

УДК 664.8.038:678.048[635.64]

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

Прісс О. П., к.с-г.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38 (050) 322-94-50

Бандуренко Г. М., к.т.н.

Національний університет харчових технологій

Тел.: +38 (067) 500-35-89

Анотація – досліджено вплив теплової обробки біологічно активними речовинами бактерицидно антиоксидантної дії на інтенсивність та субстрати дихання томатів впродовж зберігання. Встановлено, що сумісний вплив теплової обробки і біологічно активних речовин дозволяє відсунути настання клімактеричного підйому дихання томатів на 15 діб та знизити його рівень на 8...9% відносно контрольних варіантів, що дозволяє сповільнити темпи витрачання сухих речовин, розчинних сахаридів і титрованих кислот.

Ключові слова – томати, зберігання, тепла обробка біологічно активними речовинами, інтенсивність дихання.

Постановка проблеми. Плодоовочева продукція є одним з основних компонентів здорового харчування. Фрукти і, особливо, овочі є хорошим джерелом простих і складних вуглеводів, окремих мінералів, вітамінів та інших біологічно активних речовин, які є ефективними поглиначами радикалів і окислювачів. Науково доведено, що дієти на рослинній основі захищають від кардіоваскулярних, нейродегенеративних, ракових захворювань [1, 2]. Серед усіх груп овочів томати вирізняються стабільним споживчим попитом і високою харчовою цінністю [3]. У структурі обсягів виробництва овочів України томати займають 20 %, причому в Степовій зоні рівень виробництва томатів досягає 40 % [4]. Томати містять цукри, органічні кислоти, полісахариди, білки, ліпіди, відсоткове співвідношення яких залежить від селекційно-генетичних ознак, біотичних і абіотичних факторів. Однак, впродовж зберігання внаслідок дихання та інших метаболічних процесів запас поживних речовин швидко виснажується. Тож впродовж зберігання існує

необхідність обмежувати респіраторний метаболізм з метою збереження поживних речовин та якості продукції.

Аналіз останніх досліджень. Томати є беззаперечно клімактеричними овочами [5]. Найбільш ефективно подовжити термін зберігання томатів та стабілізувати зниження харчової цінності можна лише відсуванням клімактеричного підйому дихання та зниженням його амплітуди. Для скорочення дихальної активності розроблено цілий ряд заходів: зниження температури зберігання, попередні теплові обробки, застосування інгібіторів етилену та інших біологічно активних речовин [6, 7, 8]. Ефективність синергетичного впливу при поєднанні фізичних і хімічних методів продемонстрована на гарбузових овочах [9, 10]. Застосування такого підходу для зберігання томатів не досліджувалось. Тож дослідження респіраторного метаболізму впродовж зберігання томатів допоможе визначити ефективність комбінування післязбиральних обробок для збереження якості продукції, що і зумовлює актуальність досліджень у цьому напрямку.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета досліджень полягала у виявленні впливу теплової обробки розчинами біологічно активних речовин на інтенсивність дихання та використання дихальних субстратів у плодах томатів.

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 томатів;
- встановити кореляційні зв'язки між інтенсивністю продукування CO₂ та субстратами дихання впродовж зберігання томатів.

Основна частина. Дослідження проводили на базі кафедри технології переробки та зберігання продукції сільського господарства Таврійського державного агротехнологічного університету, м. Мелітополь. У дослідженнях використовували томати сортів Новачок і Рио Гранде Оригінал (далі Рио Гранде), вирощені в агропідприємствах Мелітопольського району Запорізької області. Використовували комплексні антиоксидантні препарати на основі іонолу (І), лецитину (Л) та водного екстракту кореня хрону (Хр): Хр+І+Л [11].

Для зберігання томати відбирали з плодоніжкою, червоного ступеня стиглості. Перед закладанням на зберігання плоди томатів занурювали в розчини антиоксидантів з температурою 45 °С на 15 хв. Після висихання плоди вкладали в ящики, вистелені поліетиленовою плівкою. Температура зберігання томатів 2±1 °С, відносна вологість

повітря $90\pm 3\%$. За контроль приймали необроблені плоди та плоди з тепловою обробкою водою.

Інтенсивність дихання (ІД) визначали за кількістю виділеного вуглекислого газу, вмісту 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 феріціанідним способом, масову концентрацію титрованих кислот за ДСТУ 4957 з перерахунком на лимонну кислоту.

Інтенсивність дихання томатів сильно залежить від сорту, ступеня стиглості та температури зберігання [12]. За нашими дослідженнями, ІД томатів перед закладанням на зберігання у середньому становила близько $10 \text{ мг CO}_2/\text{кг}\times\text{год}$. Як видно з рис. 1, під час зберігання томатів спостерігались піки дихальної активності.

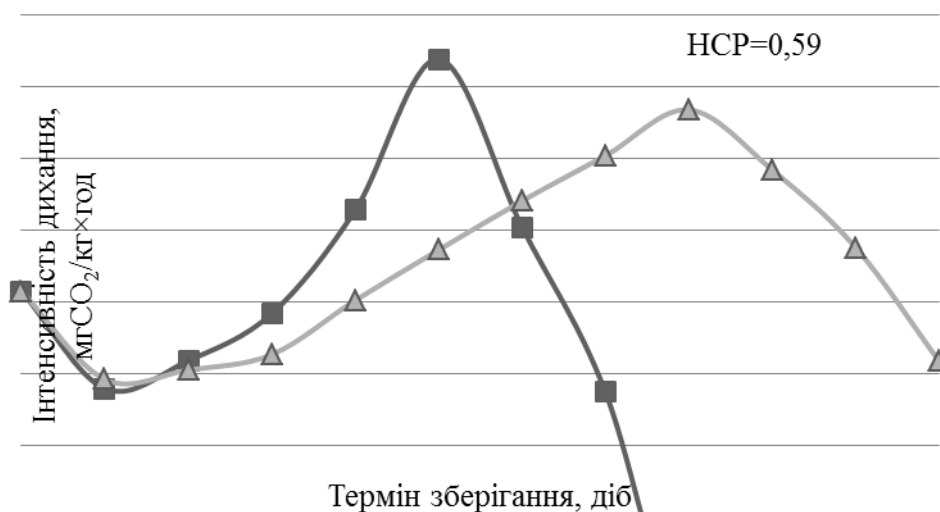


Рис. 1. Динаміка інтенсивності дихання томатів, середнє за 2008-2010: —■— — контроль; —▲— — теплова обробка Хр+І+Л.

Динаміка інтенсивності виділення CO_2 аналогічна в обох сортах томатів. Після закладання на зберігання інтенсивність дихальних процесів сповільнюється, як реакція на охолодження. Від 5 доби зберігання контрольні плоди демонструють стрімке зростання ІД. Дихальний клімактерикс досягається на 20 добу зберігання, а потім відбувається згасання дихальної активності та домінують процеси перезрівання, про що свідчить погіршення товарної якості томатів.

Томати з попередньою тепловою обробкою демонструють типовий клімактеричний підйом дихання [13]. Обробка плодів антиоксидантами дозволяє не тільки віддалити настання дихального клімактериксу на 15 днів, але й знизити його рівень на 8...9 % відносно контрольних варіантів. Пригнічення ІД у дослідних томатах

викликане біохімічними та фізичними відгуками на теплову обробку антиоксидантами. Антиоксиданти сповільнюють поглинання кисню мітохондріями та інгібують потік електронів в цитохромному шляху дихання, що призводить до зменшення кількості виділеного CO_2 [14]. Фізичний ефект використаних композицій полягає у тому, що покриття, утворене на поверхні плодів, сповільнює газообмінні процеси. Обмеження надходження кисню до плоду гальмує утворення етилену в плодах томата, оскільки етиленутворюючий фермент є виключно киснезалежним [15, с.121], що і знижує пік дихання.

Вміст сухих речовин у помідорах досліджуваних сортів, у середньому, становить 5,75 %, а коефіцієнт варіації знаходиться у межах 3%. Процеси післязбирального метаболізму зумовлюють стабільне зниження кількості СР та СРР під час зберігання томатів (рис. 2).

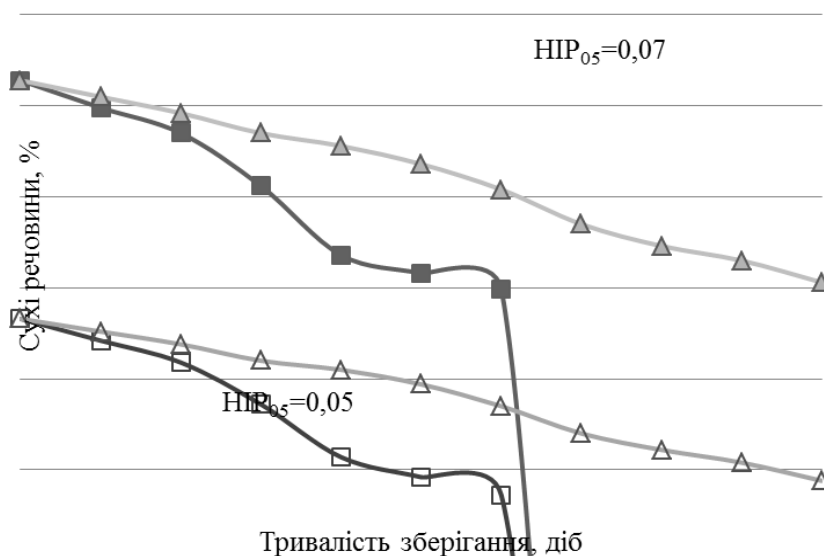


Рис. 2. Динаміка кількості сухих речовин під час зберігання томатів (середнє 2008-2010): —■— — СР контроль; —▲— — СР тепла обробка Хр+І+Л. —□— — СРР контроль; —△— — СРР тепла обробка Хр+І+Л.

За 30 днів зберігання вміст СР у контрольних плодах сорту Рио Гранде, в середньому, скорочується на 20 % по відношенню до початкового значення. Темпи витрат СР у сорту Новачок інтенсивніші: за 30 днів зберігання зниження концентрації СР становить 27 %.

Характер впливу теплової обробки антиоксидантними композиціями подібний для обох сортів і виявляється у сповільненні деградації СР і СРР. Достовірне гальмування розпаду СР помічено на 10 добу зберігання томатів сорту Новачок та на 20 добу сорту Рио

Гранде. Кращий ефект від обробки зафіксовано саме для Новачка (сорту з прискореним відносно Рио Гранде метаболізмом), що підтверджує вищу дієвість екзогенних антиоксидантів, там де є більша необхідність. Через 30 діб зберігання кількість СР в оброблених помідорах сорту Новачок вища на 20 %, а в Рио Гранде на 13 % порівняно з контрольними плодами, що дозволяє зберегти практично однакову кількість СР у помідорах з різною активністю метаболічних процесів. Така ж тенденція спостерігається у впливі обробки на рівень СРР помідорів.

За довшого на 20 діб терміну зберігання оброблені помідори обох сортів містили на 2...5 % більше СР, ніж контрольні на кінець зберігання.

За рахунок використання цукрів для підтримання нормального гомеостазу їх кількість впродовж зберігання поступово знижується. Помідори червоної стадії стиглості після охолодження втрачають здатність накопичувати леткі ароматичні сполуки та розчинні сахариди [16]. Це підтверджують і отримані результати (рис. 3).

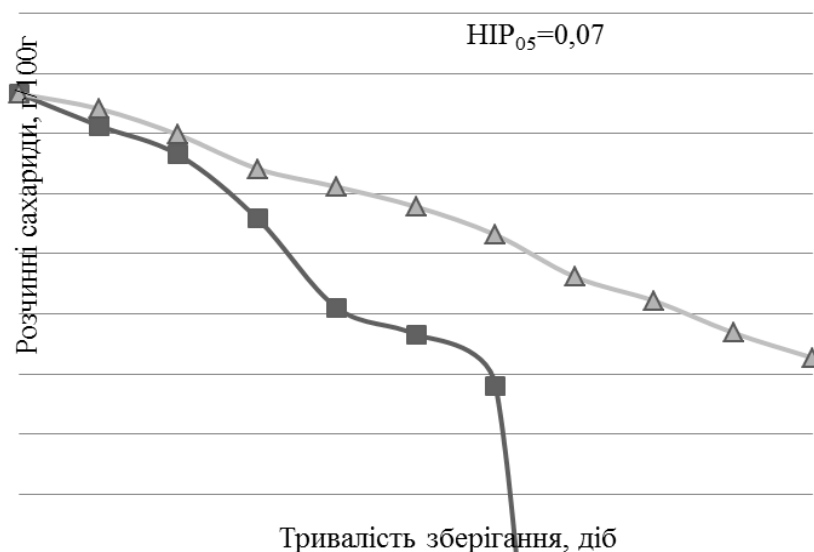


Рис. 3. Динаміка кількості цукрів у помідорах (середнє 2008-2010): —■— — контроль; —▲— — тепла обробка Хр+І+Л.

Вірогідне зниження вмісту цукрів у контрольних варіантах зафіксоване на 10 добу зберігання. Від 10 до 20 доби зберігання втрати цукрів посилюються у плодах обох гібридів, що співпадає з підйомом дихання. Через 30 діб зберігання сорт Рио Гранде втрачає 28 % цукрів від початкового вмісту, а сорт Новачок 31 %. Тож, незважаючи на вищий початковий вміст сахаридів у плодах сорту Новачок, на кінець зберігання їх рівень однаковий в обох сортах.

В оброблених поматах спостерігається поступове рівномірне зниження вмісту цукрів впродовж усього періоду зберігання. Теплова обробка антиоксидантами позитивно впливала на сповільнення швидкості розпаду сахаридів. Темпи дисиміляції цукрів у оброблених поматах у 2 рази нижчі, ніж у контрольних варіантах. Вміст простих цукрів у поматах з тепловою обробкою антиоксидантами через 30 діб зберігання становив 85...87 % від початкового вмісту. На кінець зберігання дослідних плодів (50 діб) вміст розчинних сахаридів був на 4...10 % вищий, ніж у контрольних плодах через 30 діб.

Аналіз кореляційних залежностей між сахаридами та ІД показав, що для плодів усіх груп у доклімактеричний період характерні сильні обернені зв'язки (табл. 1).

Таблиця 1 – Кореляційні залежності між інтенсивністю дихання та цукрами під час зберігання поматів

Варіант	Період зберігання	Ріо Гранде			Новачок		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010
Контроль	За весь період	-0,28	-0,35	-0,15	-0,34	-0,37	-0,31
	до клімактериксу	-0,90	-0,91	-0,94	-0,89	-0,91	-0,92
	після клімактериксу	0,97	≈1,00	0,98	0,99	0,98	0,91
Теплова обробка Хр+І+Л	За весь період	-0,39	-0,01	-0,30	-0,26	-0,07	-0,19
	до клімактериксу	-0,90	-0,92	-0,93	-0,86	-0,94	-0,94
	після клімактериксу	≈1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98

Тобто, з високою вірогідністю можна стверджувати, що до настання клімактеричного піку цукри є одним з основних субстратів дихання у контрольних та дослідних групах плодів.

З органічних кислот у поматах міститься лимонна, яблучна, щавелева і фумарова [17]. Виділяють дві основні органічні кислоти в поматах: лимонну і яблучну. Під час зберігання концентрація титрованих кислот у поматах поступово знижується. Такий патерн титрованої кислотності характерний для післязбирального періоду усіх клімактеричних плодів і є свідченням залучення їх у дихальні та метаболічні процеси. Аналогічна динаміка простежується в отриманих результатах для обох сортів помата (рис. 4).

Достовірне зниження титрованої кислотності спостерігається від 15 доби, коли починається посилення виділення CO₂. У фазу клімактериксу залучення кислот у дихальні процеси інтенсифікується. Це пов'язане з тим, що клімактерична фаза характеризується

підвищенням проникності мембран, внаслідок чого швидкість надходження органічних кислот з вакуолі в цитоплазму зростає. Загалом, застосована обробка сповільнює темпи зниження титрованої кислотності відносно томатів контрольних груп. Через 30 діб зберігання рівень титрованих кислот у томатах з тепловою обробкою антиоксидантами, в середньому, на 20 % був вищим, ніж в контролі.

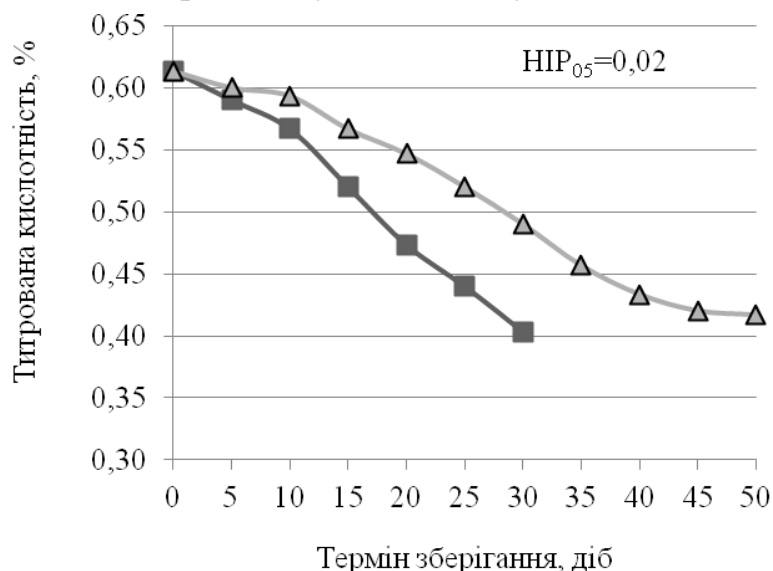


Рис. 4. Динаміка титрованої кислотності томатів (середнє 2008-2010): —■— — контроль; —▲— — теплова обробка Хр+І+Л.

Після зберігання дослідних партій плодів протягом 50 діб титрована кислотність знаходилась на тому ж рівні, що і в контрольних зразках. Участь кислот у дихальному процесі підтверджується встановленими кореляційними залежностями між цими показниками (табл. 2).

Таблиця 2 – Кореляційні залежності між інтенсивністю дихання та титрованими кислотами під час зберігання томатів

Варіант	Період зберігання	Ріо Гранде			Новачок		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010
Контроль	За весь період	-0,28	-0,37	0,05	-0,21	-0,29	-0,31
	до клімактерису	-0,90	-0,92	-0,91	-0,87	-0,88	-0,93
	після клімактерису	0,97	0,99	0,99	0,97	0,98	0,99
Теплова обробка Хр+І+Л	За весь період	-0,39	-0,07	-0,26	-0,31	-0,09	-0,09
	до клімактерису	-0,90	-0,94	-0,93	-0,92	-0,96	-0,97
	після клімактерису	≈1,00	0,96	0,92	0,99	0,93	≈1,00

Як видно з табл. 2, між ІД та титрованими кислотами в доклімактеричний період – сильний зворотній зв'язок ($r=-0,87\dots-0,97$), у післяклімактеричний – сильний прямий ($r=0,92\dots\approx 1,00$). Такі тісні залежності є свідченням повного залучення кислот у дихальний метаболізм та підтвердженням їх важливості як основного дихального субстрату в доклімактеричний період зберігання томатів.

Висновки. Теплова обробка антиоксидантами дозволяє віддалити настання дихального клімактериксу на 15 діб, знизити його рівень дихання на 8...9 % відносно контрольних варіантів, що сприяє кращій збереженості субстратів дихання.

Використання теплової обробки антиоксидантами дозволяє сповільнити деградацію сухих та сухих розчинних речовин. Через 30 діб зберігання кількість сухих речовин в оброблених томатах сорту Новачок вища на 20 %, а в Рио Гранде на 13 % порівняно з контрольними плодами, що дозволяє зберегти практично однакову кількість сухих речовин у томатах з різною активністю метаболічних процесів.

Темпи дисиміляції цукрів у оброблених томатах у 2 рази нижчі, ніж у контрольних варіантах. Кореляційний аналіз підтверджує, що до настання клімактеричного піку цукри є одним з основних субстратів дихання у контрольних та дослідних групах томатів.

Застосована обробка сповільнює темпи зниження титрованої кислотності відносно томатів контрольних груп. Через 30 діб зберігання рівень титрованих кислот у томатах з тепловою обробкою антиоксидантами, в середньому, на 20 % був вищим, ніж у контролі. Між ІД та титрованими кислотами в доклімактеричний період – сильний зворотній зв'язок ($r=-0,87\dots-0,97$), у післяклімактеричний – сильний прямий ($r=0,92\dots\approx 1,00$). Такі тісні залежності є свідченням повного залучення кислот у дихальний метаболізм та підтвердженням їх важливості як основного дихального субстрату у доклімактеричний період зберігання томатів.

Література:

1. *Jadhav S.S.* Daily consumption of antioxidants: - prevention of disease is better than cure [Text] / S.S. Jadhav, V.R. Salunkhe, M.S. Chandrakant // Asian J. Pharm. Res. – 2013. – Vol. 3 (1). – P. 34-40.
2. Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: A comparative study [Text] / D. Boivin, S. Lamy, S. Lord-Dufour [et al.] // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 112(2). – P. 374-380.
3. *Liu R.H.* Dietary bioactive compounds and their health implications [Text] / R.H. Liu // J. Food Sci. – 2013. – Vol. 78(s1). – P. A18-A25.

4. Аграрний сектор економіки України (стан і перспективи розвитку) [Текст] / [Присяжнюк М. В., Зубець М.В., Саблук П.Т. та ін.]; за ред. М.В. Присяжнюка, М.В. Зубця, П.Т. Саблука, В.Я. Месель-Веселяка, М.М. Федорова. – К.: ННЦ ІАЕ, 2011. – 1008 с.

5. *Chalmers D.J.* The climacteric in ripening tomato fruit [Text] / D.J. Chalmers, K.S. Rowan // *Plant physiology*. – 1971. – Vol. 48, № 3. – P. 235-240.

6. Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment [Text] / Y. Jing, M.R. Fu, Y.Y. Zhao, L.C. Mao // *Agricultural sciences in China*. – 2009. – Vol. 8, № 3. – P. 304-310.

7. *Saltveit M.E.* Respiratory metabolism [Electronic resource] / M.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 [Text] / R. K. Dhall // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2013. – Vol. 53, № 5. – P. 435-450.

9. *Прісс О.П.* Вплив теплової обробки антиоксидантами на субстрати дихання огірків під час зберігання [Текст] / О.П. Прісс // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – № 3 (10). – С. 19-25.

10. *Прісс О.П.* Скорочення втрат під час зберігання овочів, чутливих до низьких температур [Текст]: зб. наук. пр. / О.П. Прісс, В.В. Калитка // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. – 2014. – Вип. 1 (19). – С. 209–221.

11. Пат. 59733 України, МПК А 23 В 7/14. Антиоксидантна композиція для обробки плодів овочів перед зберіганням [Текст] / О.П. Прісс, Т.Ф. Прокудіна, В.Ф. Жукова. – и 2010 13798; заявл. 19.11.10; опубл. 25.05.11, Бюл. №10.

12. *Sargent S.A.* Tomato [Electronic resource] / S.A. Sargent, C.L. Moretti // *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/tomato.pdf>

13. Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment [Text] / Y. Jing, M.R. Fu, Y.Y. Zhao, L.C. Mao // *Agricultural sciences in China*. – 2009. – Vol. 8, № 3. – P. 304–310.

14. *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, № 6. – P. 924–929.

15. *Кретович В.Л.* Биохимия хранения картофеля, овощей и плодов / В.Л. Кретович, Е.Г. Салькова. – М. : Наука, 1990. – 182 с.

16. Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit [Text] / F.D. de León-Sánchez, C. Pelayo-Zaldívar, F. Rivera-Cabrera [et al.] //Postharvest Biol. Technol. – 2009. – Vol. 54, № 2. – P. 93–100.

17. *Fernández-Ruiz V.* Internal quality characterization of fresh tomato fruits [Text] /V. Fernández-Ruiz, M.C. Sanchez-Mata, M. Camara // HortSci. – 2004. – Vol. 39, №2 – P. 339–345.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ ТОМАТОВ ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ

Присс О.П., Бандуренко Г.М.

Аннотация – исследовано влияние тепловой обработки биологически активными веществами бактерицидно антиоксидантного действия на интенсивность и субстраты дыхания томатов в течение хранения. Установлено, что совместное влияние тепловой обработки и биологически активных веществ позволяет отодвинуть наступление климактерического подъема дыхания томатов на 15 суток и снизить его уровень на 8 ... 9% относительно контрольных вариантов, позволяет замедлить темпы расходования сухих веществ, растворимых сахаридов и титруемых кислот.

EFFECTS OF HEAT TREATMENT BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE RESPIRATION RATE DURING STORAGE TOMATOES

O. Priss, G. Bandurenko

Summary

The effect from the heat treatment with biologically active substances, which possess bactericide and antioxidant potential, on the intensity of respiration and its substrates in tomatoes during storage was investigated. It was found, that combined effect from heat and antioxidant treatment allows postponing of climacteric raise of tomatoes' respiration for 15 days and lowering its level on 8...9 % in comparison with thus in the control group. This allows to slower consumption rate of dry matter, soluble saccharides and titratable acids.