

**WPLYW TRAKTOWANIA 1-METYLOCYKLOPROPENEM
NA WARTOŚĆ ODŻYWCZĄ
I TRWAŁOŚĆ PRZECHOWALNICZĄ OWOCÓW POMIDORA**

**THE INFLUENCE OF THE 1-METHYLOCYKLOPROPENE
TREATMENT ON NUTRITIVE VALUE
AND STORAGE LIFE OF TOMATO FRUITS**

Anna Wrzodak

Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

WSTĘP

Ujemny wpływ etylenu, jednego z najbardziej znanych hormonów roślinnych, produkowanego przez większość gatunków warzyw, ujawnia się głównie w przyspieszeniu procesu oddychania i starzenia się warzyw oraz skróceniu okresu ich przechowywania. Owoce pomidorów są bardzo wrażliwe na działanie etylenu. Powoduje on przyspieszenie ich dojrzewania oraz szybsze starzenie się. Zielone owoce pomidorów wydzielają nieznaczne ilości etylenu lecz wraz z rozpoczęciem wybarwiania się produkcja etylenu wzrasta, co przyczynia się do przyspieszenia dojrzewania pozostałych owoców zielonych (Lelièvre i in. 1997). Zastosowanie 1-metylocyklopropenu – regulatora wzrostu blokującego receptory etylenu - pozwala na znaczne przedłużenie okresu składowania owoców pomidora. 1-MCP jest związkiem stabilnym, nietoksycznym, skutecznym w bardzo niskich dawkach, a jednocześnie nieszkodliwym dla roślin w przypadku użycia go w stężeniu przekraczającym optymalne. W roślinach traktowanych tym związkiem nie stwierdzono akumulacji szkodliwych substancji. Zależnie od gatunku warzyw działanie 1-MCP jest różnorodne i dotyczy intensywności oddychania, rozpadu chlorofilu, zmiany zabarwienia, utraty twardości, smaku, aromatu oraz porażenia przez choroby (Blankenship i Dole 2003, Mir i in. 1999, Rohwer i in. 2001, Wills i Ku 2000, Mostofi i in. 2002). Celem badań było określenie wpływu działania 1-metylocyklopropenu (1-MCP) na wybarwianie się, wartość handlową i trwałość przechowalniczą owoców dwóch odmian pomidorów zebranych w trzech stadiach dojrzałości.

MATERIAŁY I METODY

Materiałem do badań były dwie odmiany pomidorów: Faustine F₁ i Habana F₁. Obie odmiany były uprawiane w polu metodą przy paliku.

Do doświadczeń zebrano owoce w trzech stadiach dojrzałości: zielone, „zapalone” i wybarwione, wybierając owoce zdrowe, bez uszkodzeń i w miarę możliwości jednakowe pod względem wielkości. Po zbiorze owoce sortowano, myto w czystej wodzie, a następnie zanurzano na 30 sekund w wodnym roztworze podchlorynu sodu ($3 \text{ g} \cdot 10 \text{ L}^{-1}$ wody) w celu dezynfekcji. Po osuszeniu owoce pomidorów umieszczano w gazoszczelnych pojemnikach, w których przez 21 godzin traktowano je 1-MCP w stężeniu $0,5 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$, $1,0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ i $2,0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$. Podczas traktowania owoców 1-MCP utrzymywano temperaturę na poziomie 20°C . Pomidory traktowane 1-MCP i kontrolne przechowywano w normalnej atmosferze w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ i 20°C oraz wilgotności względnej powietrza 85-90%. Każdy obiekt składał się z 4 powtórzeń po 20 owoców. Owoce pomidorów we wszystkich obiektach były ułożone w skrzynkach i przykryte folią polietylenową.

Przed przechowaniem wykonano pomiary cech fizycznych owoców takich jak: jędrność owoców, wyrażona siłą przebicia owocu (w Niutonach - N) i mierzona za pomocą aparatu Instron 1140 z trzpieniem przesuwającym się z prędkością 200 mm/min , na 5 owocach każdej odmiany, w punkcie największej średnicy owocu na przeciwległych stronach; wytrzymałość owoców na zgniatanie wyrażoną w niutonach (N) i mierzona również za pomocą aparatu Instron 1140 na 5 owocach z odmiany; pomiar barwy owoców za pomocą kolorymetru Hunter Lab. CQ Spec. Wykonano również analizy chemiczne owoców pomidorów uwzględniając: suchą masę, cukry, kwasowość czynną (pH), kwasowość ogólną, zawartość kwasu askorbinowego, likopenu oraz fenoli. Po 4 tygodniach składowania w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ i 20°C powtórzono te same oznaczenia cech fizycznych i wszystkie analizy chemiczne, co w owocach przed przechowaniem.

Po przechowaniu oznaczono: ubytki naturalne (% masy) po 7, 14, 21, i 28 dniach przechowywania, wartość handlową owoców w 9-cio stopniowej skali bonitacyjnej (9-najwyższa jakość, 7-dobra, 5-zadawalająca, 3-słaba; 2- 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 prowadzono ocenę wartości handlowej pomidorów. Obliczono także trwałość przechowalniczą owoców określaną liczbą dni od momentu osiągnięcia pełnej dojrzałości do uzyskania wartości handlowej - 5 (jeszcze zadowalającej do handlu) oraz wartość handlową 3 (dyskwalifikującą owoce do handlu). Przy ocenie wartości handlowej uwzględniano równomierność wybarwiania powierzchni, twardość,

zdrowotność i starzenie się owoców. Po 4 tygodniach przechowywania zanotowano procentowy udział owoców chorych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Owoce Faustine F_1 i Habana F_1 składowane jako kontrola i traktowane 1-MCP przechowywane w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ miały niższe ubytki masy w porównaniu do owoców przechowywanych w temperaturze 20°C . Po 4 tygodniach składowania, największe ubytki (1,2%) w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ stwierdzono dla owoców kontrolnych „zapalonych” odmiany Faustine F_1 , a najmniejsze (0,3%) dla owoców zielonych tej samej odmiany traktowanych 1-MCP o stężeniu $2,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$. Natomiast w temperaturze 20°C notowano ubytki odpowiednio: 2,4% dla wybarwionych kontrolnych owoców odmiany Habana F_1 i 0,9% dla owoców zielonych tej samej odmiany traktowanych 1-MCP o stężeniu $2,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ (tab.1 i 2).

Tempo dojrzewania owoców było uzależnione od stężenia 1-MCP, temperatury przechowywania, jak również odmiany. W temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ okres potrzebny do rozpoczęcia wybarwiania się owoców był ponad dwukrotnie dłuższy, gdy traktowano owoce 1-MCP w stężeniu $2,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ w porównaniu z kontrolą, zarówno dla odmiany Faustine F_1 jak i Habana F_1 . Traktowanie 1-MCP zielonych owoców odmiany Habana F_1 powoduje opóźnienie dojrzewania owoców o 23-21 dni w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ i 13-14 dni w 20°C . Zaobserwowano różnice u obydwu odmian w liczbie dni potrzebnych do pełnej dojrzałości zielonych owoców traktowanych różnymi stężeniami 1-MCP, w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ i 20°C (tab. 3 i 4). Podobne wyniki dotyczące przyspieszenia dojrzewania owoców pomidorów i ich jakości uzyskali Adamicki i Badełek (2003) oraz Mostofi i in. (2003). Owoce traktowane 1-MCP oraz kontrolne, po uzyskaniu pełnego wybarwienia miały podobną wartość handlową. Najlepszą jakością (9,0 pkt) po okresie przechowania w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ odznaczały się wybarwione owoce odmiany Faustine F_1 , traktowane 1-MCP w stężeniu $1,0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$. Nieco niższą jakością charakteryzowały się owoce odmian przechowywanych w temperaturze 20°C .

Trwałość przechowalnicza owoców określana liczbą dni od momentu osiągnięcia pełnej dojrzałości do uzyskania wartości handlowej 5 (jeszcze zadowalającej do handlu) wynosiła średnio 43 dni w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ i 36 dni w temperaturze 20°C dla odmiany Faustine F_1 . Najlepszą trwałością przechowalniczą wykazała się odmiana Habana F_1 , której owoce uzyskały zadowalającą wartość handlową po 51 dniach składowania w temperaturze $12,5^{\circ}\text{C}$ (średnio dla wszystkich obiektów i stopni dojrzałości owoców) (tab.4).

Najmniej owoców chorych po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 20°C zanotowano dla wybarwionych owoców odmiany Faustine F₁ potraktowanych metylocyklopropienem w stężeniu 1,0 µL·L⁻¹ (tab. 3). Zdecydowanie większe porażenie owoców zaobserwowano we wszystkich obiektach kontrolnych obu odmian. Najwyższy udział owoców porażonych patogenami grzybowymi stwierdzono u zielonych, nie-traktowanych owoców odmiany Faustine F₁, aż 34%. Otrzymane wyniki znalazły potwierdzenie we wcześniejszych doświadczeniach prowadzonych przez Blankenship i Dole (2002) oraz Mostofi i Toivonen (2006). Poprzez traktowanie pomidorów 1-metylocyklopropienem przechowywane owoce wykazywały mniejsze porażenie przez choroby, w porównaniu do owoców nie traktowanych.

Owoce pomidorów badanych odmian przed przechowaniem różniły się znacznie zawartością składników chemicznych oraz cechami fizycznymi. Owoce odmiany Habana F₁ miały wyższą zawartość suchej masy, cukrów, kwasowości czynnej oraz fenoli rozpuszczalnych i aż dwukrotnie wyższą zawartość kwasu askorbinowego i likopenu w porównaniu do owoców Faustine F₁ (tab. 5 i 8). Traktowanie owoców obydwu odmian 1-MCP przed przechowaniem tylko nieznacznie wpływało na zmiany w ich składzie chemicznym.

W doświadczeniach wielu autorów traktowanie 1-MCP zielonych i „zapalonych” owoców pomidora powodowało zdecydowany wzrost zawartości likopenu i karotenoidów, ponadto opóźniało spadek zawartości witaminy C i chlorofilu w owocach (Opiyo i Yinga 2005, Mir i in. 2004, Guilèn i in. 2006). Wyniki tego doświadczenia potwierdziły podobne zmiany w zawartości poszczególnych składników chemicznych w owocach pomidora po czterech tygodniach przechowywania. W miarę dojrzewania owoców u obu odmian zauważono niewielkie obniżenie zawartości suchej masy, cukrów ogółem i zawartości kwasów organicznych w obu temperaturach przechowywania. Jednak wyższe ubytki tych składników zanotowano w owocach Faustine F₁ przechowywanych w temperaturze 20°C (tab.7). W czasie przechowywania w owocach obu odmian, będących w różnych stadiach dojrzałości, następował stopniowy wzrost zawartości kwasu askorbinowego i likopenu, zarówno w obiektach kontrolnych jak i traktowanych 1-MCP (tab. 9).

Owoce pomidora odmiany Habana F₁ kontrolne i traktowane 1-MCP charakteryzowały się wyższą odpornością na przebicie i większą wytrzymałością na zgniatanie, w porównaniu do owoców Faustine F₁ (tab. 11). W czasie przechowywania następowało stopniowe obniżanie jędrności i wytrzymałości na zgniatanie owoców obu odmian szczególnie w temperaturze 20°C (tab. 13).

Tabela 1. Ubytki masy (%) pomidorów odmiany Faustine F₁ zależnie od temperatury składowania i stężenia 1-MCP
 Table 1. Mass loss (%) of tomato fruit Faustine F₁ depending on temperature of storage and 1-MCP concentration

Obiekt Treatment	Temperatura 12.5°C/ Temperature 12.5°C												Temperatura 20°C/ Temperature 20°C											
	Owoce zielone/ green fruits				Owoce „zapalone”/ breaker fruits				Owoce wybarwione/ red fruits				Owoce zielone/ green fruits				Owoce „zapalone”/ breaker fruits				Owoce wybarwione/ red fruits			
	Okres przechowywania (dni) / storage period (days)																							
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
Kontrola Control	0,2	0,5	0,6	0,8	0,2	0,4	0,5	0,8	0,5	1,1	1,5	2,0	0,5	1,1	1,5	1,8	0,4	0,7	1,3	1,6				
0.5 µL·L ⁻¹	0,1	0,2	0,3	0,5					0,3	0,6	0,8	1,5												
1.0 µL·L ⁻¹	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,2	0,5	0,8	1,2	0,2	0,5	0,7	1,2	0,3	0,8	1,1	1,5
2.0 µL·L ⁻¹	0,1	0,1	0,1	0,3									0,2	0,5	0,8	1,1								

Tabela 2. Ubytki masy (%) pomidorów odmiany Habana F₁ zależnie od temperatury składowania i stężenia 1-MCP
Table 2. Mass loss (%) of tomato fruit Habana F₁ depending on temperature of storage and 1-MCP concentration

Obiekt Treatment	Temperatura 12.5°C/ Temperature 12.5°C								Temperatura 20°C/ Temperature 20°C							
	Owoce zielone/ green fruits				Owoce „zapalone”/ breaker fruits				Owoce wybarwione/ colored fruits				Owoce zielone/ green fruits			
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
Okres przechowywania (dni) / Storage period (days)																
Kontrola Control	0,4	0,6	0,9	1,1	0,3	0,6	0,9	1,1	0,1	0,4	0,6	0,8	0,5	0,9	1,1	1,3
1.0 µL·L ⁻¹	0,1	0,2	0,3	0,4	0	0,2	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,4	0,7	0,9
2.0 µL·L ⁻¹	0,1	0,1	0,3	0,4									0,1	0,3	0,6	0,9

Tabela 3. Wpływ 1-MCP na wskaźniki przechowywania zielonych, „zapalonych” i wybarwionych owoców pomidora odmiany Faustine F₁ po 4 tygodniach składowania w temperaturze 12,5°C i 20°C
Table 3. The effect of 1-MCP treatment on marketable value and percentage of rotten fruits of Faustine F₁ after 4 weeks storage at 12.5°C and 20°C

Stopień dojrzałości Stage of maturity	Obiekt Treatment	Temperatura 12,5°C/Temperature 12.5°C					Temperatura 20°C/Temperature 20°C				
		Liczba dni do: Number of days:		Wartość handlowa market value	% udział owoców chorych Percentage of rotten fruits	Liczba dni do uzysk. wartości handlowej Number of days to reach market value		Wartość handlowa market value	% udział owoców chorych Percentage of rotten fruits		
		początku wybarw. to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity			początku wybarw. to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity				
				5				3		5	3
Owoce zielone Mature green fruits	Kontrola 0,5 µL·L ⁻¹ 1,0µL·L ⁻¹ 2,0µL·L ⁻¹	10 9 16 22	21 22 30 40	32 32 44 48	35 35 47 50	6 9 1 2	5 5 8 10	11 13 19 24	28 31 33 34	32 34 36 36	34 19 5 15
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1,0µL·L ⁻¹			35 35	38 37	10 2			32 33	34 36	25 20
Owoce wybarw. Red fruits	Kontrola 1,0µL·L ⁻¹			49 61	52 65	10 4			37 55	40 59	5 1

Skala oceny wartości handlowej owoców pomidora: 9-najwyższa jakość, 5-zadawalająca, 3-słaba;
Market value score of tomatoes fruits: 9-excellent (with no defects), 5-acceptable (limit of market suitability), 3-low (limit of consumption suitability)

Tabela 4. Wpływ 1-MCP na wskaźniki przechowywania zielonych, „zapalonych” i wybarwionych owoców pomidora odmiany Habana F₁ po 4 tygodniach składowania w temperaturze 12,5°C i 20°C

Table 4. The effect of 1-MCP treatment on marketable value and percentage of rotten fruits of Habana F₁ after 4 weeks storage at 12.5°C and 20°C

Stopień dojrzałości Stage of maturity	Obiekt Treatment	Temperatura 12,5°C/Temperature 12.5°C					Temperatura 20°C/Temperature 20°C						
		Liczba dni do: Number of days:		Wartość handlowa market value	Liczba dni do uzysk. wartości handlowej Number of days to reach market value	% udział owoców chorych Percentage of rotten fruits	Liczba dni do: Number of days:		Wartość handlowa market value	Liczba dni do uzysk. wartości handlowej Number of days to reach market value	% udział owoców chorych Percentage of rotten fruits		
		początku wybarw. to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity				początku wybarw. to reach breaker stage of maturity	pełnej dojrzałości to reach red stage of maturity					
Owoce zielone Mature green fruits	Kontrola 1.0µL·L ⁻¹ 2.0µL·L ⁻¹	12 23 21	27 55 50	8,6 8,7 8,9	53 68 68	55 71 70	10 7 4	10 13 14	20 31 28	8,6 8,7 8,8	44 45 44	47 47 47	10 10 12
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0µL·L ⁻¹			8,8 8,9	41 49 52	43 52	16 9			8,6 8,7	34 43 46	37 46	14 17
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0µL·L ⁻¹			8,7 8,8	36 45 48	39 48	20 14			8,6 8,9	36 43 45	39 45	25 21

Skala oceny wartości handlowej owoców pomidora: 9-najwyższa jakość, 5-zadawalająca, 3-słaba
Market value score of tomatoes fruits: 9-excellent (with no defects), 5-acceptable (limit of market suitability), 3-low (limit of consumption suitability)

Tabela 5. Skład chemiczny owoców pomidora odmiany Faustine F₁ przed przechowaniem
Table 5. Chemical composition of tomato fruits Faustine F₁ before storage

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry Sugars (%)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)	Kwasowość ogólna Total acidity (%)	Kwas askorbinowy Ascorbic acid (mg·100g ⁻¹)	Likopen Lycopene (mg·kg ⁻¹)	Fenole rozp. Soluble phenols (mg·kg ⁻¹)
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	8,47	3,25	4,72	0,36	0,29	1,52	18,1
		7,79	3,50	4,54	0,47	1,67	2,26	17,8
		7,87	3,53	4,56	0,43	0,29	1,60	19,8
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	7,75	3,44	4,49	0,36	0,62	2,64	18,0
		7,87	3,46	4,41	0,45	8,54	5,05	20,1
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	7,0	3,44	4,53	0,42	8,31	6,49	27,6
		7,20	3,27	4,55	0,46	8,54	5,84	20,8

Tabela 6. Skład chemiczny owoców pomidorów odmiany Faustine F₁ po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 12,5°C
Table 6. Chemical composition of tomato fruits Faustine F₁ after 4 weeks storage at 12.5°C

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry Sugars (%)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)	Kwasowość ogólna Total acidity (%)	Kwas askorbinowy Ascorbic acid (mg·100g ⁻¹)	Likopen Lycopene (mg·kg ⁻¹)	Fenole rozp. Soluble phenols (mg·kg ⁻¹)
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	7,37	3,45	4,53	0,38	5,33	7,32	15,1
		7,90	3,45	4,38	0,53	6,70	6,14	16,7
		7,76	3,50	4,44	0,56	4,87	4,42	20,9
Owoce „zapalone” breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	7,62	3,56	4,41	0,46	7,16	12,58	20,3
		7,48	3,17	4,46	0,47	11,28	9,07	19,3
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	6,39	2,94	4,73	0,33	14,0	14,34	22,7
		6,83	2,79	4,51	0,43	10,83	9,06	20,5

Tabela 7. Skład chemiczny owoców pomidorów odmiany Faustine F₁ po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 20°C
Table 7. Chemical composition of tomato fruits Faustine F₁ after 4 weeks of storage at 20°C

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry Sugars (%)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)	Kwasowość ogólna Total acidity (%)	Kwas askorbinowy Ascorbic acid (mg·100g ⁻¹)	Likopen Lycopene (mg·kg ⁻¹)	Fenole rozp. Soluble phenols (mg·kg ⁻¹)
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	7,22	3,45	4,59	0,31	9,45	10,01	16,2
		7,38	3,45	4,49	0,42	8,99	10,88	12,1
		7,61	3,35	4,45	0,45	6,02	11,23	11,9
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	7,29	3,49	4,58	0,31	8,99	18,9	18,8
		7,29	3,29	4,55	0,36	13,57	17,81	12,8
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	6,39	2,59	4,66	0,31	13,12	19,87	15,5
		6,85	2,96	4,60	0,42	12,66	28,87	16,5

Tabela 8. Skład chemiczny owoców pomidora odmiany Habana F₁ przed przechowaniem
Table 8. Chemical composition of tomato fruits Habana F₁ before storage

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry Sugars (%)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)	Kwasowość ogólna Total acidity (%)	Kwas askorbinowy Ascorbic acid (mg·100g ⁻¹)	Likopen Lycopene (mg·kg ⁻¹)	Fenole rozp. Soluble phenols (mg·kg ⁻¹)
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	7,96	3,21	4,83	0,32	1,21	2,39	22,2
		7,33	3,08	4,75	0,41	0,75	1,95	18,9
		6,50	3,45	4,55	0,46	2,81	2,81	20,5
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	7,69	3,17	4,68	0,45	15,86	3,95	23,8
		7,11	3,0	4,59	0,47	12,66	3,42	25,6
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	7,19	3,58	4,69	0,42	17,28	16,71	29,0
		6,33	2,83	4,76	0,35	18,61	19,82	32,8

Tabela 9. Skład chemiczny owoców pomidorów odmiany Habana F₁ po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 12,5°C.
Table 9. Chemical composition of tomato fruits Habana F₁ after 4 weeks of storage at 12.5°C

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry Sugars (%)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)	Kwasowość ogólna Total acidity (%)	Kwas askorbinowy Ascorbic acid (mg·100g ⁻¹)	Likopen Lycopene (mg·kg ⁻¹)	Fenole rozp. Soluble phenols (mg·kg ⁻¹)
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1,0μL·L ⁻¹ 2,0μL·L ⁻¹	8,03	3,71	4,50	0,46	19,53	7,41	22,1
		6,17	2,75	4,36	0,51	14,94	4,17	27,2
		6,30	2,79	4,45	0,53	13,57	2,81	24,6
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1,0μL·L ⁻¹	6,40	2,83	4,64	0,37	23,65	11,45	30,5
		6,31	3,08	4,46	0,50	14,49	7,0	26,8
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1,0μL·L ⁻¹	5,85	2,67	4,76	0,28	23,42	20,52	26,1
		5,85	2,47	4,80	0,28	17,24	19,82	23,1

Tabela 10. Skład chemiczny owoców pomidorów odmiany Habana F₁ po 4 tygodniach przechowywania w temperaturze 20°C
Table 10. Chemical composition of tomato fruits Habana F₁ after 4 weeks of storage at 20°C

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry Sugars (%)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)	Kwasowość ogólna Total acidity (%)	Kwas askorbinowy Ascorbic acid (mg·100g ⁻¹)	Likopen Lycopene (mg·kg ⁻¹)	Fenole rozp. Soluble phenols (mg·kg ⁻¹)
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	6,62	3,50	4,50	0,39	13,57	16,27	21,2
		6,17	2,71	4,35	0,46	11,97	9,27	18,0
		6,25	3,03	4,46	0,54	13,57	5,91	19,5
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	6,04	2,51	4,60	0,28	13,57	20,18	23,9
		6,17	2,79	4,49	0,39	18,38	14,79	22,1
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	5,57	2,51	4,84	0,22	19,53	26,87	25,9
		5,80	2,51	4,72	0,26	18,15	23,86	23,0

Tabela 11. Cechy fizyczne owoców pomidorów odmian Faustine F₁ i Habana F₁ przed przechowaniem
Table 11. Physical properties of tomato fruits Faustine F₁ and Habana F₁ before storage

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Faustine F ₁		Habana F ₁	
		Wytrzymałość na przebiecie Puncture test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na zgniatanie Cracking test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na przebiecie Puncture test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na zgniatanie Cracking test N·g ⁻¹
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	59,21	444,13	66,68	649,20
		59,43	324,67	80,37	678,13
		71,21	384,77	59,55	737,0
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	58,0	383,37	63,93	578,27
		36,27	300,93	49,21	359,33
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	21,28 19,57	165,79 173,66	26,44 25,12	149,27 116,16

Tabela 12. Cechy fizyczne owoców pomidorów odmian Faustine F₁ i Habana F₁ po przechowaniu w 12,5°C
Table 12. Physical properties of tomato fruits Faustine F₁ and Habana F₁ after storage at 12.5°C

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Faustine F ₁		Habana F ₁	
		Wytrzymałość na przebicie Puncture test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na zgniatanie Cracking test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na przebicie Puncture test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na zgniatanie Cracking test N·g ⁻¹
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹ 2.0μL·L ⁻¹	21,50 28,45 44,12	190,80 271,87 253,83	22,27 49,31 38,08	201,0 408,33 415,46
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	24,78 17,57	175,97 142,93	26,05 27,03	191,53 206,87
Owoce wybarwione Red fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	17,47 19,25	84,37 112,47	17,87 18,21	71,40 94,73

Tabela 13. Cechy fizyczne owoców pomidorów odmian Faustine F₁ i Habana F₁ po przechowaniu w 20°C
Table 13. Physical properties of tomato fruits Faustine F₁ and Habana F₁ after storage at 20°C

Stopień dojrzałości Degree of maturity	Obiekt Treatment	Faustine F ₁		Habana F ₁	
		Wytrzymałość na przebicie Puncture test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na zgniatanie Cracking test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na przebicie Puncture test N·g ⁻¹	Wytrzymałość na zgniatanie Cracking test N·g ⁻¹
Owoce zielone Green fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	16,83	124,43	24,71	165,27
	2.0μL·L ⁻¹	18,37 20,67	145,23 145,57	23,43 30,22	242,46 232,67
Owoce „zapalone” Breaker fruits	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	16,03 15,31	117,30 115,93	18,36 24,40	114,70 218,43
	Kontrola 1.0μL·L ⁻¹	11,73 15,15	104,40 105,0	17,98 19,09	111,97 115,60

W literaturze jest wiele danych świadczących o znacznym ograniczeniu spadku twardości owoców pomidorów traktowanych 1-metylocyklopropienem (Mir i in. 2004, Blankenship i Dole 2003, Wills i Ku 2002, Cliff i in. 2009). Wyniki tego doświadczenia potwierdziły korzystny wpływ traktowania owoców 1-MCP na zachowanie jędrności i wytrzymałości na zgniatanie w czasie przechowywania w porównaniu z owocami nietraktowanymi (tab.12 i 13).

WNIOSKI

1. Korzystniejszą, z punktu widzenia trwałości przechowalniczej, dla pomidorów zielonych, „zapalonych” i wybarwionych, dla odmiany Faustine F₁ i Habana F₁ okazała się temperatura 12,5°C niż temperatura 20°C.
2. Traktowanie 1-MCP zielonych, „zapalonych” i wybarwionych owoców pomidora obu odmian zdecydowanie wpływa na dłuższe zachowanie wartości handlowej po osiągnięciu pełnego wybarwienia, w porównaniu do owoców nietraktowanych.
3. Pod względem wartości handlowej, ubytków masy jak i liczby dni potrzebnych do pełnej dojrzałości, najkorzystniej wypadły zielone owoce odmiany Habana F₁ potraktowane 1-MCP w stężeniu 1.0 i 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ i przechowywane w temperaturze 12,5°C.
4. W owocach Faustine F₁ i Habana F₁ po 4 tygodniach przechowywania zauważono niewielkie obniżenie zawartości suchej masy, cukrów ogółem i zawartości kwasów organicznych w obu temperaturach. W czasie przechowywania w owocach obu odmian następował stopniowy wzrost zawartości kwasu askorbinowego, likopenu i fenoli rozpuszczalnych zarówno w obiektach kontrolnych, jak i traktowanych 1-MCP. Najwyższą zawartość kwasu askorbinowego zanotowano dla wybarwionych owoców odmiany Habana F₁ przechowywanych w temperaturze 20°C.
5. Stwierdzono korzystny wpływ traktowania owoców 1-MCP na wyższą wytrzymałość owocu na przebicie i zgniatanie w czasie przechowywania, w porównaniu z owocami nietraktowanymi, szczególnie w przypadku zielonych owoców obu odmian.

Literatura

- Adamicki F., Badełek E. 2003. Wpływ 1-MCP na wybarwienie się, jakość i trwałość przechowalniczą owoców pomidora. *Folia Hort. Supl.* 2: 361-363.

- Blankenship S.M., Dole J.M. 2002. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- Cliff M., Lok S., Lu Ch., Toivonen P.M.A. 2009. Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual and analytical quality of greenhouse tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 53: 11-15.
- Lelièvre J.M., Latchè A., Jones B., Bouzayen M., Pech J.C. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiology Plant* 101: 727-739.
- Mir N.A., Khan N., Beaudry R.M. 1999. 1-Methylcyclopropene extends shelf-life of tomato at all stages of maturity. *HortScience* 34(3): 538.
- Mir N., Canoles M., Beaudry R., Baldwin E., Pal M. Ch. 2004. Inhibition of tomato ripening by 1-methylcyclopropene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129: 112-120.
- Mostofi Y., Toivonen P.M.A. 2006. Effects of storage conditions and 1-methylcyclopropene on some qualitative characteristics of tomato fruits. *International Journal of Agriculture and Biology* 8: 93-96.
- Mostofi Y., Toivonen P.M.A., Lessani H., Babalar M., Lu Ch. 2003. Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biology Technology* 27: 265-292.
- Opiyo A.M., Ying T.J. 2005. Effect of 1-methylcyclopropene post-harvest treatment on ripening process in cherry tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *International Journal of Food Science & Technology* 40: 665-673.
- Rohwer C.L., Gladon R.J. 2001. 1-Methylcyclopropene delays ripening of pink and light red tomatoes. *HortScience* 36(3): 267.
- 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.

Anna Wrzodak

THE INFLUENCE OF THE 1-METHYLOCYKLOPROPENE TREATMENT ON NUTRITIVE VALUE AND STORAGE LIFE OF TOMATO FRUITS

Summary

1-MCP (1-methylcyclopropene) – is the growth regulator prolonging the storage durability and quality of fruit, vegetables and flowers. This regulator limits the effects of ethylene action in many plants but it does not stop its synthesis at the same time. Tomatoes fruit cv. Faustine F₁ and Habana F₁ were harvested at the mature green, breaker and red stage of maturity and treated with 0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ or 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ of 1-MCP for 21 h at 20°C. Fruit were stored at 12,5°C and 20°C, and 85-90% relative humidity. Treatment with 1-MCP decreased rate of respiration and delayed ripening of the tomatoes fruit.