрикоса у модифікованому газовому середовищі за попередньої обробки хітозаном. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. Т. 19, № 1. DOI: 10.31548/dopovidi1(101).2023.009.

11. Бал-Прилипко, Л., Муштрук, М., Омелян, А. Вплив хітозану на якість малини під час зберігання в холодильнику. Наукові звіти Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2023. 19, № 2. [https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.011)

12. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А. та ін. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2020. 370 с.

13. Castellanos, D. A., Herrera, A. O. Mathematical models for the representation of some physiological and quality changes during fruit storage. *Journal of Postharvest Technology*. 2015. 3(01), 18-35.

References

1. Ivanova I., Serdyuk M., Tymoshchuk T., Malkina V., Zinovieva O., Lisohurska D., Lisohurska O. Minimizing sweet cherry fruit losses during storage under the influence of hydrocooling and protective organic composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024. Vol. 130. №11. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309595

2. Wang Z., Li Y., Ahmad N., et al. Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A review. *Food Frontiers*. 2022. Vol. 3. P. 1–19. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036295>

3. Zaretska D. K., Serdiuk M. Ye., Kryvonos I. A., Bandura V. M. Zamorozhennyi napivfabrykat z dodavanniam oblipekhy, yak syrovyna dlia produktiv funktsionalnoho pryznachennia. Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu: naukove fakhove vydannia. Zaporizhzhia : TDATU, 2023. Vyp. 23, t. 1. S. 199-206. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-199-206

4. Zhu P., Ren Y., Wei C., Luo J., Wu D., Donlao N., Tian J. Compounds from sea buckthorn and their application in food: A review. *Food Chemistry*. 2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.142008.

5. Serdiuk M. Ye., Stepanenko D. S., Kiurchev S. V. The study of mass loss intensity of plum fruits during storage // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 1, Issue 10 (79). P. 42–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.59694>

6. Hoffmann T. G., de Souza C. K., Sonawane A. D., Praeger U., Büchele F., Neuwald D. A., Jedermann R., Linke M., Sturm B., Mahajan P. V. Challenges and future perspectives in postharvest cold storage: technological review on sustainable and efficient cold storage of fresh produce. *Food Research International*. 2025. Vol. 221. Article 117406. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.117406.

7. Effectiveness of cooling methods in reducing losses during cherry storage / T. Hutsol, O. Priss, I. Ivanova, M. Serdyuk, M. Cupiał, T. Tymoshchuk, R. Havrylianchyk, L. Prokopchuk, Z. Kowalczyk // *Agricultural Engineering*. 2024. Vol. 28, № 1. P. 321–340. DOI: 10.2478/agriceng-2024-0020.

8. Popescu P. A., et al. Chitosan-based edible coatings containing essential oils to preserve the shelf life and postharvest quality parameters of organic strawberries and apples during cold storage. *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 21. Article 3317. DOI: 10.3390/foods11213317.

9. Dai L., et al. Application of chitosan and its derivatives in postharvest coating preservation of fruits. *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 8. Article 1318. DOI: 10.3390/foods14081318.

10. Бал-Прыльпко Л. В., Ніколаєнко М. С., Омелян А. М. Зберігання плодів абрикоса у модифікованому газовому середовищі за попередньої обробки хітозаном. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. Т. 19, № 1. DOI: 10.31548/dopovidi1(101).2023.009.

11. Бал-Прыльпко, Л., Муштрук, М., Омелян, А. Вплив хітозану на якість малини під час зберігання в холодильнику. Наукові звіти Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2023. 19, № 2. [https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.011)

12. Serdiuk M. Ye., Priss O. P., Haprin dashvili N. A. та ін. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2020. 370 с.

13. Castellanos, D. A., Herrera, A. O. Mathematical models for the representation of some physiological and quality changes during fruit storage. *Journal of Postharvest Technology*. 2015. 3(01), 18-35.