

WPLYW 1-MCP NA WYBARWIANIE SIĘ, WARTOŚĆ HANDLOWĄ I TRWAŁOŚĆ PRZECHOWALNICZĄ OWOCÓW POMIDORA

EFFECT OF 1-MCP TREATMENT ON RIPENING,
MARKET VALUE AND STORAGE ABILITY OF TOMATO FRUITS

Anna Wrzodak, Marek Gajewski*

Instytut Ogrodnictwa, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

*SGGW, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Anna.Wrzodak@inhort.pl

Abstract

The experiments on influence of 1-MCP treatment on the quality changes and storability of tomato fruits were performed. The experiments included an assessment of the ripening rate, market value and storage ability of tomato fruits. For the experiments two cultivars of tomato were selected: 'Faustine F₁' and 'Habana F₁' (LSL – long shelf life). Both cultivars were grown on stakes in a field. Tomato fruits were harvested at mature – green and full-red stages of maturity. The fruits were treated with 1-MCP at 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ or 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, and then stored at the temperatures of 12.5 °C and 20 °C and 85-90% RH in ambient atmosphere. After 4 weeks of storage there were determined: market value, storage life and percentage of rotten fruits. Storage life and market value of tomato fruits of both cultivars depended on the treatment with 1-MCP, stage of maturity and storage temperature. Treatment with 1-MCP delayed ripening of the fruit. Exposure to 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ or 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ of 1-MCP delayed ripening by 8 days at 12.5 °C and by 4 days at 20 °C for 'Faustine F₁' and 12 and 3 days respectively for 'Habana F₁'. Untreated fruit were characterized with the lowest storage life in comparison with the treated ones. Treatment of both tomato cultivars with 1-MCP influenced on reduction of – percentage of rotten fruits after storage. The highest share of rotten fruits was found in the control object for both cultivars at the temperature of 20 °C.

Key words: tomato, 1-MCP, market value, ripening, storage temperature

WSTĘP

1-Metylocyklopropen (1-MCP) jest regulatorem wzrostu przedłużającym trwałość przechowalniczą i jakość produktów roślinnych. Jest związkiem chemicznym, który wiąże się z receptorami etylenu w komórkach, przez co wykazują one zmniejszoną reakcję na etylen i zmniejszoną syntezę etylenu. Traktowanie 1-MCP w znacznym stopniu opóźnia proces

dojrzewania i starzenia się owoców pomidora przez zahamowanie produkcji etylenu (Krammes i in. 2003; Opiyo i Ying 2005; Tassoni i in. 2006; Watkins 2006). 1-MCP znacznie spowalnia proces oddychania w owocach (Colelli i in. 2003; Krammes i in. 2003; Guillén i in. 2007), opóźnia zmianę koloru tkanek roślinnych i redukuje mięknięcie i gnicie składowanych owoców (Mir i in. 2004; Adamicki i Badełek 2003; Guilléni i in. 2006; Mostofi i Toivonen 2006). Stopień zahamowania procesu dojrzewania pomidorów traktowanych 1-MCP zależy od jego stężenia, stopnia dojrzałości owoców (Moretti i in. 2002; Mir i in. 2004; Opiyo i Ying 2005; Martínez-Romero i in. 2007) oraz odmiany (Krammes i in. 2003).

W wielu regionach Polski, w wielkotowarowej produkcji polowej pomidora z przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia w okresie letnim i jesiennym, wzrasta zainteresowanie uprawą roślin przy palikach (Borowiak 2000; Suszyna 2006). W ten sposób uprawia się głównie odmiany szklarniowe charakteryzujące się bardzo dobrą jakością owoców oraz przedłużonym okresem pozbiornego składowania (LSL – long shelf life). Owoce tych odmian charakteryzują się dużą twardością, równomiernym wybarwieniem, dobrym smakiem i przede wszystkim dobrze znoszą transport i składowanie (Chiesa i in. 1998). Charakterystyczną cechą mieszańców F₁ typu LSL jest możliwość przedłużenia okresu krótkotrwałego składowania owoców bezpośrednio po zbiorze, a w konsekwencji wydłużenie czasu dostępności owoców bardzo dobrej jakości w sprzedaży (Garg i in. 2008).

Celem badań było określenie wpływu traktowania 1-MCP na wybarwienie się, wartość handlową i trwałość przechowalniczą owoców pomidora dwóch genetycznie zróżnicowanych odmian.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2007 roku. Materiał badawczy stanowiły dwie heterozyjne odmiany pomidora szklarniowego: 'Faustine F₁' TmVF₂N – odmiana firmy Syngenta Seeds (Holandia) i 'Habana F₁' TmVF₂N LSL (long shelf life) – odmiana o cechach warunkujących opóźnione dojrzewanie owoców firmy Western Seeds (Holandia). Odmiany są odporne na wirusa mozaiki tytoniu (Tm), *Verticillium* (V), *Fusarium* rasy 1 i 2 (F₂) oraz nicienie (N). Obie odmiany są polecane do upraw tunelowych oraz polowych przy palikach.

Materiał do badań pochodził od producenta z miejscowości Poladowo koło Śmigła. Pomidory były uprawiane w polu przy palikach z zastosowaniem standardowych zabiegów agrotechnicznych i ochrony roślin.

Do doświadczenia przeznaczono owoce w dwóch fazach dojrzałości: „zielone wyrośnięte” i „czerwone” (Adamicki 1991), wybierając owoce zdrowe, bez uszkodzeń i w miarę możliwości jednakowe pod względem wielkości. Po zbiorze owoce sortowano, myto w wodzie i zanurzano na 30 s w 0,03% wodnym roztworze podchlorynu sodu w celu dezynfekcji. Po osuszeniu owoce umieszczano w skrzynkach w gazoszczelnych kontenerach o kubaturze 1 m³. Owoce były traktowane 1-MCP w stężeniu 1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ i 2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ przez 21 godzin w temperaturze 18-20 °C. Pomidory traktowane 1-MCP i kontrolne przechowywano w normalnej atmosferze w dwóch temperaturach: 12,5 °C i 20 °C, przy wilgotności względnej powietrza 85-90%. Pomidory były ułożone w skrzynkach, w pojedynczej warstwie i przykryte folią polietylenową. Każdy obiekt składał się z 4 powtórzeń po 20 owoców.

Obserwacje przeprowadzono po 4 tygodniach przechowywania:

- Wartość handlową owoców oceniano w 9-stopniowej skali bonitacyjnej (9 – doskonała jakość, 7 – dobra, 5 – zadowalająca, 3 – słaba, utrata wartości handlowej i konsumpcyjnej; 1 – bardzo zła). Obserwacje dotyczące dojrzewania owoców przeprowadzono w odstępach dwu i trzydniowych, a po osiągnięciu pełnego wybarwienia w odstępach tygodniowych przeprowadzono ocenę wartości handlowej pomidorów. Przy ocenie wartości handlowej oceniano równomierność wybarwienia powierzchni, twardość, zdrowotność i starzenie się owoców.
- Tempo dojrzewania owoców określono na podstawie liczby dni potrzebnej do rozpoczęcia wybarwienia i liczby dni potrzebnej do pełnej dojrzałości.
- Trwałość przechowalniczą owoców określono na podstawie liczby dni od momentu osiągnięcia pełnej dojrzałości do uzyskania wartości handlowej równej 5 (zadowalającej). Przy ocenie wartości handlowej uwzględniano równomierność wybarwienia powierzchni, twardość i zdrowotność owoców.
- Udział owoców chorych w procentach.

Wyniki dotyczące wartości handlowej, liczby dni do uzyskania wartości handlowej 5 i udziału owoców chorych opracowano statystycznie metodą analizy wariancji w 3-czynnikowym modelu kompletnie losowym. Czynniki doświadczenia: A – stadium dojrzałości owoców pomidora, B – stężenie 1-MCP, C – temperatura przechowywania. Dane liczbowe dotyczące wybarwienia się owoców zielonych poddano analizie jednoczynnikowej. Porównania wielokrotne średnich dla kombinacji przeprowadzono

za pomocą testu Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$. Analiza statystyczna została wykonana za pomocą pakietu STATISTICA wersja 10.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocena wartości handlowej owoców została przedstawiona w 9-stopniowej skali bonitacyjnej według Adamickiego (1991). Podobną skalę wartości handlowej pomidorów zastosowali również Getinet i in. (2008). Owoce o najlepszej wartości handlowej odmiany 'Faustine F₁' uzyskano po traktowaniu 1-MCP w fazie „zielone wyrośnięte” lub „czerwone” (traktowane 1-MCP tylko w stężeniu $1,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) i składowaniu w temperaturze $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Dla pomidorów odmiany 'Habana F₁' nie stwierdzono korzystnego wpływu traktowania 1-MCP na zachowanie wysokiej wartości handlowej owoców. Najlepszą wartością handlową charakteryzowały się „zielone wyrośnięte” owoce tej odmiany nietraktowane 1-MCP i przechowywane w temperaturze $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (8,4 pkt.) (tab. 2). Podobne wyniki uzyskali Guillén i in. (2003) oraz Adamicki i Badełek (2006). W pracach Sun i in. (2003) oraz Ergun i in. (2006) owoce pomidora traktowane 1-MCP charakteryzowały się wyższą wartością handlową niż owoce nietraktowane.

Pomidory obu odmian poddane działaniu 1-MCP uzyskały wyższe oceny trwałości przechowalniczej w porównaniu do owoców nietraktowanych. Nie stwierdzono wpływu zwiększonego stężenia 1-MCP na wydłużenie trwałości przechowalniczej owoców pomidora. Najlepszą trwałością przechowalniczą charakteryzowały się owoce „zielone wyrośnięte” odmiany 'Habana F₁' potraktowane 1-MCP w dawkach $1,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ i $2,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, które uzyskały zadowalającą wartość handlową po 68 dniach składowania w temperaturze $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tab. 2). Niższą trwałością przechowalniczą charakteryzowały się pomidory odmiany 'Faustine F₁' (tab. 1). Traktowanie 1-MCP owoców zebranych w fazie „zielone wyrośnięte” i „czerwone” w sposób istotny wydłużyło trwałość przechowalniczą owoców odmiany 'Faustine F₁' (odpowiednio o 12 i 16 dni) i 'Habana F₁' (o 15 dni) w stosunku do owoców nietraktowanych.

Najwyższy udział owoców porażonych chorobami pochodzenia grzybowego w przypadku owoców odmiany 'Faustine F₁' był na poziomie 34%, natomiast dla owoców odmiany 'Habana F₁' na poziomie 25%, w obu przypadkach nietraktowanych 1-MCP (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Wpływ traktowania 1-MCP (B) i temperatury przechowywania (C) na wartość handlową i udział owoców chorych pomidora odmiany 'Faustine F₁' zebranych w dwóch fazach dojrzałości (A) po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 12,5 °C i 20 °C

Table 1. The effect of 1-MCP (B) and storage temperature (C) on marketable value and percentage of rotten fruits of 'Faustine F₁' harvested at two maturity stages (A) after 4 weeks of storage at 12.5 °C and 20 °C

Faza dojrzałości Stage of maturity (A)	Temp. (°C)	Wartość handlowa po przechowywaniu Market value						Liczba dni do uzyskania wartości handlowej 5 Number of days to reach market value 5						Udział owoców chorych (%) Rotten fruits (%)											
		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		kontrola control		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		kontrola control		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		kontrola control		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP							
		(B)	1.0	2.0	μL·L ⁻¹	(B)	1.0	2.0	μL·L ⁻¹	(B)	1.0	2.0	μL·L ⁻¹	(B)	1.0	2.0	μL·L ⁻¹	(B)	1.0	2.0	μL·L ⁻¹				
Zielone Mature-green	12,5 °C	7,6	5,7	3,5	5,6	32	44	48	41	6,2	1,2	2,5	3,3	4,9	7,6	34,0	5,0	15,0	18,0	6,2	1,2	2,5	3,3		
	20 °C	6,2	6,6	5,1	6,0	30	38	41	36	20,1	3,1	8,7	10,6	6,2	1,2	2,5	3,3	6,2	1,2	2,5	3,3	6,2	1,2	2,5	
	\bar{x}	8,3	8,6	bd	8,4	49	61	bd	55	10,0	3,7	bd	6,8	8,2	8,5	bd	55	46	3,1	5,0	1,2	bd	3,1	5,0	
Czerwone Full-red	12,5 °C	8,2	8,5	bd	8,3	43	58	bd	50	5,0	2,4	4,9	6,8	8,2	8,5	bd	43	50	5,0	2,4	4,9	5,0	2,4	4,9	
	20 °C	7,9	7,1	3,5	6,2	40	52	48	47	8,1	2,4	4,3	6,8	7,9	7,1	3,5	40	52	48	47	8,1	2,4	4,3	6,8	
	\bar{x}	6,5	8,0	6,7	7,1	32	44	34	37	19,5	3,1	15,0	12,5	6,5	8,0	6,7	32	44	34	37	19,5	3,1	15,0	12,5	
	\bar{x}	7,2	7,5	5,1	6,6	36	48	41	42	13,8	2,7	8,7	10,6	7,2	7,5	5,1	36	48	41	42	13,8	2,7	8,7	10,6	
NIR _{0,05}		A-0,44, B-0,68, C-0,43, A×B-ns, A-1,24, B-1,91, C-1,21, A×B-2,34, A×C-ns, B×C-2,7, A×C-ns, B×C-0,96, A×B×C-1,18																							
LSD _{0,05}		A×B×C-3,31																							

bd – brak danych; no data

Tabela 2. Wpływ traktowania 1-MCP (B) i temperatury przechowywania (C) na wartość handlową i udział owoców chorych pomidora odmiany 'Habana F₁' zebranych w dwóch fazach dojrzałości (A) po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 12,5 °C i 20 °C

Table 2. The effect of 1-MCP (B) and storage temperature (C) on marketable value and percentage of rotten fruits of 'Habana F₁' harvested at two maturity stages (A) after 4 weeks of storage at 12.5 °C and 20 °C

Faza dojrzałości Stage of maturity (A)	Temp. (°C)	Wartość handlowa po przechowaniu Market value				Liczba dni do uzyskania wartości handlowej 5 Number of days to reach market value 5				Udział owoców chorych (%) Rotten fruits (%)					
		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP		kontrola control		traktowanie 1-MCP treatment with 1-MCP			
		(B)	1.0 μL·L ⁻¹	2.0 μL·L ⁻¹	\bar{x}	(B)	1.0 μL·L ⁻¹	2.0 μL·L ⁻¹	\bar{x}	(B)	1.0 μL·L ⁻¹	2.0 μL·L ⁻¹	(B)	1.0 μL·L ⁻¹	2.0 μL·L ⁻¹
Zielone Mature-green	12.5 °C	5,6	2,4	2,2	3,4	53	68	68	63	10,0	7,5	10,0	7,5	3,7	7,1
	20 °C	8,4	5,4	7,1	7,0	44	45	44	44	10,0	10,0	10,0	10,0	12,5	10,8
	\bar{x}	7,0	3,9	4,6	5,2	48	56	56	53	10,0	8,7	10,0	8,7	8,1	8,9
Czerwone Full-red	12.5 °C	7,0	7,1	bd	7,0	36	45	bd	40	20,0	13,7	20,0	13,7	bd	16,8
	20 °C	6,0	6,6	bd	6,3	36	43	bd	39	25,0	21,2	25,0	21,2	bd	23,1
	\bar{x}	6,5	6,8	bd	6,6	36	44	bd	40	22,5	17,4	22,5	17,4	bd	19,9
	12.5 °C	6,3	4,7	2,2	4,4	44	56	68	56	15,0	10,6	15,0	10,6	3,7	9,7
	20 °C	7,2	6,0	7,1	6,8	40	44	44	43	17,5	15,6	17,5	15,6	12,5	15,2
	\bar{x}	6,8	5,3	4,6	5,6	42	50	56	49	16,2	13,1	16,2	13,1	8,1	12,4
NIR _{0.05}		A-0,54, B-0,83, C-0,53, A-2,29, B-3,52 C-2,24,													
LSD _{0.05}		A×B-1,02, A×C-0,78, A×B-ns, A×C-3,23,													
		B×C-1,18, A×B×C-ns B×C-4,98, A×B×C-6,09													

bd – brak danych; no data

Tabela 3. Wybarwienie się zielonych – wyrośniętych owoców pomidora obu odmian zależnie od temperatury składowania i stężenia 1-MCP

Table 3. The effect of 1-MCP treatment and storage temperature on ripening of mature-green tomato fruits of both cultivars

Obiekt Treatment	'Faustine F ₁ '						'Habana F ₁ '					
	temperatura przechowywania storage temperature						temperatura przechowywania storage temperature					
	12,5 °C		20 °C		20 °C		12,5 °C		20 °C		20 °C	
Liczba dni do: Number of days:												
	rozpoczęcia wybarwienia to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity	rozpoczęcia wybarwienia to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity	rozpoczęcia wybarwienia to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity	rozpoczęcia wybarwienia to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity	rozpoczęcia wybarwienia to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity	rozpoczęcia wybarwienia to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity
Kontrola Control	10a	21a	4a	11a	12a	27a	10a	21a	10a	21a	21a	21a
1.0 µL·L ⁻¹	15b	29b	7b	19b	23c	50b	13b	28b	13b	28b	28b	28b
2.0 µL·L ⁻¹	21c	39c	10c	24c	20b	53b	13b	30b	13b	30b	30b	30b

Średnie różniące się istotnie przy $\alpha = 0.05$ oznaczono odmiennymi literami.
Means signed with different letters differ significantly.

Zastosowanie wyższej dawki 1-MCP ($2,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) wpłynęło istotnie na zahamowanie rozwoju chorób, jedynie „zielonych wyrośniętych” owoców odmiany ‘Habana F₁’ przechowywanych w $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Traktowanie 1-MCP (w stężeniu $1,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) owoców obu odmian zebranych w fazie „zielone wyrośnięte” i „czerwone” w sposób istotny zahamowało rozwój chorób grzybowych w czasie przechowywania. Również temperatura przechowywania istotnie wpłynęła na udział owoców chorych. Udział porażonych owoców pomidora był nieco wyższy po przechowaniu w temperaturze $20 \text{ }^\circ\text{C}$ w porównaniu do owoców składowanych w temperaturze $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Guillén i in. (2006) stwierdzili mniejsze porażenie owoców pomidorów traktowanych 1-MCP w porównaniu do kontrolnych. Autorzy podają, że wrażliwość owoców na choroby jest bardzo zróżnicowana (od 13 do 40% porażonych owoców) i zależna od odmiany, fazy dojrzałości i temperatury przechowywania. Podobne wyniki uzyskali Paul i in. (2010), którzy w owocach kontrolnych zanotowali od 5 do 60% porażonych owoców, natomiast w traktowanych 1-MCP od 2 do 30% po 26 dniach składowania w temperaturze $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tempo wybarwiania się owoców było uzależnione od stężenia 1-MCP, temperatury składowania oraz odmiany pomidora. W temperaturze $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$ okres potrzebny do rozpoczęcia wybarwiania się owoców obu odmian był dwukrotnie dłuższy, gdy traktowano owoce 1-MCP w stężeniu $2,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ w porównaniu z kontrolą (tab. 3). Zaobserwowano różnice u obydwu odmian w liczbie dni potrzebnych do osiągnięcia pełnej dojrzałości zielonych owoców traktowanych 1-MCP podczas składowania w obydwu temperaturach. Traktowanie zielonych owoców 1-MCP opóźniło proces dojrzewania owoców do 39 dni w przypadku ‘Faustine F₁’ i do 53 dni dla odmiany ‘Habana F₁’. Podobne wyniki dotyczące dojrzewania owoców pomidorów i ich jakości uzyskali Adamicki i Badełek (2003), Wills i Ku (2002) oraz Mostofi i in. (2003).

WNIOSKI

1. Trwałość przechowalnicza i wartość handlowa owoców pomidora obu odmian zależała od traktowania 1-MCP, stopnia dojrzałości owoców w czasie zbioru i temperatury przechowywania. Niższą trwałością przechowalniczą charakteryzowały się owoce nietraktowane 1-MCP w porównaniu do owoców traktowanych.
2. Zastosowanie 1-MCP istotnie wpłynęło na ograniczenie rozwoju chorób grzybowych pomidorów obu odmian. Temperatura przechowywania $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$ także wpłynęła istotnie na ograniczenie udziału owoców

porażonych w porównaniu do owoców przechowywanych w temperaturze 20 °C.

3. Między odmianami zanotowano istotne różnice w długości okresu potrzebnego do rozpoczęcia wybarwienia owoców i uzyskania pełnego wybarwienia.

Literatura

- Adamicki F. 1991. Wpływ temperatury i kontrolowanej atmosfery na przechowywanie, dojrzewanie i jakość owoców pomidorów. Praca habilitacyjna, Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach.
- Adamicki F., Badełek E. 2003. Wpływ 1-MCP na wybarwienie się, jakość i trwałość przechowalniczą owoców pomidorów. *Folia Horticulturae Supplement* 2: 361-363.
- Adamicki F., Badełek E. 2006. Badania nad nowymi technologiami pozwalającymi na przedłużenie okresu przechowania i zachowanie wysokiej jakości warzyw. *Vegetable Crops Research Bulletin* 65: 63-72.
- Borowiak J. 2000. Pomidory w polu. Hortpress, Warszawa, s. 146.
- Chiesa L., Diaz L., Cascone O., Pañak K., Camperi S., Frezza D., Fraguas A. 1998. Texture changes on normal and long-shelf life tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit ripening. *Acta Horticulturae* 464: 488.
- Colelli G., Sánchez Pineda de las Infantas M.T., Torralbo F.J. 2003. Effects of treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato. *Alimentaria* 342: 67-70.
- Ergun M., Sargent S.A., Huber D. 2006. Postharvest quality of grape tomatoes treated with 1-methylcyclopropene at advanced ripeness stages. *HortScience* 41(1): 183-187.
- Garg N., Cheema D.S., Dhath A.S. 2008. Utilization of *rin*, *nor* and *alc* alleles to extend tomato fruit availability. *International Journal of Vegetable Science* 14: 41-54.
- Getinet H., Seyoum T., Woldetsadik K. 2008. The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 87: 467-478.
- Guillén F., Castillo S., Zapata P.J., Martínez-Romero D., Serrano M., Valero D. 2007. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Postharvest Biology and Technology* 43: 23-27.
- Guillén F., Castillo S., Zapata P.J., Martínez-Romero D., Valero D., Serrano M. 2006. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. 2. Effect of cultivar and ripening stage at harvest. *Postharvest Biology and Technology* 42: 235-242.

- Krammes J.G., Megguer C.A., Argenta L.C., Amarante C.V.T., Grossi D. 2003. Use of 1-methylcyclopropene to delay fruit ripening of tomato. *Horticultura Brasileira* 21: 611-614.
- Martínez-Romero D., Bailén G., Serrano M., Guillén F., Valverde J.M., Zapata P. i in. 2007. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47: 543-560.
- Mir N., Canoles M., Beaudry R., Baldwin E., Pal Mehla C. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *Journal of the American Society for the Horticultural Science* 129: 112-120.
- Moretti C.L., Araújo A.L., Marouelli W.A., Silva W.L.C. 2002. 1-Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. *Horticultura Brasileira* 20(4): 659-663. DOI: 10.1590/S0102-05362002000400030.
- Mostofi Y., Toivonen P.M.A. 2006. Effects of storage conditions and 1-Methylcyclopropene on some qualitative characteristics of tomato fruits. *International Journal Agriculture and Biology* 8: 93-96.
- Mostofi Y., Toivonen P.M.A., Lessani H., Babalar M., Lu C. 2003. Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 27: 285-292.
- Opiyo A.M., Ying T.J. 2005. The effects of 1-methylcyclopropene treatment on the shelf life and quality of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) fruit. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 665-673.
- Paul V., Pandey R., Srivastava G.C. 2010. Ripening of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Part I: 1-methylcyclopropene mediated delay at higher storage temperature. *Journal of Food Science and Technology* 47: 519-526.
- Sun X., Wang Z., Li Z., Wang W., Zhang Z. 2003. Effects of 1-MCP on postharvest physiology of tomato. *Agricultural Sciences in China* 2(6): 663-669.
- Suszyna J. 2006. Wpływ ekstremalnych warunków wilgotnościowych na plonowanie pomidora w uprawie polowej. *Folia Horticulturae Supplement* 2: 181-185.
- Tassoni A., Watkins C.B., Davies P.J. 2006. Inhibition of the ethylene response by 1-MCP in tomato suggests that polyamines are not involved in delaying ripening, but may moderate the rate of ripening or over-ripening. *Journal of Experimental Botany* 57: 3313-3325.
- Watkins C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389-409.
- Wills R.B.H., Ku V.V.V. 2002. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 26: 85-90.