

УДК 664.8.038:678.048[635.62:635.64]

DOI: 10.15587/1729-4061.2017.117617

ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ДИХАННЯ ПЛОДОВИХ ОВОЧІВ ВПРОДОВЖ ЗБЕРІГАННЯ

О. П. Прісс

Доктор технічних наук, доцент*

E-mail: olesyapriess@gmail.com

В. В. Євлаш

Доктор технічних наук, професор

Кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

E-mail: evlashvv@gmail.com

В. Ф. Жукова

Кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач*

E-mail: zhuzhuvf@gmail.com

С. В. Кюрчев

Кандидат технічних наук, професор

Кафедра технології конструкційних матеріалів**

E-mail: dec.tgatu@ukr.net

В. О. Верхоланцева

Кандидат технічних наук, старший викладач

Кафедра обладнання переробки і
харчових виробництв ім. проф. Ф. Ю. Ялпачика**

E-mail: wer.valentina@gmail.com,

І. М. Калугіна

Кандидат технічних наук, доцент***

E-mail: ik101273@gmail.com

С. Л. Колесніченко

Кандидат технічних наук, доцент***

E-mail: svetlanalk@ukr.net

А. Д. Салавеліс

Кандидат технічних наук, доцент***

E-mail: onapta@ukr.net

О. В. Золовська

Кандидат технічних наук, доцент***

E-mail: zolovska.lena@gmail.com

Г. М. Бандуренко

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра харчових технологій
Київський кооперативний інститут бізнесу і права
вул. Ломоносова, 18, м. Київ, Україна, 03022

E-mail: gbandurenko@ukr.net

*Кафедра технології переробки і

зберігання продукції сільського господарства**

**Таврійський державний агротехнологічний університет
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Україна, 72310***Кафедра технології ресторанного і оздоровчого харчування
Одеська національна академія харчових технологій
вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

Встановлена суттєва варіативність респіраторного метаболізму за роками досліджень у огірків, кабачків і перцю; у томатів вона найнижча. Для всіх овочів, незалежно від специфіки сорту, виявлена позитивна кореляція між інтенсивністю дихання та сумою активних температур періоду вегетації. Встановлено зворотний зв'язок між дихальною активністю та кількістю опадів впродовж вегетації. Показано, що овочі після теплової обробки антиоксидантами відрізняються уповільненням дихання впродовж зберігання

Ключові слова: зберігання, овочі, теплова обробка, антиоксиданти, інтенсивність дихання, абіотичні фактори, кореляція

Установлена существенная вариативность респираторного метаболизма по годам исследований у огурцов, кабачков и перца, у томатов она самая низкая. Для всех овощей, независимо от специфики сорта, выявлена положительная корреляция между интенсивностью дыхания и суммой активных температур периода вегетации. Установлена обратная связь между дыхательной активностью и количеством осадков во время вегетации. Показано, что овощи после тепловой обработки антиоксидантами отличаются замедлением дыхания при хранении

Ключевые слова: хранение, овощи, тепловая обработка, антиоксиданты, интенсивность дыхания, абиотические факторы, корреляция

1. Вступ

За результатами досліджень, проведених групою експертів зі змін клімату Всесвітньої метеорологічної організації ООН, розвиток глобального потепління

не піддається сумнівам [1]. Зміна кліматичної активності, яка властива для даного часу, відбувається надзвичайно стрімко, що є нехарактерним для природних циклів [2]. Критична перебудова кліматоутворюючих факторів негативно позначається на якості та леж-

коздатності врожаю сільськогосподарських культур, оскільки не дозволяє біологічним видам повною мірою адаптуватися до надшвидких змін клімату [3].

З кожним роком в стресових умовах мінливого клімату розвиток овочівництва стає все складнішим, а якість плодів – мало передбачуваним явищем. Неспецифічні зміни погодно-кліматичних умов потребують проведення хронобіологічного аналізу. Без ретельних досліджень метаболічної поведінки плодів у відповідь на абіотичні чинники складно прогнозувати лежкість і збереженість пластичних речовин. Жодні інноваційні розробки та пропозиції виробникам будуть не ефективними.

На зміни погодно-кліматичних умов рослинні організми відповідають фізіологічною мінливістю [4]. Підвищення температури навколишнього середовища безпосередньо впливає на фотосинтез, що обумовлює зміну рівня цукрів, органічних кислот та фенольних речовин в плодах [5]. Сільськогосподарські культури швидко реагують на зовнішні сигнали і адаптуються до них, коригуючи механізми свого розвитку. Рослинні генофонди в ретроспективі свого розвитку сформували стійкі механізми адаптації до кліматичних коливань [6]. Генний пул овочевих культур повинен мати достатню константу міцності від наслідків зміни абіотичних факторів. Тому важливо знати критичні порогові значення абіотичних факторів, за яких є ризик втрати лежкоздатності плодів овочів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Стресові чинники, серед яких несприятливі температурні та вологісні умови, висока сонячна активність в період вирощування, відіграють вирішальну роль у формуванні лежкоздатності плодів, привносячи ризик в післязбиральну якість. Окисний стрес, якому вони піддаються в процесі вегетації, обумовлює внутріклітинне нагромадження активних форм кисню (АФК) і, як наслідок, закономірне розбалансування внутрішніх систем антиоксидантного захисту плодів.

Без реалізації додаткових заходів захисту для адаптації це може вкрай негативно відобразитися на тривалості зберігання. Інноваційні технології, які сьогодні активно впроваджуються в виробництво, передбачають післязбиральну обробку продукції антиоксидантними композиціями [7]. Застосування антиоксидантів ефективно попереджує розвиток холодового стресу в плодах під час зберігання [8]. Науковцями розроблено ряд препаратів антиоксидантної дії, обробка якими сприяє підвищенню холодової толерантності овочів [9] і фруктів [10]. Коли негативний або ушкоджуючий вплив абіотичних факторів на якість плодів овочів за зберігання перевищує ступінь адаптаційної здатності, використання екзогенних антиоксидантних обробок дозволяє знизити рівень вразливості, а також підвищити стабільність плодів в динаміці зберігання [11].

У відповідь на ушкоджуючі чинники, в плодах ініціюються специфічні процеси, які синтезують виробництво захисних речовин, наприклад, білків теплового шоку, білків-антифризів, фітохелатинів, поліамінів [12]. Таким чином, клітини, що піддалися дії одного стресового фактору (теплого), набувають стійкості до впливу інших ушкоджуючих чинників. Тобто,

відбувається кросс-адаптація. Високу ефективність показала післязбиральна теплова обробка плодів антиоксидантами [13]. Забезпечуючи плодам підпороговий стресовий стан, така обробка підвищує ендогенні механізми стійкості впродовж зберігання.

Після збирання в плодах продовжують відбуватися фізіологічні процеси життєдіяльності, найважливішим з яких є респіраторний метаболізм [14]. Інтенсивність дихання овочів впродовж зберігання є показником для кількісної оцінки реакції плодів на зміни кліматичних умов. Дослідження в цьому напрямку дозволять визначити ступінь уразливості плодів об'єктів залежно від абіотичних екстремумів. Крім того, на сьогодні не з'ясований вплив теплової обробки плодів антиоксидантами на варіабельність динаміки дихання. Вивчення цього аспекту є обов'язковим для ефективного зберігання плодоовочевої продукції.

3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень було встановити вплив абіотичних чинників на інтенсивність дихання плодів томату, перцю, огірків, кабачків впродовж зберігання. Це дозволить прогнозувати лежкоздатність кожного виду овочів і корегувати її, використовуючи теплову обробку антиоксидантами.

- Для досягнення мети були поставлені такі завдання:
- з'ясувати адаптивний потенціал плодів, аналізуючи вплив абіотичних чинників на респіраторний метаболізм впродовж зберігання;
 - дослідити механізм впливу післязбиральної теплової обробки антиоксидантами на дихальну активність плодів овочів під час зберігання;
 - проаналізувати ступінь впливу на інтенсивність дихання плодів таких факторів, як видова і сортова специфіка та метеорологічні умови вирощування.

4. Матеріали та методи дослідження

4.1. Матеріали досліджень

Дослідження виконували впродовж 2005–2012 рр. в Таврійському державному агротехнологічному університеті (м. Мелітополь, Україна). Плодові овочі вирощували в умовах краплинного зрошення на півдні Запорізької області України. Район вирощування має високу теплозабезпеченість (річна сума температур вище 10 °C становить 3400...3600) та найменшу в Україні зволоженість (річний гідротермічний коефіцієнт (ГТК) 0,5...0,7 одиниць) [15]. Поливна норма підтримувалась у межах 30–90 м³/га, у деяких випадках – 110–130 м³/га. Агротехнологічні прийоми вирощування плодів овочів – загальноприйняті для зони Сухого Степу.

Детально матеріали та методи дослідження наведено в роботі [16].

5. Результати досліджень впливу абіотичних факторів на інтенсивність дихання плодів овочів впродовж зберігання

З аналізу досліджень видно сортову специфіку в дихальній активності огірків обох гібридів. Перед збе-

ріганням рівень виділеного CO₂ у плодів гібриду Афіна майже в 2 рази вищий, ніж у Маші: 31,73 проти 16,75 мг CO₂/кг·год (табл. 1).

Таблиця 1

Інтенсивність дихання огірків до закладання на зберігання, мг CO₂/кг×год, $x \pm s_x$, $n=3$

Рік досліджень	Афіна	Маша
2005	43,87±0,87	17,06±0,60
2006	30,97±0,29	16,89±0,19
2007	22,44±0,28	16,44±0,27
2008	20,10±0,96	15,02±0,04
2009	37,39±0,27	16,91±0,05
2010	32,95±0,67	17,67±0,11
2011	25,07±0,28	14,00±0,19
2012	41,01±1,35	20,02±0,16
середнє	31,73	16,75
V, %	27,51	10,67
НІР _{0,95}	2,35	0,75
Sx, %	2,44	1,48

Варіативність у огірків Афіна суттєва, V=27,51 %, а в Маші середня, V=10,67 %. Між кількістю виділення огірками CO₂ і абіотичними факторами впродовж вирощування виявлено подібні закономірності. Максимально тісні залежності спостерігаються для САТ під час формування огірків обох гібридів (рис. 1).

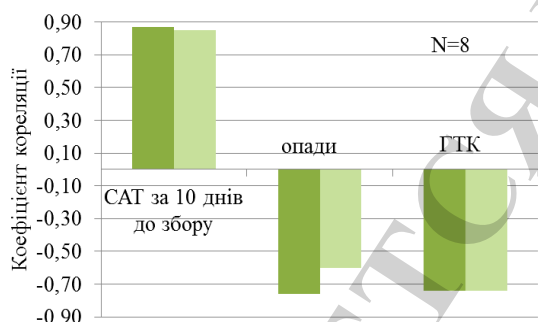


Рис. 1. Залежність інтенсивності дихання огірків від погодних факторів: ■ – Афіна; ■ – Маша

Двофакторний дисперсійний аналіз показав, що ключову роль в ІД огірків відіграє сортова специфіка (фактор А). Суттєвий вплив має рік досліджень (фактор В) та взаємодія факторів (рис. 2).

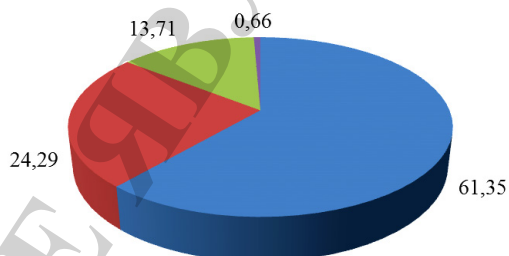


Рис. 2. Частка впливу факторів на інтенсивність дихання огірків: ■ – гібрид огірка; ■ – рік досліджень; ■ – взаємодія факторів; ■ – залишкове

Динаміка ІД впродовж зберігання огірків подібна в обох гібридах (рис. 3). У першу добу закладання на зберігання плодів відбувається сповільнення ІД в усіх варіантах, що пояснюється природною відповіддю тканин огірка на зниження температури [17].

Кабачки характеризуються високою дихальною активністю [7]. Як показали дослідження, на ІД під час закладання в холодильну камеру, аналогічно огіркам, впливає сортова специфіка та умови вирощування (табл. 2).

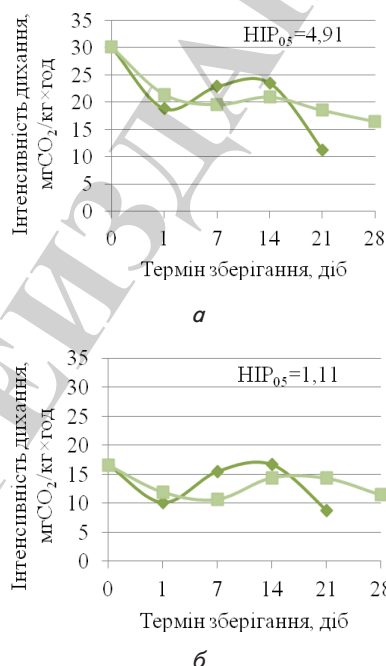


Рис. 3. Динаміка інтенсивності дихання огірків: а – Афіна; б – Маша; ◆ – контроль; ■ – теплова обробка Хл+І+Л

Таблиця 2

Інтенсивність дихання кабачків до закладання на зберігання, мг CO₂/кг×год, $x \pm s_x$, $n=3$

Рік досліджень	Кавілі	Таміно
2005	56,54±0,85	70,55±0,75
2006	29,03±1,00	51,05±0,97
2007	32,90±0,28	61,06±0,43
2008	58,84±0,81	69,16±0,56
2009	36,51±0,18	55,47±0,67
2010	34,15±0,20	57,06±0,76
2011	16,87±0,23	40,80±0,58
2012	44,56±0,18	61,90±0,62
середнє	38,68	58,38
V, %	36,40	16,59
НІР _{0,95}	1,72	1,78
Sx, %	1,46	1,00

Залежність ІД кабачків від абіотичних факторів доведена високою кореляцією (рис. 4).

Отримані залежності по силі і направленості подібні до огірків. На ІД кабачків більшою мірою впливає рік досліджень (фактор В), при сильному значущому впливі гібриду (фактор А) (рис. 5).

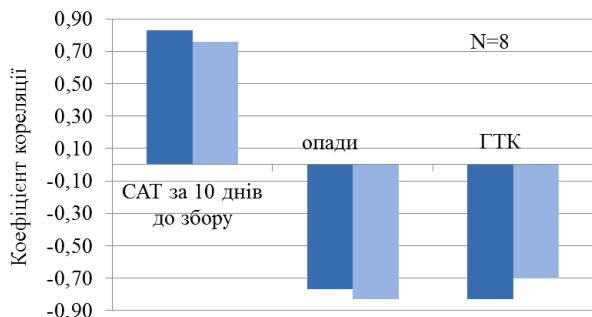


Рис. 4. Залежність інтенсивності дихання кабачків від погодних факторів: ■ – Кавалі; ■ – Таміно

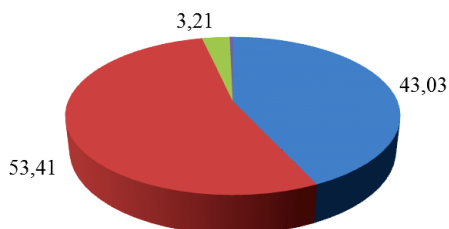


Рис. 5. Частка впливу факторів на інтенсивність дихання кабачків: ■ – гібрид кабачка; ■ – рік досліджень; ■ – взаємодія факторів; ■ – залишкове

Природною моделлю дихання впродовж зберігання некліматеричних плодів є повільне зниження незалежно від температури у стійких до охолодження плодів та при охолодженні вище температури холодового порогу у чутливих до охолодження [18].

Інші особливості динаміки ІД виявлено впродовж зберігання кабачків (рис. 6).

Плоди перцю відрізняються середнім рівнем ІД [19]. За результатами, ІД плодів одразу після збирання складала близько 43 мг CO₂/кг×год, проте варіативність за роками досліджень була суттєвою: V=37% (табл. 3).

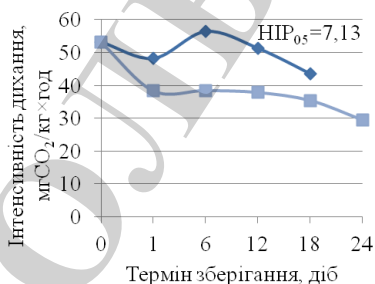
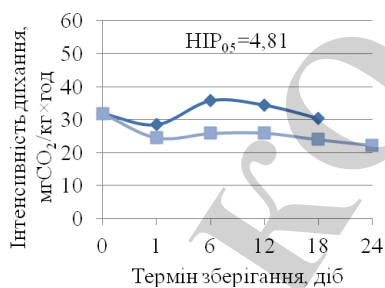


Рис. 6. Динаміка інтенсивності дихання кабачків: а – Кавалі; б – Таміно; ◆ – контроль; ■ – теплова обробка Хл+І+Л

Таблиця 3
Інтенсивність дихання перцю до закладання на зберігання, мг CO₂/кг×год, $\bar{x} \pm Sx$, $n=3$

Рік досліджень	Геркулес	Нікіта
2005	42,23±0,81	49,51±0,74
2006	35,84±0,89	29,37±1,12
2007	70,92±1,64	77,45±1,96
2008	53,45±1,26	63,25±0,62
2009	22,17±0,50	30,02±1,20
2010	43,32±0,44	47,22±2,39
2011	39,32±1,08	31,73±0,83
2012	24,64±0,26	41,16±0,46
середнє	41,49	46,21
V, %	37,64	37,11
НІР _{0,95}	3,03	3,90
Sx, %	2,40	2,78

Тісний кореляційний зв'язок між ІД і погодними умовами виявлено з сумою активних температур формування і дозрівання плодів: $r=0,95$ для Геркулеса та $0,92$ для Нікіти (рис. 7).

Двофакторний аналіз вказує на суттєву залежність між умовами вирощування та рівнем ІД. Частка впливу даного фактору складає більше 90% (рис. 8).

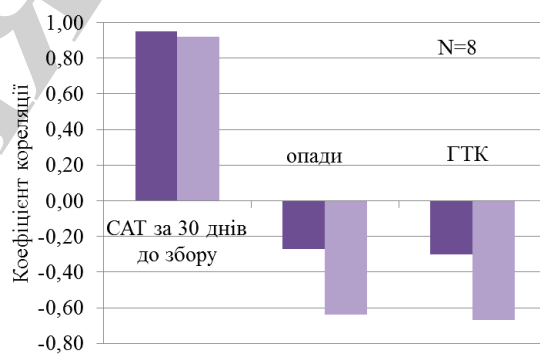


Рис. 7. Залежність інтенсивності дихання перцю від погодних факторів: ■ – Геркулес; ■ – Нікіта

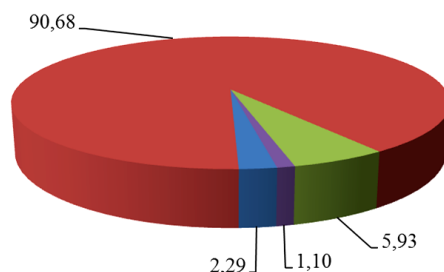


Рис. 8. Частка впливу факторів на інтенсивність дихання перцю: ■ – гібрид перцю; ■ – рік досліджень; ■ – взаємодія факторів; ■ – залишкове

Як відомо, перець залежно від виду і сорту може відноситись до кліматеричної та не кліматеричної групи плодів [20]. Різні науковці спостерігали появу кліматеричних підйомів дихальної амплітуди при дослідженні плодів у неповній стадії стиглості та продовж вирощування [21, 22]. За даними, характерною особливістю респіраторної кривої в оброблених пло-

дах є відсутність дихального підйому впродовж всього періоду зберігання (рис. 9).

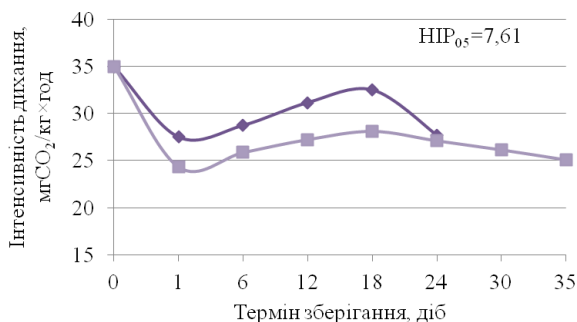


Рис. 9. Динаміка інтенсивності дихання перцю гібриду Геркулес: — контроль; — теплова обробка Хр+І+Л

На ІД томатів значно впливає сорт, ступінь стиглості та температура зберігання [23]. Встановлено, що ІД томатів одразу після збирання складає близько 10 мг CO₂/кг×год. Коефіцієнт варіації несуттєвий для Новачка (V=8,32) та середній для Рио Гранде – V=13,3 % (табл. 4).

Таблиця 4

Інтенсивність дихання томатів до закладання на зберігання, мг CO₂/кг×год, $\bar{x} \pm s.x$, n=3

Рік досліджень	Рио Гранде	Новачок
2005	12,33±0,38	10,35±0,27
2006	12,60±0,57	10,49±0,11
2007	10,90±0,03	10,54±0,24
2008	10,79±0,34	10,55±0,58
2009	10,48±0,55	9,77±0,49
2010	9,65±0,32	9,03±0,67
2011	8,11±0,30	8,51±0,27
2012	10,73±0,38	9,09±0,25
середнє	10,70	9,79
V, %	13,29	8,32
HIR _{0,95}	1,22	1,29
Sx, %	3,74	4,35

Більш тісні кореляційні зв'язки між ІД та погодними факторами спостерігаються з САТ під час формування і дозрівання плодів: r=0,90 для Новачка та 0,58 для Рио Гранде (рис. 10).

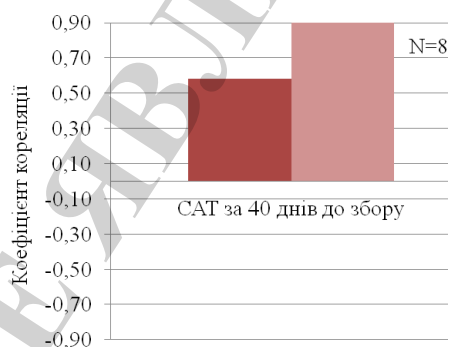


Рис. 10. Залежність інтенсивності дихання томатів від погодних факторів: ■ – Новачок; ■ – Рио Гранде

Частка впливу фактора умов вегетації на рівень дихання становить більше 58 % (рис. 11).

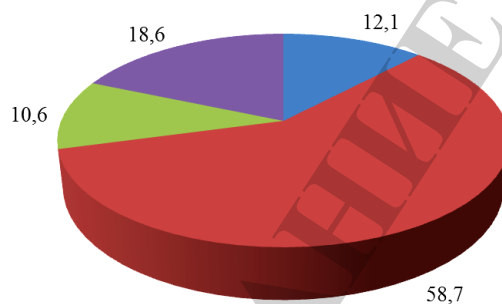


Рис. 11. Частка впливу факторів на інтенсивність дихання томатів: ■ – сорт томатів; ■ – умови вегетації; ■ – взаємодія факторів; ■ – залишкове

Порівнюючи досліджувані види овочів, видно, що лише томати є безумовно клімактеричними (рис. 12).

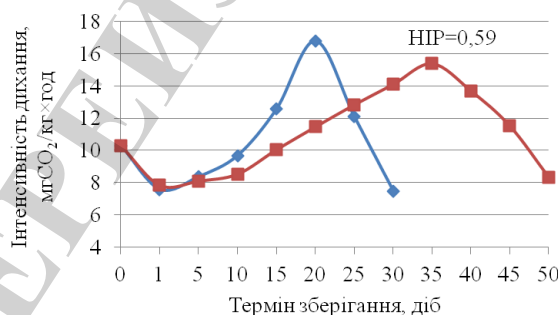


Рис. 12. Динаміка інтенсивності дихання томатів сорту Рио Гранде: — контроль; — теплова обробка Хр+І+Л

Дослідженнями зафіксовано клімактерикс впродовж зберігання томатів. Пік дихальної активності у контрольних зразків припадає на 20 добу.

6. Обговорення результатів дослідження впливу абіотичних факторів на інтенсивність дихання плодів овочів впродовж зберігання

6. 1. Огірки

Огірки є неклімактеричними плодами, але зустрічаються випадки вибухового етиленутворення під час зберігання, після якого починається прискорене дозрівання і втрата хлорофілу [24], що вказує на подібний до клімактеричного підйом дихання. Деякі дослідники виявляють підйом інтенсивності дихання на третій день зберігання огірків, що пояснюють незбалансованим фосфорним живленням впродовж вирощування [25]. На рівень виробництва огірками вуглекислого газу за зберігання впливає багато факторів: сорт, режими зберігання, ступінь холодового пошкодження тощо.

Виявлена пряма залежність ІД від САТ (рис. 1) періоду формування огірків. Як відомо, з підвищенням температури підвищується дихальна активність рослин [26]. Обернена кореляція з опадами під час вегетаційного періоду є цілком закономірною, бо дихальні та транспіраційні процеси взаємопов'язані.

У групі контрольних плодів впродовж 2 тижнів зберігання відбувається збільшення рівня CO₂ (рис. 3). Потім виявлено стрімке зниження дихальної активності.

Специфіка динаміки ІД в оброблених плодах має певні відмінності. Мінімальний рівень CO_2 , в варіантах з тепловою обробкою антиоксидантами Хл+І+Л, спостерігається не в першу добу зберігання, а через тиждень.

Ряд науковців вважають, що зниження темпів дихання обумовлене не тільки фактом охолодження, а й завдяки тепловій обробці плодів та антиоксидантній дії [7, 12].

Далі зафіксовано незначний приріст рівня CO_2 до 14 і 21 доби, та поступове зниження ІД у кінці зберігання. Такий характер респіраторного метаболізму вказує на збалансованість метаболічних процесів у дослідних варіантах.

6. 2. Кабачки

Контрольні групи плодів двох гібридів у всі роки досліджень через добу після охолодження трохи сповільнювали ІД (рис. 6). А через тиждень – відбувалось відновлення і зростання ІД, що вказує на їх значну чутливість до пониження температури, навіть при відсутності візуальних пошкоджень. Як зазначають інші експерти зі зберігання кабачків, після холодового пошкодження спостерігається різкий підйом дихання в 1,5...2 рази [18, 27, 28]. Результати підтверджують відсутність значних пошкоджень після охолодження, які б могли б спровокувати появу «вибухового» зростання CO_2 . Амплітуда дихальної активності гібрида Кавілі в 1,5 рази нижча порівняно з Таміно. За даними, у холодочутливого гібриду Кавілі ІД збільшується в 1,25 рази, а в толерантного Таміно – тільки в 1,16 рази.

Дослідні варіанти в результаті теплової обробки антиоксидантами та зберігання при понижених температурах відрізняються більш глибоким уповільненням ІД. Відновлення рівня дихальної активності не спостерігається, і по завершенні тривалої лаг-фази (18 діб), відбувається повільне зниження ІД. Така особливість респіраторної динаміки вказує на відсутність метаболічних порушень та нормальну роботу рослинних тканин.

Через 12 діб зберігання, коли в контрольних групах спостерігається втрата якості, дихальна активність в дослідних варіантах нижча в 1,3 рази.

6. 3. Перець

Після охолодження плодів перцю ІД поступово гальмується (рис. 9). Більш глибоке уповільнення активності дихання в оброблених варіантах пов'язане з синергічним впливом пониженої температури та теплової обробки антиоксидантами. Здатність антиоксидантів уповільнювати ІД перцю доведена американськими науковцями [28], а ефективність теплової обробки – вченими з Китаю [29].

Через 6 діб зберігання відбувається поступове зростання ІД. Через 18 діб контрольні варіанти значно знижують рівень виділеного вуглекислого газу, що пов'язано зі старінням та втратою якості плодів перцю.

Оброблені варіанти двох гібридів показують незначні коливання кількості CO_2 впродовж зберігання, що дозволяє краще, порівняно з контролем, зберегти пластичні речовини, і підтверджує інгібуєчий ефект обраної обробки.

За весь час зберігання дихальна активність дослідних варіантів перцю на 15 % нижче, ніж в контрольних групах.

6. 4. Томати

Дихальна крива аналогічна в обох сортах томатів (рис. 12). Одразу після збирання, ІД гальмується, як реакція на охолодження. Через 5 діб зберігання контрольні групи показують активне зростання ІД. Дихальний максимум припадає на 20 добу зберігання, потім спостерігається згасання респіраторної активності та переважають процеси перезрівання, на що вказує погіршення якості плодів.

Томати після теплової обробки характеризуються типовим клімактериксом [30]. Обробка антиоксидантами сприяє не лише віддаленню появи дихального максимуму на 15 діб, але й зменшенню його рівня на 9 % порівняно з контролем. Гальмування ІД в дослідних варіантах обумовлене біохімічними та фізичними реакціями на теплову обробку антиоксидантами, які знижують темпи поглинання O_2 мітохондріями та уповільнюють рух електронів в цитохромному напрямку дихання, що викликає зниження рівня виділеного CO_2 [30]. Крім того, покриття, яке з'являється після обробки на поверхні томатів, гальмує газообмінні процеси. Обмеження доступу O_2 сповільнює виробництво етилену в плодах, бо етиленутворюючий ензим є виключно киснезалежним [31], що й зменшує дихальний максимум.

Результати досліджень показали закономірності зміни респіраторної активності плодів залежно від погодно-кліматичних умов вирощування. Аналіз даних дозволив зрозуміти механізм підвищення лежкоздатності плодів після теплової обробки антиоксидантами. Завдяки такому технологічному прийому суттєво подовжується тривалість зберігання плодів овочів, що можна використовувати в виробничих умовах.

Слабкою стороною роботи є вивчення впливу абіотичних факторів виключно на динаміку інтенсивності дихання. Необхідні подальші дослідження для встановлення залежності динаміки дихальних субстратів і ферментів від погодних чинників. Це і є перспективою наступних досліджень. Однак, для з'ясування метаболічних відповідей тканин плодів овочів на абіотичні стресові фактори необхідно досліджувати динаміку всіх фізіолого-біохімічних процесів, що викликає труднощі через багатокomпонентність системи.

7. Висновки

1. З'ясували вплив абіотичних факторів на респіраторний метаболізм плодів впродовж зберігання. Між кількістю виділеного CO_2 під час зберігання і абіотичними факторами впродовж вирощування виявлено тісні закономірності. Для всіх досліджуваних овочів незалежно від сортової специфіки встановлена позитивна кореляція між ІД та САТ періоду формування плодів. Між ІД та кількістю опадів і ГТК при вирощуванні виявлено зворотній зв'язок різної сили залежно від виду культури.

2. Дослідили механізм впливу післязбиральної теплової обробки антиоксидантами на дихальну активність плодів овочів під час зберігання. Інтенсивність дихання оброблених плодів значно нижче, ніж в контрольних групах. У томатів теплової обробки антиоксидантами сприяє не лише віддаленню появи

дихального максимуму на 15 діб, але й зменшенню його рівня на 9 % порівняно з контролем.

3. Проаналізували ступінь впливу на інтенсивність дихання плодів таких факторів, як видова і сортова специфіка та метеорологічні умови вирощування. Ключову роль в ІД огірків відіграє сортова специфіка (61,35 %). Перед зберіганням рівень виділеного CO₂ у плодів гібриду Афіна майже в 2 рази вищий, ніж у Маші. Суттєвий вплив також мають метеорологічні умови року досліджень (24,29 %).

На ІД кабачків більшою мірою впливають метеорологічні умови вирощування (53,41 %), при сильному значущому впливі гібриду (43,03 %).

Для плодів перцю встановлено тісний кореляційний зв'язок між ІД і погодними умовами з сумою активних температур (САТ) під час формування і дости-

гання плодів: $r=0,95$ для Геркулеса та $0,92$ для Нікити. Двофакторний аналіз вказує на суттєву залежність ІД від умов вирощування перцю – частка впливу даного фактору складає більше 90 %.

Тісні кореляційні зв'язки між ІД томатів та погодними факторами спостерігаються з САТ під час формування і дозрівання плодів: $r=0,90$ для Новачка та $0,58$ для Рио Гранде. Частка впливу фактору умов вегетації на рівень дихання становить більше 58 %.

Встановлено суттєву варіативність респіраторного метаболізму за роками досліджень у огірків гібриду Афіна (27,51 %), у кабачка Кавілі (36,40 %), у перцю обох гібридів (більше 37 %), що вказує на стрімкий відгук тканин на коливання абіотичних чинників. У томатів варіативність дихальної активності за роками досліджень є найменшою (до 13,29 %).

Література

1. The Global Climate in 2011–2015 [Text]. – World Meteorological Organization. – 2016. – No. 1179. – 32 p.
2. Малкин, И. Г. Предостережение всемирной метеорологической организации парижской конференции по климату [Текст] / И. Г. Малкин // Философия и гуманитарные науки в информационном обществе. – 2017. – № 1 (15). – С. 46–87.
3. Проскураков, М. А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата [Текст] / М. А. Проскураков. – Алматы: LEM, 2012. – 228 с. – Режим доступа: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5262>
4. Peter, M. A. Abiotic Stress in Harvested Fruits and Vegetables [Text] / M. A. Peter, D. Mark // Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations. – Intech, 2011. doi: 10.5772/22524
5. Moretti, C. L. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review [Text] / C. L. Moretti, L. M. Mattos, A. G. Calbo, S. A. Sargent // Food Research International. – 2010. – Vol. 43, Issue 7. – P. 1824–1832. doi: 10.1016/j.foodres.2009.10.013
6. Ибрагимов, К. Х. Проблемы развития садоводства России в условиях меняющегося климата [Текст] / К. Х. Ибрагимов // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2014. – № 1. – С. 105–107. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnu_2014_1_25
7. Mahajan, P. V. Postharvest treatments of fresh produce [Text] / P. V. Mahajan, O. J. Caleb, Z. Singh, C. B. Watkins, M. Geyer // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2014. – Vol. 372, Issue 2017. – P. 20130309–20130309. doi: 10.1098/rsta.2013.0309
8. Toivonen, P. M. A. Benefits of combined treatment approaches to maintaining fruit and vegetable quality [Text] / P. M. A. Toivonen // Fresh Produce. – 2009. – Vol. 3. – P. 58–64.
9. Wang, C. Y. Alleviation of chilling injury in tropical and subtropical fruits [Text] / C. Y. Wang // Proceedings of the III International symposium on tropical and subtropical fruits. – Fortaleza, Ceara, Brazil, 2010. – P. 267–274. doi: 10.17660/actahortic.2010.864.35
10. Serdyuk, M. Development of fruit diseases of microbial origin during storage at treatment with antioxidant compositions [Text] / M. Serdyuk, D. Stepanenko, O. Priss, T. Kopylova, N. Gaprindashvili, A. Kulik et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 3, Issue 11 (87). – P. 45–51. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103858
11. Прісс, О. П. Скорочення втрат під час зберігання овочів чутливих до низьких температур [Text] / О. П. Прісс, В. В. Калитка // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2014. – Вип. 1. – С. 209–221. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2014_1_28
12. Lurie, S. Fundamental aspects of postharvest heat treatments [Text] / S. Lurie, R. Pedreschi // Horticulture Research. – 2014. – Vol. 1. – P. 14030. doi: 10.1038/hortres.2014.30
13. Сердюк, М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам під час зберігання плодів та ягід [Текст] / М. Є. Сердюк // Хімія. Агрономія. Сервіс. – 2010. – № 7. – С. 52–53.
14. Saltveit, M. E. Respiratory metabolism [Text] / M. E. Saltveit; K. C. Gross, C. Y. Wang, M. Saltveit (Eds.) // Agricultural handbook number 66: The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. – US Dept. Agr., Washington, 2007.
15. Ляшенко, Г. В. Агроклиматическое районирование Украины [Текст] / Г. В. Ляшенко // Український гідрометеорологічний журнал. – 2008. – № 3. – С. 98–108.
16. Priss, O. Investigation of the respiration rate during storage of fruit vegetables under the influence of abiotic factors [Text] / O. Priss, V. Yevlash, V. Zhukova, S. Kiurchev, V. Verkholtantseva, I. Kalugina et. al. // EUREKA: Life Sciences. – 2017. – Issue 6. – P. 10–15. doi: 10.21303/2504-5695.2017.00494
17. Eaks, I. L. Respiration of Cucumber Fruits Associated with Physiological Injury at Chilling Temperatures [Text] / I. L. Eaks, L. L. Morris // Plant Physiology. – 1956. – Vol. 31, Issue 4. – P. 308–314. doi: 10.1104/pp.31.4.308
18. Valenzuela, J. Oxidative Stress Associated with Chilling Injury in Immature Fruit: Postharvest Technological and Biotechnological Solutions [Text] / J. Valenzuela, S. Manzano, F. Palma, F. Carvajal, D. Garrido, M. Jamilena // International Journal of Molecular Sciences. – 2017. – Vol. 18, Issue 7. – P. 1467. doi: 10.3390/ijms18071467

19. González-Aguilar, G. A. Pepper [Text] / G. A. González-Aguilar; K. C. Gross, C. Y. Wang, M. Saltveit (Eds.) // *Agricultural handbook number 66: The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.* – US Dept. Agr., Washington, 2007.
20. Rattanawan, J. Managing chilli (*Capsicum* spp.) quality attributes: the importance of pre-harvest and postharvest factors [Text] / J. Rattanawan. – New Zealand, 2012. – 238 p.
21. Gross, K. C. Biochemical changes associated with the ripening of hot pepper fruit [Text] / K. C. Gross, A. E. Watada, M. S. Kang, S. D. Kim, K. S. Kim, S. W. Lee // *Physiologia Plantarum.* – 1986. – Vol. 66, Issue 1. – P. 31–36. doi: 10.1111/j.1399-3054.1986.tb01227.x
22. Krajayklang, M. Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality [Text] / M. Krajayklang, A. Klieber, P. R. Dry // *Postharvest Biology and Technology.* – 2000. – Vol. 20, Issue 3. – P. 269–278. doi: 10.1016/s0925-5214(00)00141-1
23. Sargent, S. A. Tomato [Text] / S. A. Sargent, C. L. Moretti // *Agricultural handbook number 66: The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.* – US Dept. Agr., Washington, 2007.
24. Hurr, B. M. Developmentally dependent responses of detached cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit to exogenous ethylene [Text] / B. M. Hurr, D. J. Huber, C. E. Vallejos, S. T. Talcott // *Postharvest Biology and Technology.* – 2009. – Vol. 52, Issue 2. – P. 207–215. doi: 10.1016/j.postharvbio.2008.12.006
25. Knowles, L. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (*Cucumis sativus* L.) [Text] / L. Knowles, M. R. Trimble, N. R. Knowles // *Postharvest Biology and Technology.* – 2001. – Vol. 21, Issue 2. – P. 179–188. doi: 10.1016/s0925-5214(00)00144-7
26. Atkin, O. K. Evans Review No. 2: The hot and the cold: unravelling the variable response of plant respiration to temperature [Text] / O. K. Atkin, D. Bruhn, V. M. Hurry, M. G. Tjoelker // *Functional Plant Biology.* – 2005. – Vol. 32, Issue 2. – P. 87. doi: 10.1071/fp03176
27. Balandrán-Quintana, R. R. Irreversibility of chilling injury in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident [Text] / R. R. Balandrán-Quintana, A. M. Mendoza-Wilson, A. A. Gardea-Béjar, I. Vargas-Arispuro, M. Angel Martínez-Téllez // *Biochemical and Biophysical Research Communications.* – 2003. – Vol. 307, Issue 3. – P. 553–557. doi: 10.1016/s0006-291x(03)01212-9
28. Purvis, A. C. Diphenylamine inhibits respiration of green bell peppers [Text] / A. C. Purvis, J. W. Gegogaine // *J Amer Soc Hort Sci.* – 2003. – Vol. 128, Issue 6. – P. 924–929.
29. Liu, L. Intermittent warming improves postharvest quality of bell peppers and reduces chilling injury [Text] / L. Liu, Y. Wei, F. Shi, C. Liu, X. Liu, S. Ji // *Postharvest Biology and Technology.* – 2015. – Vol. 101. – P. 18–25. doi: 10.1016/j.postharvbio.2014.11.006
30. Yang, J. Reduction of Chilling Injury and Ultrastructural Damage in Cherry Tomato Fruits After Hot Water Treatment [Text] / J. Yang, M.-R. Fu, Y.-Y. Zhao, L.-C. Mao // *Agricultural Sciences in China.* – 2009. – Vol. 8, Issue 3. – P. 304–310. doi: 10.1016/s1671-2927(08)60213-8
31. Golden, K. D. Ethylene in Postharvest Technology: A Review [Text] / K. D. Golden, O. J. Williams, H. M. Dunkley // *Asian Journal of Biological Sciences.* – 2014. – Vol. 7, Issue 4. – P. 135–143. doi: 10.3923/ajbs.2014.135.143

ТОЛЬКО

