

УДК 664.8.038:678.048[635.649]

ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ДИХАННЯ ПЕРЦЮ ВПРОДОВЖ ЗБЕРІГАННЯ

О. П. ПРИСС^{1*}, Г. М. БАНДУРЕНКО²

¹ Кафедра технології переробки та зберігання продукції сільського господарства, Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, УКРАЇНА

² Кафедра технології консервування, Національний університет харчових технологій, Київ, УКРАЇНА

* email olesyapriess@gmail.com

АНОТАЦІЯ Досліджено вплив теплової обробки біологічно активними речовинами бактерицидно антиоксидантної дії на інтенсивність та субстрати дихання перцю впродовж зберігання. Встановлено, що сумісний вплив теплової обробки і біологічно активних речовин стабілізує інтенсивність дихання плодів перцю, що дозволяє сповільнити темпи витрачання сухих речовин, розчинних сахаридів і титрованих кислот. Зв'язок середньої сили прямої направленості між інтенсивністю дихання та цукрами та тісний обернений зв'язок з вільними кислотами вказує на важливість саме органічних кислот як дихального субстрату перцю.

Ключові слова: перець, зберігання, антиоксиданти, інтенсивність дихання, сухі речовини, цукри, титровані кислоти

EFFECT OF HEAT TREATMENT WITH BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON RESPIRATION DURING STORAGE OF SWEET PEPPERS

O. P. PRISS^{1*}, G. M. BANDURENKO²

¹ Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, UKRAINE

² Department of Preservation Technology, National University of Food Technologies, Kyiv, UKRAINE

ABSTRACT Despite the proven effectiveness of heat treatment and antioxidants to slow down the respiratory metabolism, their combined effect on it during storage of sweet bell pepper fruits was not evaluated before. The paper describes results of investigation of the simultaneous heat treatment and treatment with the complex of antioxidants and other biologically active substances on the respiration rate, total soluble solids, titratable acids, amount of saccharides and consumption of dry matter during the storage of sweet bell peppers.

It was found that heat treatment with biologically active substances stabilizes the respiration rate on 15 % lower level compared to control fruits. The combination of heat treatment and antioxidants allows to obtain on 8 % in average more total soluble solids on the 18th day of storage. Sweet bell peppers treated with antioxidants involve less sugar in the respiratory process. After 18 days of storage the total amount of sugars in the studied fruits of the Herkules hybrid is higher on 7,8% in average, and in Nikita peppers – on 8,5 % in comparison with control fruits. The amount of titratable acids in Herkules peppers is higher on 16,9% in average and in Nikita hybrid – on 8,5 % compared to control fruits. Basing on the pair correlation analysis, it was found that acids can be a major respiratory substrate during the storage of sweet bell peppers. The combination of heat treatment and exogenous biologically active substances can be an effective tool to reduce the loss of nutrients during storage of sweet bell peppers.

Keywords: sweet bell pepper, storage, antioxidants, respiration rate, solids, saccharides, titratable acidity.

Вступ

Овочевий перець (*Capsicum annuum*) вирощується у більшості регіонів світу, де є розвинене овочівництво. Плоди різних сортів роду *Capsicum* споживають у свіжому вигляді, як недостиглі (зелені) або як стиглі (наприклад, червоні, жовті, білі), широко використовують для консервування та виробництва спецій. Україна виробляє 130...150 тис. тон плодів перцю, у т.ч. 80...90 тис. тон у зоні Степу [1].

Кількість сухих речовин в солодкому перці є сортоспецифічною ознакою і може коливатись у межах 4,3...10,6 % [2, 3]. Переважаючими сахаридами у перці є глюкоза і фруктоза, сахарози у

технічно дозрілих плодах менше 0,2% [4], а в повному ступені стиглості вона не ідентифікується зовсім [5]. З органічних кислот у солодкому перці містяться лимонна, яблучна, фумарова, шикимова, щавлева піроглютамінова [4]. Однак, впродовж зберігання, внаслідок дихання та інших метаболічних процесів, запас поживних речовин швидко виснажується. Інтенсивність дихання сильно залежить від виду, сорту продукції та багатьох передзбиральних і післязбиральних факторів. З робіт багатьох науковців відомо, що серед видів і сортів перцю є клімактеричні та не клімактеричні [2]. Клімактеричні піки дихальної активності фіксовані багатьма авторами під час досліджень плодів у неповній стадії стиглості та під час вегетації на рослині [6]. Велика кількість

післязбиральних технологічних прийомів зосереджена на зниженні інтенсивності дихання, гальмуванні метаболізму, що призводить до збереження субстратів дихання та підтримання якості продукції. Зниження інтенсивності дихання і збереження якості овочів відбувається за впливу знижених температур, регулюванні газового складу атмосфери, використанні модифікованих газових середовищ, нанесенні на продукцію покриттів різного складу, використанні антиоксидантів, попередньої теплової обробки [7-9]. Встановлено, що комбінування теплової обробки та антиоксидантів гальмує інтенсивність дихання та сповільнює швидкість витрачання субстратів під час зберігання огірків [10]. Справедливо припускати, що синергетична теплових обробок та езогенних біологічно активних речовин стане ефективним заходом сповільнення дихального метаболізму для інших плодів овочів. Сумісний вплив теплової обробки та екзогенних біологічно активних речовин на процес дихання під час зберігання перцю не розглядався. Тож дослідження респіраторного метаболізму впродовж зберігання перцю допоможе визначити ефективність комбінування післязбиральних обробок для збереження якості продукції, що і зумовлює актуальність досліджень у цьому напрямку.

Мета роботи

Мета досліджень полягала у виявленні впливу теплової обробки розчинами біологічно активних речовин на інтенсивність дихання та використання дихальних субстратів у плодах перцю.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- простежити динаміку виділення вуглекислого газу, сухих речовин, сухих розчинних речовин, розчинних сахаридів та титрованих кислот впродовж зберігання перцю;
- встановити кореляційні зв'язки між інтенсивністю продукування CO_2 та субстратами дихання впродовж зберігання перцю.

Матеріали та методи досліджень

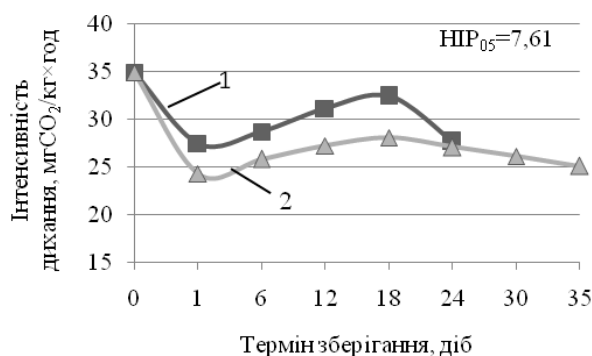
Досліджували плоди перцю гібридів Геркулес F1 і Нікіта F1, вирощені в умовах відкритого ґрунту в агропідприємствах Мелітопольського району Запорізької області. Для зберігання відбирали плоди технічного ступеня стиглості (забарвлені в основний колір на 80...90%) однорідні за розміром. Плоди занурювали в заздалегідь підготовані розчини біологічно активних речовин з температурою $45\text{ }^\circ\text{C}$ на 15 хв. Використовували комплексні композиції бактерицидно антиоксидантної дії на основі іонулу (І), лецитину (Л) та водного екстракту кореня хрону (Хр): Хр+І+Л [11]. Після висихання плоди вкладали в ящики, вистелені поліетиленовою плівкою і зберігали

при $7 \pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості $95 \pm 1\%$. Контролем слугували необроблені плоди.

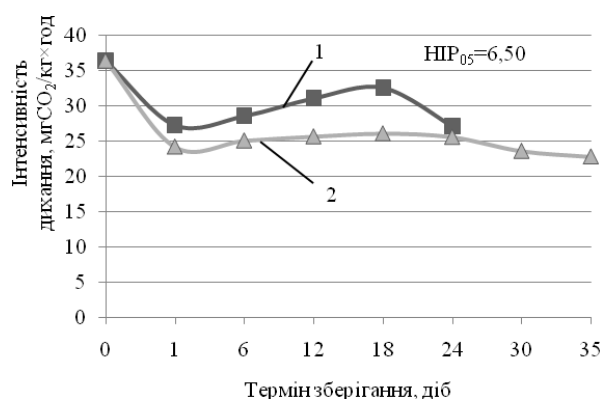
Інтенсивність дихання (ІД) визначали за кількістю виділеного вуглекислого газу, вміст сухих речовин (СР) термогравіметричним методом за ДСТУ ISO 751, вміст сухих розчинних речовин (СРР) рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173, загальний вміст розчинних сахаридів за ДСТУ 4954 ферицианідним способом, масову концентрацію титрованих кислот за ДСТУ 4957, з перерахунком на лимонну кислоту.

Інтенсивність дихання перцю та витрати субстратів дихання

Динаміка дихання плодів досліджуваних гібридів солодкого перцю аналогічна та відображає відсутність дихального клімактерису під час зберігання (рис. 1 а, б).



а



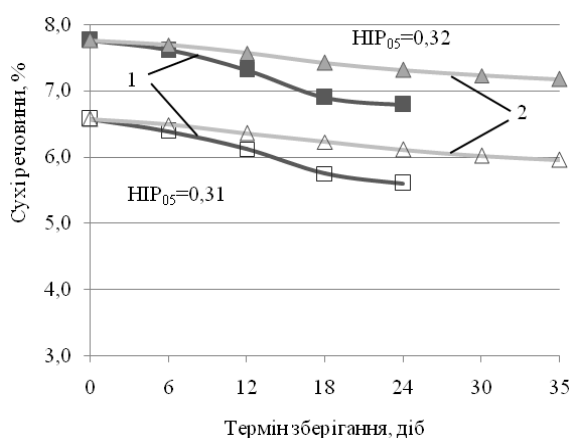
б

Рис. 1 – Динаміка інтенсивності дихання перцю: а – Геркулес; б – Нікіта; 1 – контроль; 2 – теплова обробка Хр+І+Л

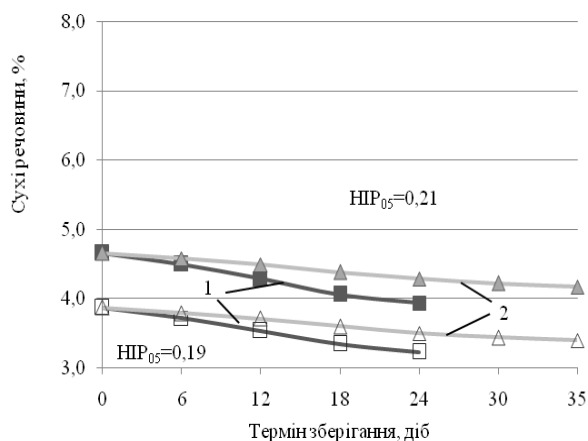
За весь період зберігання, рівень дихання дослідних перців у середньому на 15 відсотків нижче, ніж в контрольних зразках.

Рівень сухих речовин у перцю гібриду Геркулес у середньому в 1,7 рази більше, ніж у Нікіти.

Під час зберігання перцю відбувається стабільне зниження кількості СР та СРР в перцях обох гібридів (рис. 2 а, б).



а



б

Рис. 2 – Динаміка сухих речовин перцю: а – Геркулес; б – Нікіта; 1 – контроль; 2 – теплова обробка Хр+І+Л; ■, Δ – СР; □, △ – СРР.

Початкове співвідношення СР до СРР становить 1,18 для гібриду Геркулес та 1,20 у Нікіті. Сортові особливості перців у кількості СР та СРР залишаються протягом зберігання. Однак, під час зберігання, сортова різниця у співвідношенні СР до СРР на 24 добу практично нівельована і становить 1,21 у Геркулеса та 1,22 у Нікіті.

Дія теплової обробки антиоксидантами аналогічна для обох гібридів і виражена у гальмуванні розпаду СР і СРР. Статистично достовірні різниця у кількості СР між контрольними та дослідними плодами спостерігається вже з 6 доби зберігання та надалі посилюється. На 18 добу зберігання (коли контрольні плоди втрачають товарну якість), кількість СР у дослідних екземплярах вище в середньому на 7,7 %, а СРР на 8,0 % порівняно з контролем. Через 35 днів зберігання перців з тепловою обробкою

антиоксидантами, кількість СР вища на 5,6%, ніж в контролі на 18 добу та СРР на 5,9 %.

Незважаючи на істотні сортові відмінності у кількості цукрів на початок зберігання, динаміка аналогічна для обох гібридів (рис. 3).

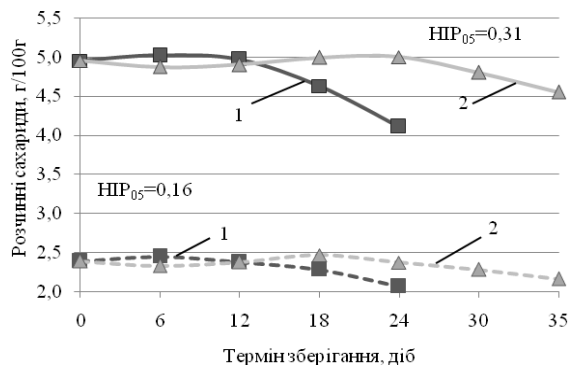


Рис. 3 – Динаміка суми сахаридів перцю: 1 – контроль; 2 – теплова обробка Хр+І+Л; — — Геркулес; - - - - Нікіта.

У титрованій кислотності досліджувані гібриди мають сортові особливості (рис. 4).

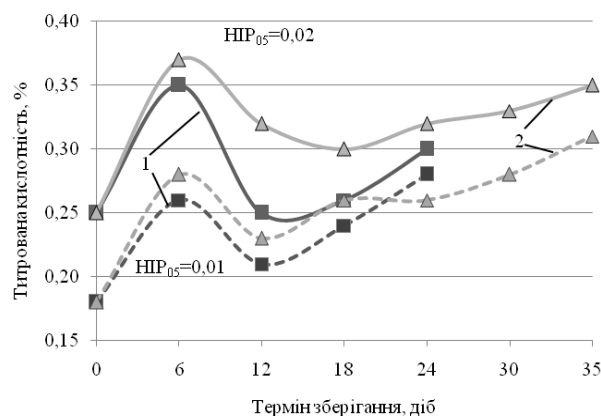


Рис. 4 – Динаміка титрованої кислотності перцю: 1 – контроль; 2 – теплова обробка Хр+І+Л; — — Геркулес; - - - - Нікіта.

До закладання на зберігання, концентрація вільних кислот в перцях гібриду Геркулес вища в 1,4 рази від Нікіті. На шосту добу обидва гібриди демонструють зростання титрованої кислотності в 1,4 рази від початкового значення. На 12 добу титрована кислотність знижується в гібриду Геркулес до того ж рівня, що і на момент закладання. Рівень кислотності у перців Нікіта при зниженні на 24 % знаходиться все ж вище, ніж початкова концентрація. Надалі відбувається постійне зростання кислотності в обох гібридах. Швидкість нарощування титрованої кислотності у перців Нікіта вища, ніж у Геркулеса. Тому вже на наступних етапах зберігання, значення титрованої кислотності в обох гібридах статистично не відрізняються.

Дослідні плоди демонстрували подібну динаміку титрованої кислотності, але з іншими темпами нарощування кислотності. Глибше гальмування ІД в дослідних плодах призвело до більшого приросту титрованої кислотності на шосту добу. Надалі швидкість зростання титрованої кислотності подібна до контрольних варіантів.

Обговорення результатів

Аналіз отриманих даних показав, що характерною рисою динаміки дихання плодів досліджуваних гібридів солодкого перцю є відсутність дихального клімактерису під час зберігання. Після закладання на зберігання, інтенсивність дихальних процесів сповільнюється, як реакція на охолодження. Надалі посилюються процеси метаболізму, що відображає стабільне зростання інтенсивності дихання. З 18 доби контрольні плоди суттєво знижують кількість виділеного вуглекислого газу, що може вказувати на старіння плодів і співпадає з втратою товарної якості. Більш глибоке гальмування ІД в оброблених перцях пояснюється сумісною дією охолодження, попередньої теплової обробки та антиоксидантів. Здатність антиоксидантів гальмувати інтенсивність дихання перцю продемонстрована американськими вченими [12], а дієвість теплової обробки китайськими дослідниками [13]. Дослідні групи перцю обох гібридів демонструють мінімальні (статистично незначимі) коливання рівня CO₂ протягом всього періоду зберігання, що сприятиме кращій, порівняно з контролем, збереженості субстратів дихання і є свідченням інгібувальної дії застосованої обробки.

Зниження вмісту СР і СРР є закономірним. Зміни в співвідношенні СР до СРР впродовж зберігання є свідченням того, що в плодах гібриду Геркулес метаболічні процеси протікають більш інтенсивно, ніж у Нікіти.

Під час зберігання кількість розчинних сахаридів у перцях може зростати на початковому етапі, що пов'язують з процесами дозрівання. Проте, при закладанні на зберігання перцю у повній стиглості відбувається поступове зменшення простих цукрів [14]. У контрольних зразках на 6 добу зберігання рівень розчинних сахаридів статистично достовірно зростає в обох гібридах навіть з урахуванням втрат маси та витрат на дихання. Таке зростання, очевидно, пов'язано з дозріванням плодів. Надалі рівень цукрів постійно зменшується. Теплова обробка багатокомпонентною антиоксидантною композицією дозволила гальмувати темпи дисиміляції цукрів. Як видно з рис. 3, у дослідних зразках максимальний рівень цукрів плоди накопичують лише на 18 і 24 добу, що може бути наслідком сповільнених темпів дозрівання через вплив екзогенних антиоксидантів [12]. Зниження кількості сахаридів у гібриду Нікіта відбувається лише з 24

доби, але порівняно з початковим значенням, різниця ледь сягає 1 %. У дослідних зразків гібриду Геркулес помітне зниження кількості цукрів (на 3 %) зафіксоване на 30 добу зберігання. Таким чином, через 30 діб зберігання, загальний вміст цукрів у плодах з тепловою обробкою біологічно активними речовинами, знаходиться на тому ж рівні, що і контрольних партій через 18 діб.

Кореляційні залежності між ІД та сахаридами мають середню силу (табл. 1), тож вони є не основними субстратами дихання.

Таблиця 1 – Кореляційні залежності між інтенсивністю дихання та розчинними сахаридами під час зберігання

Рік	Геркулес		Нікіта	
	Контроль	Теплова обробка Хл+І+Л	Контроль	Теплова обробка Хл+І+Л
2009	0,43	0,61	0,41	0,41
2010	0,45	0,30	0,41	0,49
2011	0,45	0,59	0,41	0,43

Описана динаміка титрованих кислот в цілому є характерною впродовж зберігання плодів перцю. Зростання титрованої кислотності на першому етапі зумовлене розпадом сильної шавлевої кислоти і синтезом лимонної кислоти в недисоційованій формі (протонованої) [4]. Крім того, інгібування дихальної активності через охолоджений стан дозволяє економити кислоти, що витрачаються на дихання. Надалі інтенсивність дихання зростає, що потребує активного залучення кислот у якості субстратів та призводить до зниження концентрації вільних кислот. Відтак зростання титрованої кислотності зумовлене утворенням протонованих кислот з низькими константами кислотності та більш повільним залученням органічних кислот у дихальні процеси.

Теплова обробка антиоксидантами запобігла різкому зростанню титрованої кислотності, що пов'язано з плавним характером кривої інтенсивності дихання. Тісний обернений зв'язок концентрації вільних кислот та ІД вказує на те, що під час зберігання перцю, органічні кислоти є важливим дихальним субстратом (табл. 2).

Таблиця 2 – Кореляційні залежності між інтенсивністю дихання та титрованою кислотністю під час зберігання

Рік	Геркулес		Нікіта	
	Контроль	Теплова обробка Хл+І+Л	Контроль	Теплова обробка Хл+І+Л
2009	-0,74	-0,94	-0,93	-0,87
2010	-0,73	-0,88	-0,92	-0,94
2011	-0,83	-0,93	-0,88	-0,86

Висновки

1. Теплова обробка антиоксидантами стабілізує інтенсивність дихання плодів перцю, сприяє мінімальним коливанням рівня виділеного вуглекислого газу протягом зберігання. Це призводить до вищої збереженості субстратів дихання. Кількість сухих та сухих розчинних речовин в оброблених плодах вища в середньому на 8 %, розчинних сахаридів на 7,7...8,5 %, залежно від гібриду, титрованих кислот на 8,5...16,9 %, залежно від гібриду.

2. Зв'язок середньої сили прямої направленості між інтенсивністю дихання та цукрами та тісний обернений зв'язок з вільними кислотами вказує на важливість саме органічних кислот як дихального субстрату перцю.

Список літератури

- 1 **Куликов, Ю. А.** Перец сладкий. Выращивать перец сладкий и полезно, и экономически выгодно / **Ю. А. Куликов** // *Настоящий хозяин*. – 2012. – № 10. – С. 22-26.
- 2 **Rattanawan, J.** *Managing chilli (Capsicum spp.) quality attributes : the importance of pre-harvest and postharvest factors* : a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at Massey University / Jansasithorn Rattanawan. – New Zealand. – 2012. – 238 p.
- 3 **Nogueira, L.** *Composição química e atividade antioxidante de diferentes variedades de pimento (Capsicum annum L.):* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar / Lília Nogueira. – Bragança. – 2013. – 76 p.
- 4 **Luning, P. A.** Combined instrumental and sensory evaluation of flavor of fresh bell peppers (*Capsicum annum*) harvested at three maturation stages / **P. A. Luning, R. van der Vuurst de Vries, D. Yuksel [et al.]** // *J. Agric. Food Chem.* – 1994. – Vol. 42, №12. – P. 2855-2861.
- 5 **Navarro, J. M.** Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity / **J. M. Navarro, P. Flores, C. Garrido, V. Martinez** // *Food Chem.* – 2006. – Vol. 96, №1. – P. 66-73.
- 6 **Krajayklang, M.** Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality / **M. Krajayklang, A. Klieber, P. R. Dry** // *Postharvest Biol. Technol.* – 2000. – Vol. 20, №3. – P. 269-278.
- 7 **Saltveit, M. E.** *Respiratory metabolism* [Electronic resource] / **Mikal E. Saltveit** // *Agricultural handbook number 66 : The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks* / K. C. Gross, C. Y. Wang, M. Saltveit (eds.). – US Dept. Agr., Washington, DC. May 2007. – Available at: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/respiratoryMetab.pdf>
- 8 **Dhall, R. K.** Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review / **R. K. Dhall** // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2013. – Vol. 53, № 5. – P. 435-450.
- 9 **González-Aguilar, G. A.** Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit / **G. A. González-Aguilar, L. Gayosso, R. Cruz [et al.]** //

- Postharvest Biol. Technol.* – 2000. – Vol. 18, №1. – P. 19-26.
- 10 **Прісс, О. П.** Вплив теплової обробки антиоксидантами на субстрати дихання огірків під час зберігання / **О. П. Прісс** // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – Том 3, № 10 (75). – С. 19 - 25.
 - 11 **Пат. 59733 України**, МПК А 23 В 7/14. Антиоксидантна композиція для обробки плодів овочів перед зберіганням / **О. П. Прісс, Т. Ф. Прокудіна, В. Ф. Жукова**. – u 2010 13798; заявл. 19.11.10; опубл. 25.05.11, Бюл. №10.
 - 12 **Purvis, A. C.** Diphenylamine inhibits respiration of green bell peppers / **A. C. Purvis, J. W. Gegogaine** // *J Amer Soc Hort Sci.* – 2003. – Vol. 128, №6. – P. 924-929.
 - 13 **Liu, L.** Intermittent warming improves postharvest quality of bell peppers and reduces chilling injury / **L. Liu, Y. Wei, F. Shi [et al.]** // *Postharvest Biol. Technol.* – 2015. – Vol. 101, №1. – P. 18-25.
 - 14 **Avalos Llana, K. R.** Quality and antioxidant properties of whole and fresh cut cherry pepper during storage at 10 °C / **K. R. Avalos Llana, S. C. Sgroppo** // *FACENA*. – 2009. – Vol. 25. – P. 21-32.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Kulikov Y. A.** Sweet pepper. Grow sweet pepper helpful and cost-effective. *Nastoyashchyy khozyayn*, 2012, **10**, 22-26.
- 2 **Jansasithorn, R.** *Managing chilli (Capsicum spp.) quality attributes: the importance of pre-harvest and postharvest factors: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at Massey University, New Zealand*, 2012. PhD Thesis.
- 3 **Nogueira, L.** *Composição química e atividade antioxidante de diferentes variedades de pimento (Capsicum annum L.):* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar Bragança, 2013.
- 4 **Luning, P. A., van der Vuurst de Vries, R., Yuksel, D., Ebbenhorst-Seller, T., Wichers, H. J., & Roozen, J. P.** Combined instrumental and sensory evaluation of flavor of fresh bell peppers (*Capsicum annum*) harvested at three maturation stages. *Journal of agricultural and food chemistry*, 1994, **42**(12), 2855-2861.
- 5 **Navarro, J. M., Flores, P., Garrido, C., & Martinez, V.** Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chemistry*, 2006, **96**(1), 66-73.
- 6 **Krajayklang, M., Klieber, A., & Dry, P. R.** Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, **20**(3), 269-278.
- 7 **Saltveit, M. E.** *Respiratory metabolism*. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. *Agriculture Handbook*, 2004, 66.
- 8 **Dhall, R. K.** Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2013, **53** (5), 435-450.
- 9 **González-Aguilar, G. A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Báez, R., & Wang, C. Y.** Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol*, 2000, **18**(1), 19-26.
- 10 **Priss, O. P.** Effect of heat treatment with antioxidants on respiratory substrates during storage of cucumbers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, **3**(10 (75)), 19-25.