

UDC 631.563:631.526:635.6

**THE INTENSITY OF THE BREATH OF BRUSSELS SPROUTS DURING STORAGE, DEPENDING ON THE TYPE OF PACKAGING****Pusik L.M., Bondarenko V.A.**

Kharkiv National Technical University of Agriculture nd. a Petro Vasylenko

Alchevskikh street, 44, Kharkov, Ukraine, 61000

E-mail: ludapusik@gmail.com

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-84-92>

**The aim of researchers.** The conducted researches were aim at the scientific substantiation of the influence of weather conditions of the growing season of Brussels sprout, the type of packaging on the intensity of breathing during storage. **Methods.** General science: 1. Method of hypotheses – compilation of experimental schemes; 2. Method of experiment – schemes of field and laboratory experiments; 3. The method of analysis and synthesis – the formation of conclusions and generalizations, calculation and analytical. **Results.** It was found that the intensity of respiration depended on the weather conditions in which the formation of heads occurred. The use of a polyethylene film and a stretch film made it possible to reduce the intensity of breathing and to prolong the shelf life of the product, because the packaging held off carbon dioxide released during the breath at the head and is a natural preservative. The intensity of breathing correlates with the loss of cabbage during storage. The correlation coefficient of mass loss from the breathing intensity for the hybrid F<sub>1</sub> Abakus  $r = -0.6425 \pm 0.351$ , for the Brilliant F<sub>1</sub>  $r = -0.7732 \pm 0.135$ . The regression equation, representation of loss of mass of heads of Brussels cabbage with the intensity of breath packed in PP and 05, kg of joint ventures was developed. It was established that the best describes the experimental data of the dependence of mass loss during the storage of cabbage when packaged in PP and 0.5 kg in a stretch film of a 2-order polynomial. The value of reliability is  $R^2 = 0,962 - 0,978$ . Then, when the linear dependence of  $R^2 = 0.369 - 0.618$ . **Conclusions.** In studies, the intensity of breath of Brussels cabbage at the beginning of storage during the years of research varied in the heads of the hybrid F<sub>1</sub> Abakus within 14.5–15.4 mg CO<sub>2</sub>/kg in hour. In hybrid F<sub>1</sub> Brilliant – 13.4–14.2 and higher at the heads the harvest of 2014 is 15.4 and 14.2 mg CO<sub>2</sub>/kg in year, respectively, since the pre-harvest period was characterized by elevated temperature and humidity. On average, over the years, the intensity of respiration of Abakus F<sub>1</sub> heads was 15.0 mg CO<sub>2</sub>/kg in hour, while in the Brilliant F<sub>1</sub> it was significantly lower: 13.8 mg CO<sub>2</sub>/kg in hour. The activity of catalase depends on the weather conditions of the growing season. The greater activity of cabbage heads of cabbage in Brussels at the beginning of storage was in the hybrid Abacus F<sub>1</sub>: on average, in 2012–2016, 2.0 ml of O<sub>2</sub> for 3 minutes; in Brilliant F<sub>1</sub> 20% less. The use of polyethylene film reduces the intensity of the breath of Brussels sprouts in the middle of storage by 29–30% (30 days); when packing on 1 kg in bags of the same film – by 70–75% (40 days); when packed in a stretch film of 0.5 kg – 75–78% (40 days) depending on the hybrid. At the end of storage (50–70 days), the intensity of respiration increases by 17–42% relative to the middle, depending on the type of packaging and the hybrid. The use of polyethylene liners reduces the activity of catalase in 3.2–3.3 times, packing of heads of 1 kg in packages of polyethylene film – in 2.3–2.5 times, and packing by 0.5 kg in a stretch film – in 1.6–1.7 times depending on the hybrid.

**Key words:** Brussels sprouts, the intensity of breathing, catalase, packaging, the duration of storage

**ІНТЕНСИВНІСТЬ ДИХАННЯ КАПУСТИ БРЮССЕЛЬСЬКОЇ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ ПАКУВАННЯ****Пузік Л.М., Бондаренко В.А.**

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61000

E-mail: ludapusik@gmail.com

**Мета.** Проведені дослідження ставили за мету наукове обґрунтування впливу погодних умов вегетаційного періоду капусти брюссельської, виду пакування на інтенсивність дихання під час зберігання. **Методи.** Загальнонаукові: 1. метод гіпотез – складання схем дослідів; 2. метод експерименту – схеми польових і лабораторних дослідів; 3. метод аналізу та синтезу – формування висновків і узагальнень, розрахунково-аналітичні. **Результати.** Встановлено, що інтенсивність дихання залежала від погодних умов, за яких відбувалося формування головок. Використання плівки поліетиленової та стретч-плівки дозволило знизити інтенсивність дихання і подовжити тривалість зберігання продукції за рахунок того, що пакування затримувало біля головок діоксид вуглецю, що виділяється під час дихання і є природним консервантом. Інтенсивність дихання корелює з втратою маси капусти під час зберігання. Коефіцієнт кореляції втрати маси від інтенсивності дихання для гібрида Абакус  $F_1$   $r = -0,6425 \pm 0,351$ , для Брілліант  $F_1$   $r = -0,7732 \pm 0,135$ . Розроблено рівняння регресії, уявлення втрати маси головок капусти брюссельської за інтенсивності дихання упакованої у ПП та 05, кг СП. Встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані залежності втрати маси під час зберігання капусти при пакуванні У ПП та 0,5 кг у стретч-плівку поліном 2 порядку. Величина достовірності  $R^2 = 0,962 - 0,978$ . Тоді як при прямолінійній залежності  $R^2 = 0,369 - 0,618$ . **Висновки.** У дослідженнях інтенсивність дихання капусти брюссельською на початку зберігання впродовж років досліджень коливалася у головок гібрида Абакус  $F_1$  в межах 14,5–15,4 мг  $CO_2/kg \cdot год$ , у Брілліанта  $F_1$  – 13,4–14,2 і вищою була у головок врожаю 2014 р. – 15,4 та 14,2 мг  $CO_2/kg \cdot год$  відповідно, оскільки передзбиральний період характеризувався підвищеними температурою та вологістю повітря. У середньому за роки досліджень інтенсивність дихання головок Абакуса  $F_1$  становила 15,0 мг  $CO_2/kg \cdot год$ , у Брілліанта  $F_1$  вона була істотно нижча: 13,8 мг  $CO_2/kg \cdot год$ . Активність каталази залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Більша активність каталази головок капусти брюссельською на початку зберігання була у гібрида Абакус  $F_1$ : в середньому за 2012–2016 рр. 2,0 мл  $O_2$  за 3 хв.; у Брілліанта  $F_1$  на 20 % менше. Застосування плівки поліетиленової знижує інтенсивність дихання капусти брюссельської в середині зберігання на 29–30 % (30 діб); при фасуванні по 1 кг у мішки з цієї ж плівки – на 70–75 % (40 діб); при пакуванні у стретч-плівку по 0,5 кг – на 75–78 % (40 діб) залежно від гібрида. В кінці зберігання (на 50–70-ту добу) інтенсивність дихання порівняно із серединою підвищується на 17–42 % залежно від виду пакування та гібрида. Застосування вкладок поліетиленових знижує активність каталази в 3,2–3,3 рази, фасування головок по 1 кг у пакети з плівки поліетиленової – у 2,3–2,5 рази, фасування по 0,5 кг у стретч-плівку – в 1,6–1,7 рази залежно від гібрида.

**Ключові слова:** капуста брюссельська, інтенсивність дихання, каталаза, пакування тривалість зберігання

**Вступ.** Усі процеси, що відбуваються в плодах і овочах під час зберігання, пов'язані з диханням, інтенсивність якого залежить від об'єктивного стану овочів. Процес дихання головок капусти брюссельської забезпечує їх енергією, одержаною за рахунок окислення біологічних субстратів, що містяться в клітинах. При диханні вивільняється енергія, накопичена капустою під час її росту та формування. Саме тому інтенсивність дихання безпосередньо залежить від сорту, абіотичних умов вирощування, режиму та способів транспортування і зберігання, характеру й виду механічних пошкоджень, хвороб та інших факторів. Чим інтенсивніше дихають овочі, тим швидше відбувається гідроліз і втрати вуглеводів і води, виникають захворювання та функціональні розлади, зростають загальні втрати (Pusik, L.M., Koltunov, V.A., 2015). Овочі, які надходять на тривале зберігання до овочесховищ, відрізняються за

фізіологічним станом, оскільки їх не сортують і не калібрують. Ось чому визначення характерних особливостей процесу дихання протягом зберігання головок капусти брюссельської є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій з досліджуваної теми.** Складні процеси життєдіяльності свіжих овочів, плодів і ягід не припиняються на всіх етапах їх зберігання – в дорозі, сховищах та інших умовах. Відомо, що після збирання овочів у них протікають різноманітні – спочатку метаболічні, потім метаболічні і частково анаболічні процеси, які певною мірою є продовженням процесів, що мали місце до збирання. Проте в цілому, фізіологія зібраних плодів є, головним чином, фізіологією їх дозрівання, старіння і запрограмованої загибелі (Koltunov, V.A., 2004). Внаслідок порушення метаболізму, несприйнятливості плодів до збудників хвороб та їхня здатність до зберігання знижу-

ються (Pusik, L.M., Hordiienko, I.M., 2011). Уміле регулювання фізіологічних процесів лежить в основі методів і способів зберігання плодів і ягід, спрямованих на зниження втрат і збереження якості продукції. Знаючи закономірності, які відбуваються в об'єктах зберігання, можна застосовувати науково обґрунтовані системи заходів для забезпечення кількісного і якісного зберігання продукції.

Основним і найбільш точним показником життєдіяльності плодів є процес дихання. Всі метаболічні перетворення в плодах можуть здійснюватись тільки завдяки постійному і безперервному притоку енергії, що вивільняється в процесі дихання. Між диханням і зберіганням існує глибокий зв'язок, оскільки будь-яка дія, що підвищує енергію дихання плоду, стимулює досягання (Smetanska I., Khiuskens-Kail S. 2004).

Дихання – процес, в результаті якого запасні органічні речовини розкладаються до простих кінцевих продуктів з вивільненням енергії та діоксиду вуглецю. Вивільнена енергія є теплом, що підвищує температуру маси продукції (Irtwange, S.V., 2006). Капуста брюссельська, броколі і цвітна характеризуються, порівняно з іншими видами капусти, вищою інтенсивністю дихання при 0°C: 7,4 і 6,8 мг CO<sub>2</sub> на 1 кг за 1 годину відповідно. Згідно даних S. V. Irtwange (Irtwange, S.V., 2006) інтенсивність дихання капусти білоголової за 15 °C становила: – в межах 10–20 мг CO<sub>2</sub>/кг · год., цвітної – 20–40, броколі – 40–60 мг CO<sub>2</sub>/кг · год.

Швидке охолодження плодів після збирання призводить до зменшення інтенсивності дихання, зниження розпаду органічних речовин, внаслідок чого продукти довше зберігають свої смакові й харчові властивості. При швидкому охолодженні плодів інтенсивність дихання зменшується у 2–6 разів. Температура нижча нуля не зупиняє процес дихання, але сильно його уповільнює. Однак, при цьому різні види і сорти плодів мають індивідуальні особливості в дихальному газообміні (Smetanska I., Khiuskens-Kail S., 2004).

Важливим фактором впливу на фізіолого-біохімічні процеси, що протікають у капусті під час зберігання, є склад повітря. В упаковці різної місткості з плівки поліетиленової завтовшки 30–60 мкм створюється модифіковане газове середовище (МГС), що містить 3–7 % CO<sub>2</sub> та 5–16 % O<sub>2</sub> (Pusik, L.M., Hordiienko, I.M., 2011). МГС за холодильного зберігання гальмує розвиток збудників псування, затримує пророс-

тання, знижує втрати маси. В. А. Колтунов та співавтори (Koltunov, V.A., Serdiuk, T.L., 2004). відмічають переваги зберігання головок капусти брюссельської сорту Геркулес 1342 у ящиках із вкладками поліетиленовими у холодильнику: природні втрати маси через 4 місяці становили 5,3 %. При зберіганні в МГС ці процеси значно гальмувалися. У своїх дослідженнях С. Г. Ліа із співробітниками (Ліа, С.Г., Ху, С.Л., 2009). встановили, що пакування броколі у плівку поліетиленову неперфоровану дозволяло зберегти якість головок упродовж 13 діб при 4 °C та 3-х діб при 20 °C, у перфоровану – впродовж 23 діб при 4 °C та п'ять діб за температури 20 °C. Ці результати були підтверджені N. Rangkadilok із співробітниками (Rangkadilok N., Tomkins B., 2002). Дослідженнями W. Hu (Hu, W., Jiang, A., 2007). також підтверджено, що зберігання різних видів капусти у пакетах з плівки перфорованої дозволяє краще зберегти їхній зовнішній вигляд, смак та вміст аскорбінової кислоти.

При зберіганні овочевої продукції використовують герметичні пакети поліетиленові місткістю до 1–2 кг. В результаті дихання продукції в пакетах збільшується кількість CO<sub>2</sub> і зменшується вміст O<sub>2</sub>. Таке зберігання при певному співвідношенні маси продукції до об'єму упаковки через певний проміжок часу створює всередині вакуум, при якому плівка щільно прилягає до продукції. Цей метод отримав назву «біологічний вакуум» (Pusik, L.M., Hordiienko, I.M., 2011).

Можна відмітити, що наукової інформації щодо інтенсивності фізіологічних процесів залежно від виду пакування капустяних овочів недостатньо. Тому має значення дослідити вплив ступеня виду пакування, погодних умов вегетаційного періоду капусти брюссельської на інтенсивність дихання під час зберігання.

**Мета роботи.** Проведені дослідження ставили за мету наукове обґрунтування впливу погодних умов вегетаційного періоду капусти брюссельської, виду пакування на інтенсивність дихання під час зберігання.

– дослідити вплив погодних умов вегетаційного періоду на інтенсивність дихання капусти під час зберігання;

– провести порівняльне оцінювання інтенсивності дихання капусти брюссельської під час зберігання залежно від виду пакування.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили з гібридами капусти брюссельської: Абакус F<sub>1</sub>, Бріліант F<sub>1</sub>, вирощених на дослідному

полі, розташованому в східній частині Лівобережного Лісостепу України на території Харківського району з використанням краплинного зрошення, кафедри плодовоовочівництва та зберігання ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Дослідження проводили впродовж 2014–2016 рр. Вивчали вплив особливостей гібрида, погодних умов вегетаційного періоду і виду пакування на інтенсивність дихання качанчиків капусти брюссельської під час зберігання.

На зберігання закладали стандартну продукцію. Перед зберіганням головки капусти брюссельської охолоджували до температури зберігання. Зберігання проводили згідно з «Методическими рекомендаціями по храненію плодів, овочей і винограда» (Dzheneuev, S., YU. і dr., 1998). Капусту зберігали у холодильній камері Polair Standard KXH-8,81 за температури  $0 \pm 1$  °C та відносної вологості повітря 90–95 % у ящиках полімерних №6 (ОСТ 10-15-86). Маса середнього зразка 4 кг (Tekhnichni umovy: DSTU 1915-91).

Відокремлені головки капусти брюссельської зберігали: 1) в ящиках без упаковки – контроль; з пакуванням: 2) в ящиках, вистелених плівкою поліетиленовою завтовшки 40 мкм, 3) у пакетах поліетиленових з тієї ж плівки по 1 кг, 4) у лотках зі спіненого полістеролу, загорнутих у стретч-плівку завтовшки 8 мкм і розфасованих по 0,5 кг.

Спостереження проводили у динаміці через 10 діб. Відбір і підготовку проб до аналізів здійснювали згідно з ДСТУ ISO 874–2002 (DSTU ISO 874-2002). Інтенсивність дихання за температури зберігання – за В. М. Найченком (Naichenko, V.M., Zamorska, I.L., 2010), активність каталази – за О. І. Єрмаковим (Ermaikov A. I. і dr., 1987).

**Результати досліджень.** Встановлено, що інтенсивність дихання залежала від погодних умов, за яких відбувалося формування головок. У дослідженнях інтенсивність дихання капусти брюссельською на початку зберігання впродовж років досліджень коливалася у головок гібрида Абакус  $F_1$  в межах 14,5–15,4 мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ , у Брілліанта  $F_1$  – 13,4–14,2 і вищою була у головок врожаю 2014 р. – 15,4 та 14,2 мг

$\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$  відповідно, оскільки передзбиральний період характеризувався підвищеними температурою та вологістю повітря. У середньому за роки досліджень інтенсивність дихання головок Абакуса  $F_1$  становила 15,0 мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ , у Брілліанта  $F_1$  вона була істотно нижча: 13,8 мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$  (рис. 1).

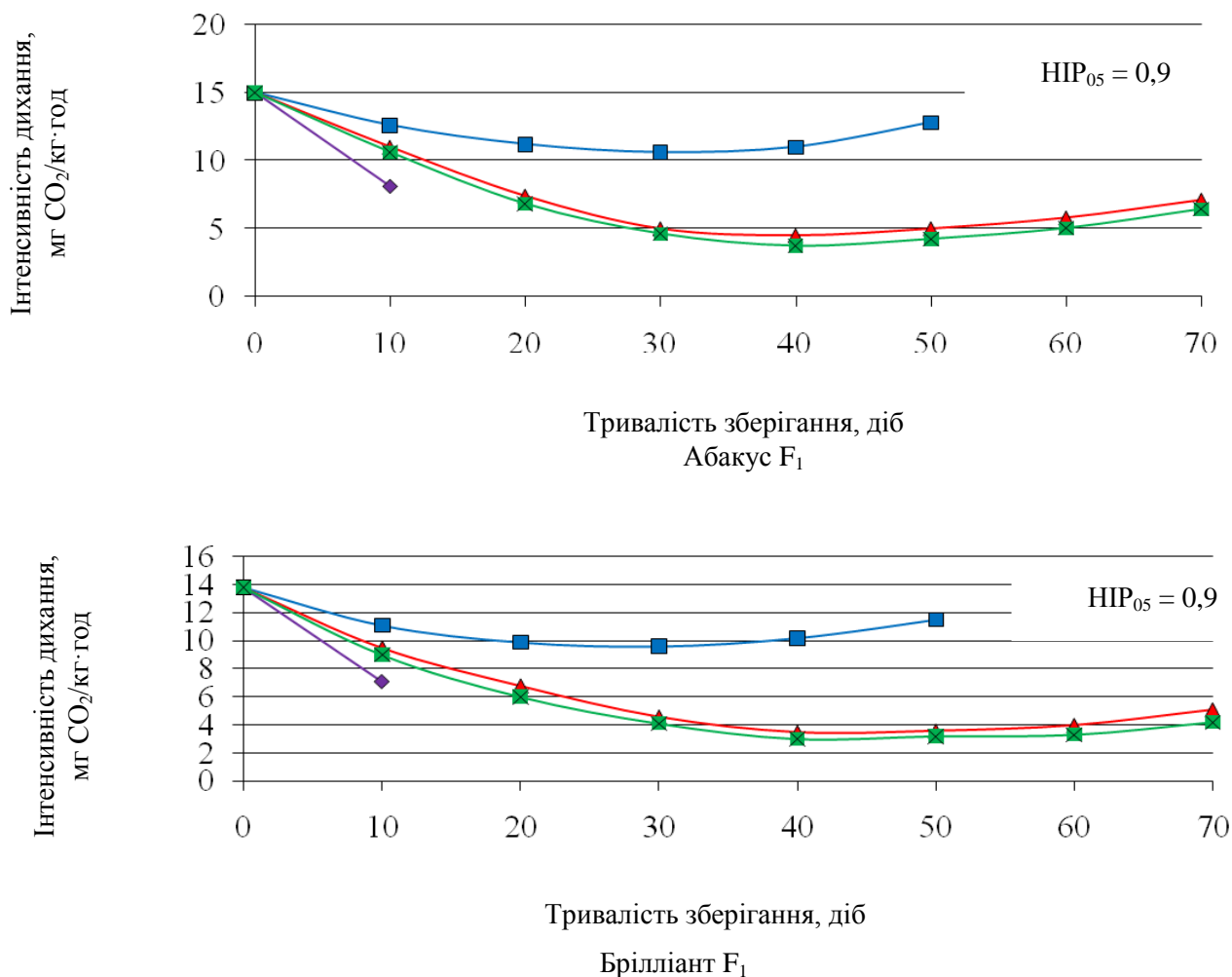
При подальшому зберіганні головок капусти брюссельської без упаковки інтенсивність дихання знижувалася (рис. 1) і в кінці зберігання (через 10 діб) становила 8,1 мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$  у Абакуса  $F_1$  і 7,1 мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$  у Брілліанта  $F_1$ , що нижче від початкової відповідно на 46 та 49 %. Різниця між варіантами впродовж 2012–2016 рр. була істотною ( $\text{HIP}_{05} = 0,9$  мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ ).

Використання плівки поліетиленової та стретч-плівки дозволило знизити інтенсивність дихання і подовжити тривалість зберігання продукції за рахунок того, що пакування затримувало біля головок діоксид вуглецю, що виділяється під час дихання і є природним консервантом.

У середньому за роки досліджень застосування вкладок поліетиленових знижувало інтенсивність дихання головок капусти брюссельської в середині зберігання (на 30-ту добу) порівняно з початком на 29 % у Абакуса  $F_1$  та на 30 % у Брілліанта  $F_1$  (рис. 1).

Капуста, що була розфасована по 1 кг у мішки з цієї ж плівки, в процесі зберігання (на 40-ву добу) мала нижчу інтенсивність дихання порівняно з початком: у Абакуса  $F_1$  на 70 % та у Брілліанта  $F_1$  на 75 %. Фасування по 0,5 кг у стретч-плівку зумовило зниження інтенсивності дихання продукції у Абакуса  $F_1$  на 75 %, у Брілліанта  $F_1$  – на 78 % на 40-ву добу.

У кінці зберігання капусти брюссельської у варіантах із застосуванням пакування спостерігалось підвищення інтенсивності дихання порівняно із серединою (на 30–40-ву добу) (рис. 1). Також підвищення інтенсивності дихання капусти білоголової в кінці зберігання спостерігав у своїх дослідженнях В. В. Хареба (Khareba, V.V., 2001).



**Рисунок 1.** Динаміка інтенсивності дихання головок капусти брюссельської залежно від виду пакування та гібрида (2014–2016 рр.):

—◆— Контроль; —■— ПП; —▲— 1 кг ПП; —■— 0,5 кг СП.

А оскільки капуста брюссельська, як і білоголова, відноситься до дворічних рослин і має однакову з нею будову головки, то підвищення інтенсивності дихання в кінці зберігання можна пояснити прискоренням метаболічних процесів у бруньках, що знаходяться на верхівках внутрішніх качанчиків (Varabash. O.Yu., Dydiv. O.Y., 2008). У середньому за 2014–2016 рр. у варіантах із застосуванням вкладок із плівки інтенсивність дихання головок у кінці зберігання порівняно із серединою (30 діб) підвищилася у гібрида Абакус F<sub>1</sub> на 17 %, у Брілліанта F<sub>1</sub> – на 17 %. У варіантах із фасуванням по 1 кг у плівці інтенсивність дихання порівняно з серединою зберігання (40 діб) підвищилася в Абакуса F<sub>1</sub> на 37 %, у Брілліанта F<sub>1</sub> – на 31 %. При пакуванні по 0,5 кг у стретч-плівку інтенсивність

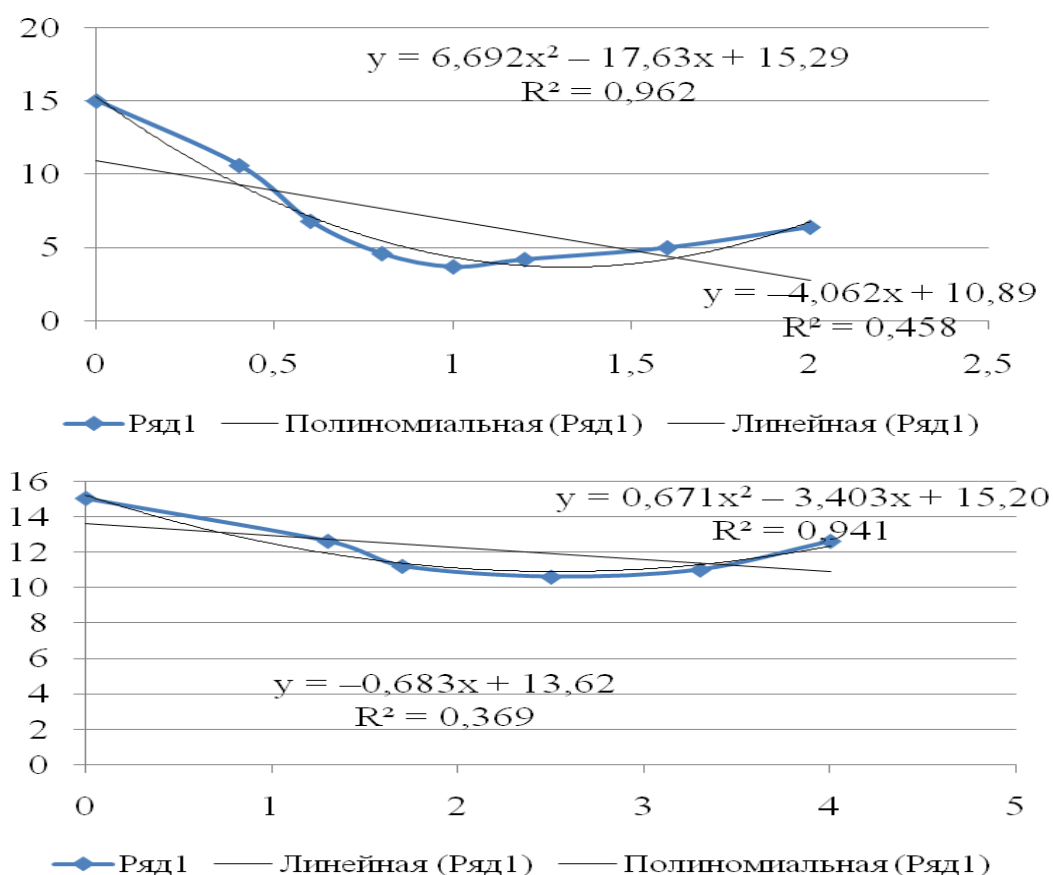
дихання у гібрида Абакус F<sub>1</sub> в кінці зберігання підвищилася порівняно з серединою (40 діб) на 42 %, у Брілліанта F<sub>1</sub> – на 29 %. Дисперсійним аналізом встановлено переважаючий вплив тривалості зберігання (фактор С) на інтенсивність дихання головок капусти брюссельської – 55%.

Слід відмітити, що одним з інших факторів, що впливали на інтенсивність дихання головок капусти брюссельської під час зберігання було зачищення їх від поверхневих листків, вражених хворобами. Поверхневі листки більш жорсткі, мають восковий наліт, який знижує інтенсивність дихання (Syryi M. M., Kulieshov M. M., 2006). Нижні листки більш ніжні і мають підвищену інтенсивність дихання.

Інтенсивність дихання корелює з втратою маси капусти під час зберігання. Коефіцієнт кореляції втрати маси від інтенсивності дихання для гібрида Абакус F<sub>1</sub>  $r = -0,6425 \pm 0,351$ , для Брілліант F<sub>1</sub>  $r = -0,7732 \pm 0,135$

Розроблено рівняння регресії, уявлення втрати маси головок капусти брусельської за інтенсивності дихання упакованої у ПП та 05, кг СП.

При подальшому проведенні регресійного аналізу було встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані залежності втрати маси під час зберігання капусти при пакуванні у ПП та 0,5 кг у стретч-плівк поліном 2 порядку (табл. 1). Величина достовірності  $R^2 = 0,962 - 0,978$ . Тоді як при прямолінійній залежності  $R^2 = 0,369 - 0,618$  (рис. 2).



**Рисунок 2.** Залежність втрати маси капусти Абакус F<sub>1</sub> від інтенсивності дихання залежно від виду пакування під час зберігання:

а – 5,0 кг СП; б – ПП.

**Таблиця 1.** Залежність втрати маси капусти від інтенсивності дихання залежно від виду пакування під час зберігання

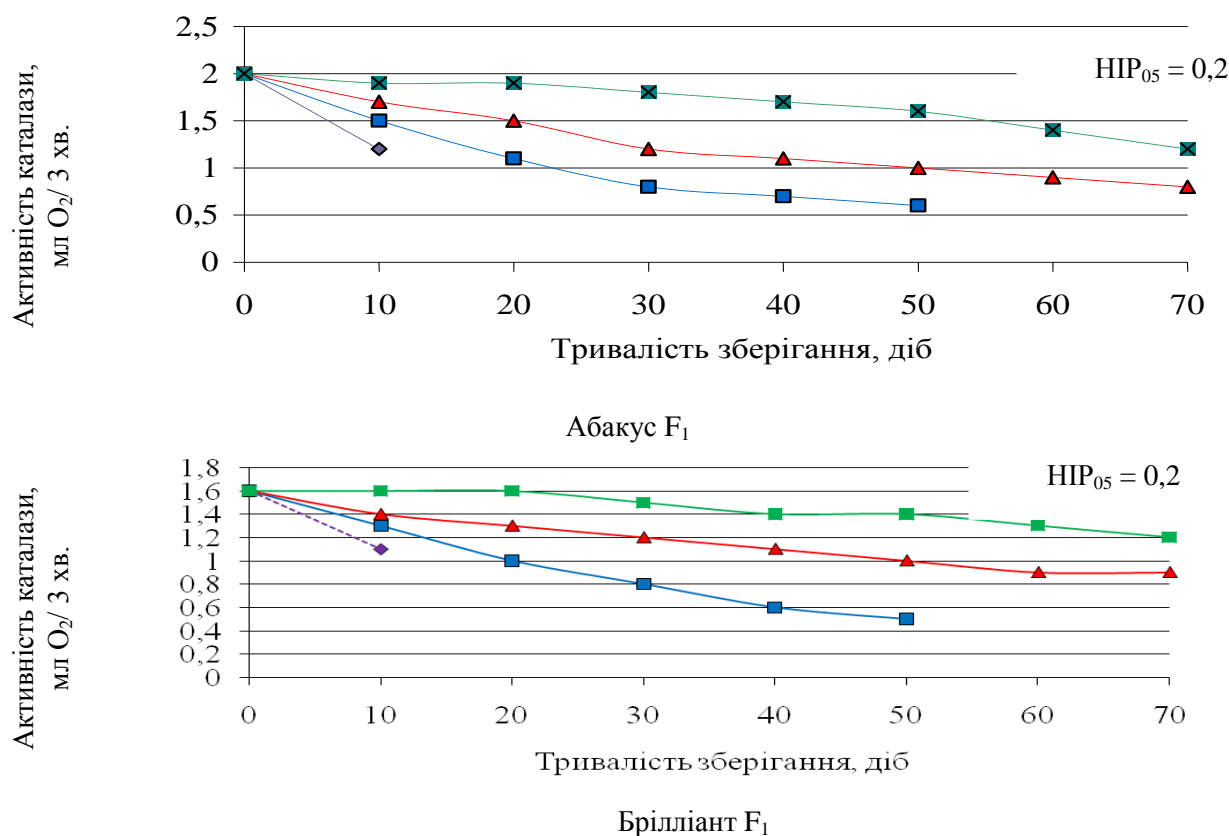
Вид пакування	Залежність			
	Лінійна	R <sup>2</sup>	Поліноміальна	R <sup>2</sup>
Абакуса F <sub>1</sub>				
ПП	$Y = -0,683x + 13,62$	0,369	$Y = 0,671x^2 - 3,403x + 15,20$	0,941
0,5кг СП	$Y = -4,062x + 10,89$	0,458	$Y = 6,692x^2 - 17,63x + 15,29$	0,962
Брілліанта F <sub>1</sub>				
ПП	$Y = -1,268x + 12,62$	0,618	$Y = 0,980x^2 - 4,114x + 13,86$	0,982
0,5кг СП	$Y = -5,112x + 9,659$	0,577	$Y = 9,181x^2 - 20,0x + 13,11$	0,978

Де у – втрати маси капусти брусельської,%; x – інтенсивність дихання

Процес дихання рослинної клітини складається з анаеробної та аеробної фаз. Анаеробне дихання, інтенсивність якого незначна, завжди супроводжує аеробне, тому що у внутрішніх тканинах овочів може виникнути дефіцит вмісту кисню, як, наприклад, під час зберігання у МГС, яке створюється за допомогою упаковки (Pusik, L.M., Hordiienko, I.M., 2011). Під час аеробного дихання утворюється перекис водню, який чинить руйнівну дію на клітинні структури. Каталаза – фермент, що розкладає перекис водню на воду і молекулярний кисень (Rubin V.A., 1996).

Установлено, що активність каталази залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Більша активність каталази головок капусти брюссельською на початку зберігання була у гібрида Абакус F<sub>1</sub>: в середньому за 2012–2016

рр. 2,0 мл O<sub>2</sub> за 3 хв.; у Бріліанта F<sub>1</sub> на 20 % менше. Різниця між гібридами була істотною (HIP<sub>05</sub> = 0,2 мл O<sub>2</sub>/ 3 хв.) (рис. 3) у першій половині зберігання. Вища активність каталази спостерігалася у головках врожаю 2014 р.: у Абакуса F<sub>1</sub> 2,5 та у Бріліанта F<sub>1</sub> 1,8 мл O<sub>2</sub> за 3 хв. Як упродовж років досліджень, так і в середньому за 2014–2016 рр. активність каталази на 6–9-й хвилині збільшувалася до 2,3–2,5 мл O<sub>2</sub> у головках гібрида Абакус F<sub>1</sub> і до 1,8–2,2 у Бріліанта F<sub>1</sub>. При подальшому зберіганні капусти брюссельської без упаковки активність каталази зменшувалася за 3 хв. на 40 % у Абакуса F<sub>1</sub> і на 31 % у Бріліанта F<sub>1</sub>. На 6–9-й хвилині активність каталази продовжувала знижуватися. Різниця між варіантами була неістотна (рис. 3).



**Рисунок 3.** Динаміка активності каталази у головках капусти брюссельської залежно від виду пакування та гібрида (2014–2016 рр.)

При застосуванні вкладок поліетиленових інтенсивність дихання головок була підвищеною, тому активність каталази у середині зберігання (на 30-ту добу) у гібрида Абакус F<sub>1</sub> зме-

ншилася порівняно з початком на 60 % та у Бріліанта F<sub>1</sub> на 50 %. При фасуванні головок у пакети з плівки поліетиленової по 1 кг активність каталази (на 40-ву добу) зменшувалася у

Абакуса  $F_1$  на 45 %, у Бріллянта  $F_1$  – на 38 %; при фасуванні по 0,5 кг у стретч-плівку (на 40-ву добу) – відповідно на 15 та 13 %.

У кінці зберігання (на 50-ту добу) у варіантах із вкладками поліетиленовими активність каталази порівняно з серединою (30 діб) знизилася на 25 % у Абакуса  $F_1$  та на 38 % у Бріллянта  $F_1$ , при фасуванні по 1 кг у плівку на 70-ту добу – відповідно на 27 та 18 % (порівняно із 40-вою добою), по 0,5 кг у стретч-плівку на 70-ту добу – відповідно на 29 і 14 % (порівняно із 40-вою добою) (рис. 3).

Тепловиділення продукції капусти брюссельської відбувалося відповідно до інтенсивності дихання. Тепловиділення капусти брюссельської по роках досліджень коливалося перед зберіганням від 146,9 до 168,8 кДж/кг·год залежно від гібрида і в середньому за 2012–2016 рр. було більшим у Абакуса  $F_1$  – 164,4 кДж/кг·год. При зберіганні без упаковки інтенсивність тепловиділення зменшувалася внаслідок зниження інтенсивності дихання в 1,8–2,0 раза залежно від гібрида.

При застосуванні пакувальних матеріалів тепловиділення головок капусти брюссельської в середині зберігання знижувалося: в 1,4 раза (на 30-ту добу) у варіантах з вкладками поліетиленовими, за зберігання по 1 кг у плівці завтовшки 40 мкм – в 3,4–3,8 (на 40–50-ту добу), за зберігання у стретч-плівці по 0,5 кг – в 4,0–4,4 раза (на 40–50-ту добу). У кінці зберігання (на 50–90-ту добу) тепловиділення було підвищеним порівняно з серединою в 1,2–1,7 раза залежно від виду пакування та гібрида.

**Висновки.** Установлено, що інтенсивність дихання залежала від погодних умов, за яких відбувалося формування качанчиків. У дослідженнях інтенсивність дихання капусти брюссельською на початку зберігання впродовж років досліджень коливалася у головок гібрида Абакус  $F_1$  в межах 14,5–15,4 мг  $\text{CO}_2$ /кг·год, у Бріллянта  $F_1$  – 13,4–14,2 і вищою була у головок врожаю 2014 р. – 15,4 та 14,2 мг  $\text{CO}_2$ /кг·год відповідно, оскільки передзбиральний період характеризувався підвищеними температурою та вологістю повітря. У середньому за роки досліджень інтенсивність дихання головок Абакуса  $F_1$  становила 15,0 мг  $\text{CO}_2$ /кг·год, у Бріллянта  $F_1$  вона була істотно нижча: 13,8 мг  $\text{CO}_2$ /кг·год. Активність каталази залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Більша активність каталази головок капусти брюссельською на початку зберігання була у гібрида

Абакус  $F_1$ : в середньому за 2012–2016 рр. 2,0 мл  $\text{O}_2$  за 3 хв.; у Бріллянта  $F_1$  на 20 % менше.

2. Застосування плівки поліетиленової знижує інтенсивність дихання капусти брюссельської в середині зберігання на 29–30 % (30 діб); при фасуванні по 1 кг у мішки з цієї ж плівки – на 70–75 % (40 діб); при пакуванні у стретч-плівку по 0,5 кг – на 75–78 % (40 діб) залежно від гібрида. В кінці зберігання (на 50–70-ту добу) інтенсивність дихання порівняно із серединою підвищується на 17–42 % залежно від виду пакування та гібрида. Застосування вкладок поліетиленових знижує активність каталази в 3,2–3,3 раза, фасування головок по 1 кг у пакети з плівки поліетиленової – в 2,3–2,5 раза, фасування по 0,5 кг у стретч-плівку – в 1,6–1,7 раза залежно від гібрида.

## References

Barabash, O.Yu., Dydiv, O.Y., Leshchuk, N.V. (2008). Dohliad za ovochevymy kulturamy [Vegetable care]. Natsionalnyi ahrarnyi un-t, nauk.-navch. in-t roslynnystva ta gruntoznavstva, VSP NAU «Berezhanskyi ahrotekhnichnyi in-t». Kyiv: Berezhany, 122 s. Kapusta biloholova. Kyiv: Znannia Ukrainy [in Ukrainian].

Dzheneyev, S., YU. i dr. (1998). Metodicheskiye rekomendatsii po khraneniyu plodov, ovoshchey i vinograda (organizatsiya i provedeniye issledovaniy) [Methodical recommendations on the storage of fruits, vegetables and grapes (organization and conduct of research)]: pod red. S. YU. Dzheneyeva i V.I. Ivanchenko. Yalta: Institut vinograda i vina "Magarach", 152 p. [in Russian].

DSTU ISO 874-2002. Fruky i ovochi svizhi. Vidbyrannya prob [Fruits and vegetables are fresh. Sample selection.]. Kyiv, 2003. 9 p. [in Ukrainian].

Ermakov A.I. i dr. (1987). Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij [Methods of biochemical research of plants]: pod red. A. I. Ermakova. Izd. 3-e izd., pererab. i dop. Leningrad: Agropromizdat. Leningr. otd-nie, pp. 38–39 [in Russian].

Irtwange, S.V. (2006). Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables // Agricultural Engineering International: CIGR Journal, [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[https://www.researchgate.net/profile/Simon\\_Irtwange/publication/228878406\\_Application\\_of\\_Modified\\_Atmosphere\\_Packaging\\_and\\_Related\\_Technol](https://www.researchgate.net/profile/Simon_Irtwange/publication/228878406_Application_of_Modified_Atmosphere_Packaging_and_Related_Technol)



ogy\_in\_Postharvest\_Handling\_of\_Fresh\_Fruits\_and\_Vegetables/links/54b642420cf28ebe92e7c0fd.pdf [in English].

Jia, C.G., Xu, C.J., Wei, J., Yuan J., Yuan, G.F., Wang, B.L., Wang, Q.M. (2009). Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets // *Journal Food Chemistry*. Vol. 114. pp. 28–37 [in English].

Hu, W., Jiang, A., Qi, H., Pang, K., Fan, S. (2007). Effects of initial low oxygen and perforated film package on quality of freshcut cabbages // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 87. № 11. pp. 2019–2025 [in English].

Khareba, V.V. (2001). Intensyvnyist dykhannia ta teplovohovydilennia kapusty biloholovoi pry zberihanni [The intensity of respiration, heat and moisture release of white cabbage during storage] // *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. NAANU, IOB. Kharkiv*. № 46. pp. 226–229 [in Ukrainian].

Koltunov, V.A. (2004). Yakist plodoovochevoi produktsii ta yii tekhnolohiia zberihannia [Fruit and vegetable quality and storage technology] Pt. 1: Yakist ta zberezhennia kartopli ta ovochiv : monohrafiia. Kyiv: KNTEU [in Ukrainian].

Koltunov, V.A., Serdiuk, T.L., Ternova, T.A., Vitanova, O.D. (2004). Zberihannia ta pererobka kapusty briusselskoi [Storage and processing of Brussels cabbage] // *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. NAANU, IOB. Kharkiv*, № 49. pp. 194–199 [in Ukrainian].

Naichenko, V.M., Zamorska, I.L. (2010). Tekhnolohiia zberihannia i pererobky plodiv ta ovochiv [Technology of storage and processing of fruits and vegetables]: navch. posib. Uman: Sochinskyi [in Ukrainian].

Pusik, L.M., Hordiienko, I.M. (2011). Tekhnolohiia zberihannia plodiv, ovochiv ta vynohradu [Technology storage of fruits, vegetables and

grapes]: navch. posibnyk / KhNAU im. V.V. Dokuchaieva. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian].

Pusik, L.M., Koltunov, V.A., Romanov, A.V., Bondarenko, V.A. (2015) Kapustyani ovochi. Tekhnolohiia vyroshchuvannya i zberihannya. [Cabbage vegetables. The technology of growing and storage]. Monohrafiya Kharkiv, FOP Ivanchenko [in Ukrainian].

Rangkadilok N., Tomkins B., Nicolas M.E., Premier R.R., Bennett R.N., Eagling D.R., Taylor P.W.J. (2002). The Effect of Post-Harvest and Packaging Treatments on Glucoraphanin Concentration in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) // *Journal Agriculture and Food Chemistry*. № 50. pp. 7386–7391 [in English].

Rubin B.A. (1996). Kurs fiziologii rasteniy: uchebnik [The course of plant physiology]. Izd. 4-ye izd., pererab. i dop. Moskva: Vyssh. shk., 576 p. [in Russian].

Smetanska I., Khiuskens-Kail S. (2004). Pisliazybalna fiziolohiia ta tekhnolohiia zberihannia plodoovochevoi produktsii [Post harvest physiology and storage technology for fruits and vegetables] / *Universytet im. Humboldta, Nats. ahrar. un-t Ukrainy, Spilnyi yevropeiskyi proekt Tempus Tacis*. Kyiv: NAUU. 150 s [in Ukrainian].

[http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21COLORTERMS=0&S21STR=](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21COLORTERMS=0&S21STR=)

Syryi M. M., Kuliashov M. M., Hadzhyieva N. M. (2006). Biokhimiia roslyn: navch. posibnyk. [Plant biochemistry]. KhNAU im. V.V. Dokuchaieva. Kharkiv, pp. 103–104 [in Ukrainian].

Tekhnichni umovy: DSTU 1915-91. Kapusta briusselska svizha [Cabbage Brussels fresh]. Kyiv, 1992. 5 s. [in Ukrainian].