

## WPLYW TRAKTOWANIA METYLOCYKLOPROPENEM (1-MCP) NA CECHY JAKOŚCIOWE PRZECHOWYWANYCH POMIDORÓW

### THE INFLUENCE OF METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP) TREATMENT ON CHANGES OF PHYSICAL PROPERTIES OF STORED TOMATOES

**Anna Wrzodak<sup>1</sup>, Justyna Szwejda-Grzybowska<sup>1</sup>, Marek Gajewski<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pracownia Przetwórstwa i Oceny Jakości Owoców i Warzyw  
Instytut Ogrodnictwa, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

<sup>2</sup>Katedra Roślin Warzywnych i Leczniczych  
SGGW, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

e-mail: anna.wrzodak@inhort.pl

#### Abstract

The aim of the study was to determine the effect of 1-MCP (1-methylcyclopropene) treatment of tomato fruit on changes in physical properties during storage. The cultivar of 'Faustine F<sub>1</sub>' were grown on stakes in field conditions. The tomato fruits were harvested in mature green and full red stages of maturity. The fruits of tomato 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 control fruit (untreated) were stored at 12.5°C and 20°C, and 85–90% relative humidity in normal air. Immediately after harvest and after 4 weeks of storage, fruit color analyzes were performed in the CIE L\*a\*b\* system (L\* – brightness, a\* – intensity of red color, b\* – intensity of yellow color) as well as firmness and compressive strength of the Instron apparatus 1140. The results of two-year observation of the physical properties of tomato fruits showed a differences in the values of the determined parameters depending on the 1-MCP treatment, maturity stage and storage temperature, and the year of the study. In 2009, the 1-MCP treatment of tomato fruits 'Faustine F<sub>1</sub>' resulted in more than twice as high firmness and compressive strength of fruits as compared to untreated fruit, and also significantly influenced changes in color parameters. Based on the results obtained, it can be concluded that the 1-MCP treatment of tomato fruit is an effective way of delaying their ripening, maintaining high firmness, color and can be successfully used to extend their storage period.

Key words: tomato, firmness, color, storage, 1-MCP

#### WSTĘP

Pomidory zaliczane są do warzyw klimakterycznych, u których w momencie rozpoczęcia procesu dojrzewania owoców następuje gwałtowny wzrost produkcji etylenu, czego konsekwencją jest nagła zmiany zawartości składników odżywczych oraz twardości owoców. W związku z tym, aby przedłużyć okres przechowywania owoców pomidorów zachowując ich optymalną jakość, stosuje się niekiedy dodatkowe zabiegi i środki chemiczne. Traktowanie 1-metylocyklopropenem (1-MCP) w sposób znaczny opóźnia proces dojrzewania i starzenia się owoców pomidorów poprzez zahamowanie produkcji etylenu (Opiyo i Ying 2005, Tassoni i in. 2006, Watkins 2006).

1-MCP znacznie spowalnia przebieg procesu oddychania w owocach (Wills i Ku 2002, Colelli 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 2006, Guillén i in. 2006, Mostofi i Toivonen 2006). Stopień zahamowania procesu dojrzewania owoców pomidorów traktowanych 1-MCP zależy od stężenia, czasu traktowania, stopnia dojrzałości owoców (Mir i in. 2004, Opiyo i Ying 2005, Martínez-Romero i in. 2007) oraz odmiany (Krammes i in. 2003).

Ważnymi cechami jakościowymi owoców pomidora o dużym znaczeniu praktycznym są jędrność i wytrzymałość na zgniatanie. Obiektywny pomiar tych cech może być pomocny w ocenie trwałości owoców w transporcie, a także w krótkotrwałym przechowywaniu (Gajewski i Gajc-Wolska 2000). Dla producenta są to cechy korzystne ze względu na możliwość dłuższego transportu, z kolei dla konsumenta jest to wizualna informacja świadcząca o ich świeżości. Barwa owoców pomidora jest kolejnym ważnym czynnikiem jakości decydującym o wyborze konsumenta (Batu 2004). Oprócz oceny wizualnej stosuje się standardowe metody pomiaru barwy owoców (Arias i in. 2000). Barwa owoców jest zależna od zawartości barwników: likopenu (barwnik czerwony) i  $\beta$ -karotenu (barwnik żółtopomarańczowy). Barwniki te występują w zróżnicowanych ilościach i proporcjach zarówno w skórce, jak i w miąższu owoców, a połączenie barwy skórki i miąższu wizualnie wskazuje na rzeczywistą barwę pomidorów (Babik 1997; Brandt i in. 2006).

Celem pracy było określenie cech fizycznych owoców pomidora odmiany 'Faustine F<sub>1</sub>' zebranych w dwóch fazach dojrzałości – „zielone wyrosnięte” i „czerwone”, poddanych działaniu 1-MCP, a następnie przechowywanych w temperaturze 12,5°C i 20°C.

#### MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu użyto odmianę pomidora szklarniowego 'Faustine F<sub>1</sub>' TmVF<sub>2</sub>N. Jest to średnio wczesna i plenna odmiana firmy Syngenta Seeds (Holandia), heterozyjna, odporna na wirus mozaiki tytoniu (Tm), *Verticillium* (V), *Fusarium* rasy 1 i 2 (F<sub>2</sub>) oraz nicienie (N). Polecana do upraw tunelowych oraz polowych przy paliku. Materiał do badań pochodził od producenta z miejscowości Poładowo koło Śmigła. Pomidory były uprawiane w polu przy palikach z zastosowaniem standardowych zabiegów agrotechnicznych i ochroniarskich.

W kolejnych dwóch latach doświadczenie założono w układzie trzyczynnikowym. Czynniki A – stadium dojrzałości owoców pomidora: a1 – zielone wyrosnięte; a2 – wybarwione. Czynniki B – stężenie 1-MCP: b1 – 1,0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ; b2 – 2,0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ; b3 – kontrola – owoce nietraktowane 1-MCP. Czynniki C – temperatura przechowywania: c1 – 12,5°C; c2 – 20°C.

Do doświadczenia przeznaczono owoce w dwóch fazach dojrzałości (według Adamickiego 1991), wybierając owoce zdrowe, bez uszkodzeń i o podobnej wielkości. Po zbiorze owoce sortowano, myto w czystej 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 m<sup>3</sup>. Owoce były traktowane 1-MCP przez 21 godzin, w temperaturze 18–20°C. Pomidory traktowane 1-MCP i kontrolne przechowywano w normalnej atmosferze przy dwóch wartościach temperatury i wilgotności względnej powietrza 85–90%. Pomidory były ułożone w skrzynkach, w pojedynczej warstwie i przykryte folią polietylenową.

Oceny twardości i wytrzymałości owoców na zgniatanie oraz pomiary barwy owoców przeprowadzono bezpośrednio po zbiorze pomidorów oraz po traktowaniu 1-MCP i 4 tygodniowym przechowywaniu.

- Jędrność owoców mierzono za pomocą aparatu Instron 1140 z trzpieniem przesuwającym się z prędkością 200 mm·min<sup>-1</sup>. Jędrność określono jako wartość siły potrzebnej do przebicia owocu pomidora trzpieniem o średnicy 5 mm. Pomiar wykonano na 5 owocach z każdej kombinacji, na wysokości największej średnicy owocu i wyrażono w (N).
- Wytrzymałość owoców na zgniatanie mierzono metodą ściskania owocu za pomocą płaskiego miernika. W trakcie pomiaru rejestrowano zapis wartości siły w funkcji przemieszczania głowicy. Pomiar wykonano za pomocą aparatu Instron 1140, na 5 owocach z każdej kombinacji i wyrażono w (N).
- Barwę owoców w systemie CIE L\*a\*b\* mierzono przy użyciu kolorymetru Hunter Lab. CQ Spec. na 5 owocach z każdego obiektu. Pomiar obejmował: L\* – jasność, a\* – intensywność barwy czerwonej (przy wartościach dodatnich) lub zielonej (przy wartościach ujemnych); b\* – intensywność barwy żółtej (przy wartościach dodatnich) lub niebieskiej (przy wartościach ujemnych). Dodatkowo wyliczono indeks barwy, który określono ze stosunku a\*/b\* na 5 owocach każdej kombinacji.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji w trzyczynnikowym modelu kompletnie losowym. Porównania wielokrotne średnich dla kombinacji przeprowadzono za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Analiza statystyczna została wykonana za pomocą pakietu STATISTICA wersja 10.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Do scharakteryzowania cech fizycznych owoców pomidorów zastosowano w pracy metody instrumentalne – mierzono siłę potrzebną do przebicia owoców za pomocą trzpienia i mierzono odkształcenie owocu pod działaniem siły ściskającej.

Metody instrumentalne są bardzo często stosowane w celu dokładnego określenia właściwości mechanicznych warzyw i owoców (Hampshire i in. 1987, Schotte i in. 1999). Uzyskane wyniki wykazały, że w czasie przechowywania przez 20 dni zmniejszała się jędrność pomidorów w stosunku do wartości ocenianej bezpośrednio po zbiorze, w zależności od traktowania owoców 1-MCP i temperatury przechowywania.

Traktowanie owoców pomidora 'Faustine F<sub>1</sub>' 1-MCP w stężeniu 2,0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  pozwoliło utrzymać jędrność owoców wyższą o kilkadziesiąt procent w stosunku do owoców nietraktowanych (odpowiednio dla traktowania 28,7 N – 2008 i 52,1 N – 2009). Stwierdzono istotny wpływ fazy dojrzałości i temperatury przechowywania na jędrność przechowywanych owoców. Średnie wartości były wyższe dla owoców zebranych w fazie „zielone wyrośnięte” po przechowaniu w temperaturze 12,5°C w porównaniu do owoców zebranych w fazie „czerwone” składowanych w temperaturze 20°C (tab. 1). Większą jędrność pomidorów traktowanych 1-MCP obserwowali też Ilić i in. (2013). Autorzy traktowali owoce 1-MCP w trzech stadiach dojrzałości – „zielone wyrośnięte”, „zapalone” i „czerwone”, a następnie przechowywali w temperaturze 5°C i 12°C. Rezultaty, jakie uzyskali wskazują, że większą jędrnością (45 N) charakteryzowały się owoce zebrane w fazie „zielone wyrośnięte” traktowane 1-MCP i składowane w temperaturze 12°C. Podobne wyniki uzyskali Hurr i in. (2005), Jiang i in. 1999, Moretti i in. 2002 oraz Mir i in. (2004). Fan i in. (1999) obserwowali zahamowanie zjawiska mięknięcia owoców bananów i jabłek traktowanych 1-MCP. W innych badaniach wykazano brak istotnych różnic jędrności między pomidorami traktowanymi 1-MCP i kontrolnymi (Mostofi i in. 2003).

Traktowanie owoców pomidora 1-MCP wpłynęło na ponad 60% wyższą wytrzymałość owoców na zgniatanie w stosunku do owoców nietraktowanych (w obu latach badań). Najlepszą wytrzymałością na zgniatanie charakteryzowały się owoce pomidora zebrane w fazie „zielone wyrośnięte”, traktowane 1-MCP w dawce 2,0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ , po przechowaniu w temperaturze 12,5°C (239,7 N). Obserwowane w doświadczeniu różnice pomiędzy owocami przechowywanymi w różnych temperaturach pod względem właściwości fizycznych były znaczne. Dała się zauważyć tendencja do wyższych wartości badanych parametrów w owocach po przechowaniu w temperaturze 12,5°C w porównaniu do owoców składowanych w temperaturze 20°C.

Istotnym elementem oceny jakości owoców pomidorów jest analiza barwy, co podkreślają w swoich pracach Batu (2004), Ilić i in. (2013), Moretti i in. (2002), Guillén i in. 2006 oraz Žnidarčič i Požrl (2006). Barwa pomidorów ma ogromne znaczenie dla akceptacji przez konsumentów, a gwałtowne zmiany wskaźników barwy w czasie przechowywania mogą być parametrem sygnalizującym mniejszą trwałość przechowywanych owoców (Batu 2004).

W instrumentalnej analizie barwy stosuje się zwykle system CIE  $L^*a^*b^*$ , wykorzystany również w tej pracy. Wyniki przeprowadzonych pomiarów dowodzą istotnego wpływu fazy dojrzałości oraz braku wpływu traktowania 1-MCP i temperatury przechowywania na intensywność barwy czerwonej owoców pomidorów. Wyniki wskazują na istotnie wyższą wartość tego parametru w owocach zebranych w fazie „czerwone” niż w fazie „zielone wyrośnięte”. Parametr  $a^*$  świadczy o stopniu dojrzałości owoców (Auerswald i in. 1999). Temperatura przechowywania owoców zebranych w fazie „czerwone” ( $10^\circ\text{C}$  i  $5^\circ\text{C}$ ) nie wpłynęła istotnie na wartość parametru  $a^*$  według Iwahashi i in. (1999) oraz Žnidarčič i Požrl (2006). Zmiana barwy owoców związana jest ze spadkiem zawartości chlorofilu w owocach i jednoczesnym wzrostem zawartości karotenoidów, co na poziomie komórkowym wywołuje przekształcenie chloroplastów w chromoplasty (Batu 2004). Według Ilicia i in. (2013) skuteczność działania 1-MCP jest uzależniona od dojrzałości zbiorczej pomidorów. Traktując owoce 1-MCP w fazie „zielone wyrośnięte” autorzy obserwowali nierównomierne wybarwienie się pomidorów, czego nie stwierdzili traktując owoce zebrane w późniejszych fazach dojrzałości. Przyczyną tych zależności, według Hobsona i Bedford (1989) oraz Moretti i in. (2002), jest opóźniona synteza barwników, głównie likopenu i  $\beta$ -karotenu na skutek traktowania pomidorów we wczesnych fazach dojrzałości. Wartość parametru  $b^*$  określa intensywność barwy żółtej (Artés i in. 1999). Na wartość tego parametru istotnie wpłynęło traktowanie 1-MCP i temperatura przechowywania. W obu latach badań istotnie wyższym udziałem wskaźnika  $b^*$  odznaczały się owoce zebrane w fazie „zielone wyrośnięte” niż owoce „czerwone” (tab. 2).

W wyniku przechowywania pomidorów jasność barwy  $L^*$  malała. Najmniejszą wartością parametru  $L^*$  charakteryzowały się owoce zebrane w fazie „czerwone” traktowane 1-MCP, po przechowaniu w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  (tab. 3). Podobny wpływ temperatury przechowywania na wartość parametru  $L^*$  dla owoców pomidora obserwowali Žnidarčič i Požrl (2006). Wartość  $L^*$  dla owoców wybarwionych przechowywanych w temperaturze  $10^\circ\text{C}$  była nieznacznie wyższa niż dla składowanych w  $5^\circ\text{C}$ .

Uzyskane wyniki wskazują, że traktowanie pomidorów 1-MCP miało istotny wpływ na indeks  $a/b$  barwy owoców. Indeks barwy, określony stosunkiem barwy czerwonej do żółtej ( $a^*/b^*$ ), w przypadku owoców traktowanych 1-MCP był wyższy niż w owocach kontrolnych. Owoce odmiany ‘Faustine F<sub>1</sub>’ uzyskały wynik powyżej 2, co według Gajc-Wolskiej i in. (2009) charakteryzuje te owoce jako intensywnie czerwone. Moretti i in. (2002) dowodzą, że traktowanie pomidorów 1-MCP hamuje wybarwienie się owoców, a tym samym przedłuża ich trwałość pozbiorczą. W badaniach tych autorów indeks barwy był aż o 38% niższy pod koniec okresu przechowywania dla owoców traktowanych 1-MCP w porównaniu do pomidorów kontrolnych.

Tabela 1. Wpływ traktowania 1-MCP (B) i temperatury przechowywania (C) na jędrność i wytrzymałość na zgniatanie owoców pomidora odmiany 'Faustine F<sub>1</sub>' zebranych w dwóch fazach dojrzałości (A)Table 1. The effect of 1-MCP (B) and storage temperature (C) on firmness and compressive strength of tomatoes 'Faustine F<sub>1</sub>' harvested in two stages of maturity (A)

Lata Years	A Faza dojrzałości Stage of maturity	C Temperatura Temperature	Jędrność Firmness (N)				Wytrzymałość na zgniatanie Compressive strength (N)					
			Po zbiorze After harvest	B Traktowanie 1-MCP po zbiorze Treatment with 1-MCP after storage			$\bar{x}$	Po zbiorze After harvest	B Traktowanie 1-MCP po zbiorze Treatment with 1-MCP after storage			$\bar{x}$
				kontrola control	1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$			kontrola control	1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	
2008	zielone wyrośnięte; mature green	12,5°C	64,1	20,7	25,6	28,7	<b>25,0</b>	453,8	136,8	192,9	239,7	<b>189,8</b>
		20°C		19,1	23,6	21,3	<b>21,3</b>		109,0	154,0	146,1	<b>136,4</b>
		$\bar{x}$		<b>19,9</b>	<b>24,6</b>	<b>25,0</b>	<b>23,1</b>		<b>122,9</b>	<b>173,4</b>	<b>192,9</b>	<b>163,1</b>
	czerwone; full red	12,5°C	62,0	17,3	17,0	16,6	<b>16,9</b>	113,5	93,0	91,6	89,9	<b>91,5</b>
		20°C		15,3	16,1	16,5	<b>15,9</b>		100,5	104,6	101,9	<b>102,3</b>
		$\bar{x}$		<b>16,3</b>	<b>16,5</b>	<b>16,5</b>	<b>16,4</b>		<b>96,7</b>	<b>98,1</b>	<b>95,9</b>	<b>96,9</b>
		12,5°C		<b>19,0</b>	<b>21,3</b>	<b>22,6</b>	<b>20,9</b>		<b>114,9</b>	<b>142,2</b>	<b>164,8</b>	<b>140,6</b>
		20°C		<b>17,2</b>	<b>19,8</b>	<b>18,9</b>	<b>18,6</b>		<b>104,7</b>	<b>129,3</b>	<b>124,0</b>	<b>119,31</b>
		$\bar{x}$		<b>18,1</b>	<b>20,5</b>	<b>20,7</b>	<b>19,8</b>		<b>109,8</b>	<b>135,7</b>	<b>144,4</b>	<b>129,9</b>
	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A-2,22, B-ni, C-2,22, AxB-ni, AxC-ni, BxC-ni, AxBxC-ni					A-15,48, B-22,99, C-15,48, AxB-32,51, AxC-21,89, BxC-ni, AxBxC-ni				
2009	zielone wyrośnięte; mature green	12,5°C	63,0	24,1	42,9	52,1	<b>39,7</b>	612,2	151,4	281,3	291,1	<b>241,3</b>
		20°C		21,4	27,6	32,3	<b>27,1</b>		138,5	201,5	158,2	<b>166,1</b>
		$\bar{x}$		<b>22,7</b>	<b>35,2</b>	<b>42,2</b>	<b>33,4</b>		<b>145,0</b>	<b>241,4</b>	<b>224,6</b>	<b>203,7</b>
	czerwone; full red	12,5°C	30,6	22,5	19,9	23,9	<b>22,1</b>	176,8	121,7	128,5	142,8	<b>131,0</b>
		20°C		21,1	18,8	24,3	<b>21,4</b>		111,3	120,8	119,6	<b>117,2</b>
		$\bar{x}$		<b>21,8</b>	<b>19,3</b>	<b>24,1</b>	<b>21,7</b>		<b>116,5</b>	<b>124,6</b>	<b>131,2</b>	<b>124,1</b>
		12,5°C		<b>22,7</b>	<b>31,4</b>	<b>38,0</b>	<b>30,7</b>		<b>136,5</b>	<b>204,9</b>	<b>216,9</b>	<b>186,1</b>
		20°C		<b>21,2</b>	<b>23,2</b>	<b>28,3</b>	<b>24,2</b>		<b>124,9</b>	<b>161,1</b>	<b>138,9</b>	<b>141,6</b>
		$\bar{x}$		<b>21,9</b>	<b>27,3</b>	<b>33,1</b>	<b>27,4</b>		<b>130,7</b>	<b>183,0</b>	<b>177,9</b>	<b>163,8</b>
	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A-2,84, B-4,21, C-2,84, AxB-5,96, AxC-4,01, BxC-ni, AxBxC-8,43					A-26,03, B-38,66, C-26,03, AxB-54,68, AxC-36,82, BxC-ni, AxBxC-ni				

Tabela 2. Wpływ traktowania 1-MCP (B) i temperatury przechowywania (C) na parametry barwy owoców pomidora odmiany 'Faustine F<sub>1</sub>' zebranych w dwóch fazach dojrzałości (A)Table 2. The effect of 1-MCP (B) and storage temperature (C) on color parameters of tomatoes 'Faustine F<sub>1</sub>' harvested in two stages of maturity (A)

Lata Years	A Faza dojrzałości Stage of maturity	C Temperatura Temperature	Po zbiorze After harvest	a*			$\bar{x}$	Po zbiorze After harvest	b*			$\bar{x}$		
				B					B					
				Traktowanie 1-MCP po zbiorze Treatment with 1-MCP after storage					Traktowanie 1-MCP po zbiorze Treatment with 1-MCP after storage					
kontrola control	1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	kontrola control	1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$									
2008	zielone wyrośnięte; mature green	12,5°C	-6,1	31,1	28,1	29,2	<b>29,5</b>	21,5	15,2	16,1	17,4	<b>16,2</b>		
		20°C		28,8	30,9	30,2			<b>29,9</b>	13,5	14,3		14,4	<b>14,1</b>
		$\bar{x}$		<b>29,9</b>	<b>29,5</b>	<b>29,7</b>			<b>29,7</b>	<b>14,3</b>	<b>15,2</b>		<b>15,9</b>	<b>15,1</b>
	czerwone; full red	12,5°C	26,5	27,5	28,9	29,5	<b>28,6</b>	12,7	13,3	13,2	14,5	<b>13,7</b>		
		20°C		23,2	28,7	29,7			<b>27,2</b>	12,2	13,8		13,9	<b>13,3</b>
		$\bar{x}$		<b>25,3</b>	<b>28,8</b>	<b>29,6</b>			<b>27,9</b>	<b>12,7</b>	<b>13,5</b>		<b>14,2</b>	<b>13,5</b>
		12,5°C		29,3	28,5	29,3	<b>29,0</b>		14,2	14,6	15,9	<b>14,9</b>		
		20°C		26,0	29,8	29,9		<b>28,6</b>		12,8	14,0		14,1	<b>13,6</b>
		$\bar{x}$		<b>27,6</b>	<b>29,1</b>	<b>29,6</b>		<b>28,8</b>		<b>13,5</b>	<b>14,3</b>		<b>15,0</b>	<b>14,3</b>
	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A-1,40, B-ni, C-ni, AxB-2,94, AxC-ni, BxC-2,94, AxBxC-ni						A-0,54, B-0,81, C-0,54, AxB-ni, AxC-0,77, BxC-ni, AxBxC-ni					
	2009	zielone wyrośnięte; mature green	12,5°C	-6,4	27,8	25,4	22,4	<b>25,2</b>	22,3	12,9	16,8	17,8	<b>15,8</b>	
			20°C		26,9	27,3	27,6			<b>27,3</b>	12,7	12,2		12,3
$\bar{x}$			<b>27,3</b>		<b>26,3</b>	<b>25,0</b>	<b>26,2</b>			<b>12,8</b>	<b>14,5</b>	<b>15,0</b>		<b>14,1</b>
czerwone; full red		12,5°C	26,4	27,3	26,9	27,4	<b>27,2</b>	15,2	14,1	14,1	14,5	<b>14,2</b>		
		20°C		25,7	25,8	26,3			<b>25,9</b>	13,0	13,4		13,8	<b>13,4</b>
		$\bar{x}$		<b>26,5</b>	<b>26,3</b>	<b>26,8</b>			<b>26,5</b>	<b>13,5</b>	<b>13,7</b>		<b>14,1</b>	<b>13,8</b>
		12,5°C		27,5	26,1	24,9	<b>26,2</b>		13,5	15,4	16,1	<b>15,0</b>		
		20°C		26,3	26,5	26,9		<b>26,6</b>		12,8	12,8		13,0	<b>12,9</b>
		$\bar{x}$		<b>26,9</b>	<b>26,3</b>	<b>25,9</b>		<b>26,4</b>		<b>13,2</b>	<b>14,1</b>		<b>14,6</b>	<b>13,9</b>
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A-ni, B-ni, C-ni, AxB-ni, AxC-1,44, BxC-2,13, AxBxC-ni						A-ni, B-1,22, C-0,82, AxB-ni, AxC-1,17, BxC-1,73, AxBxC-2,45						

Tabela 3. Wpływ traktowania 1-MCP (B) i temperatury przechowywania (C) na parametry barwy owoców pomidora odmiany 'Faustine F<sub>1</sub>' zebranych w dwóch fazach dojrzałości (A)Table 3. The effect of 1-MCP (B) and storage temperature (C) on color parameters of tomatoes 'Faustine F<sub>1</sub>' harvested in two stages of maturity (A)

Lata Years	A Faza dojrzałości Stage of maturity	C Temperatura Temperature	Po zbiorze After harvest	L*			$\bar{x}$	Po zbiorze After harvest	a*/b*			$\bar{x}$
				B					B			
				Traktowanie 1-MCP po zbiorze Treatment with 1-MCP after storage					Traktowanie 1-MCP po zbiorze Treatment with 1-MCP after storage			
				kontrola control	1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$		kontrola control	1,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	2,0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$		
2008	zielone wyrośnięte; mature green	12,5°C	53,5	35,7	39,9	39,6	-0,17	2,04	1,73	1,66	1,81	
		20°C		36,5	36,4	35,9		2,12	2,14	2,09		2,12
		$\bar{x}$		<b>36,1</b>	<b>38,1</b>	<b>37,7</b>		<b>37,3</b>	<b>2,08</b>	<b>1,93</b>		<b>1,87</b>
	czerwone; full red	12,5°C	32,4	32,2	30,7	33,5	2,10	2,06	2,18	2,03	2,09	
		20°C		31,8	30,5	32,3		2,07	2,05	2,13		2,08
		$\bar{x}$		<b>32,0</b>	<b>30,6</b>	<b>32,9</b>		<b>31,8</b>	<b>2,06</b>	<b>2,11</b>		<b>2,08</b>
					33,9	35,3	36,5		2,05	1,95	1,84	1,95
					34,1	33,4	34,1		2,09	2,09	2,11	2,09
					<b>34,0</b>	<b>34,4</b>	<b>35,3</b>		<b>2,07</b>	<b>2,02</b>	<b>1,97</b>	<b>2,02</b>
		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A-0,99, B-ni, C-0,99, AxB-2,07, AxC-ni, BxC-ni, AxBxC-ni				A-0,58, B-ni, C-0,58, AxB-0,12, AxC-0,08, BxC-0,12, AxBxC-0,17				
2009	zielone wyrośnięte; mature green	12,5°C	54,8	38,6	42,2	44,8	-0,23	1,86	1,51	0,66	1,34	
		20°C		36,9	35,2	35,9		2,11	2,25	2,23		2,19
		$\bar{x}$		<b>37,7</b>	<b>38,7</b>	<b>40,3</b>		<b>38,9</b>	<b>1,98</b>	<b>1,88</b>		<b>1,44</b>
	czerwone; full red	12,5°C	35,5	35,7	35,2	36,1	1,62	1,95	1,89	1,89	1,91	
		20°C		34,3	34,7	34,6		1,96	1,92	1,90		1,93
		$\bar{x}$		<b>35,0</b>	<b>34,9</b>	<b>35,3</b>		<b>35,1</b>	<b>1,95</b>	<b>1,90</b>		<b>1,89</b>
					37,1	38,7	40,4		1,90	1,70	1,27	1,62
					35,6	34,9	35,2		2,03	2,08	2,06	2,06
					<b>36,3</b>	<b>36,8</b>	<b>37,8</b>		<b>1,96</b>	<b>1,89</b>	<b>1,67</b>	<b>1,84</b>
		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A-0,85, B-1,26, C-0,85, AxB-ni, AxC-1,20, BxC-1,78, AxBxC-2,52				A-0,12, B-0,14, C-0,12, AxB-0,18, AxC-0,19, BxC-0,17, AxBxC-0,25				



## WNIOSKI

Traktowanie owoców pomidora 1-MCP oraz przechowywanie w temperaturze 12,5°C wpłynęło korzystnie na jędrność i wytrzymałość na zgniatanie w porównaniu do owoców nie poddanych działaniu 1-MCP, a także przechowywanych w temperaturze 20°C. Istotny wpływ na jędrność miała faza dojrzałości owoców pomidora, w której były zebrane i traktowane 1-MCP. Owoce pomidora traktowane 1-MCP wykazywały po przechowaniu tendencje zmniejszania intensywności barwy czerwonej w przypadku przechowywania w temperaturze 20°C w porównaniu do przechowywania w temperaturze 12,5°C.

## Literatura

- Adamicki F. 1991. Wpływ temperatury i kontrolowanej atmosfery na przechowywanie, dojrzewanie i jakość owoców pomidorów. Praca habilitacyjna, Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach, 100 s.
- Adamicki F., Badełek E. 2006. The studies on new technologies for storage prolongation and maintaining the high quality of vegetables. *Vegetable Crops Research Bulletin* 65: 63–72.
- Arias R., Lee T.C., Specca D., Janes H. 2000. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. *Journal of Food Science* 65(3): 545–548. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb16045.x.
- Artés F., Conesa M.A., Hernández S., Gil M.I. 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology* 17: 153–162. DOI: 10.1016/s0925-5214(99)00044-7.
- Auerswald H., Peters P., Brückner B., Krumborn A., Kuchenbuch R. 1999. Sensory analysis and instrumental measurements of short-term stored tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology* 15: 323–334. DOI: 10.1016/s0925-5214(98)00094-5.
- Babik I. 1997. Pomidory gruntowe. PWRiL, Warszawa, 134 s.
- Batu A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471–475. DOI: 10.1016/s0260-8774(03)00141-9.
- Brandt S., Pék Z., Barna E., Lugasi A., Helyes L. 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 568–572. DOI: 10.1002/jsfa.2390.
- Colelli G., Sánchez M.T., Torralbo F.J. 2003. Effects of treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato. *Alimentaria* 342: 67–70.
- Fan X., Blankenship S.M., Mattheis J.P. 1999. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 690–695.
- Gajc-Wolska J., Radzanowska J., Łyszkowska M. 2009. The influence of grafting and biostimulators on physical and sensorial traits of greenhouse tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in field production. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 8(3): 37–43.
- Gajewski M., Gajc-Wolska J. 2000. Charakterystyka cech fizycznych i sensorycznych przechowywanych owoców odmian pomidora z uprawy w polu. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ogrodnictwo* 31(1): 247–251.
- 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. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.07.005.
- 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. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.07.004.
- Hampshire T.J., Payne F.A., Weston L. 1987. Bell pepper texture measurement and degradation during cold storage. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 30(5): 1494–1500. DOI: 10.13031/2013.30592.

- Hobson G.E., Bedford L. 1989. The composition of cherry tomatoes and its relation to consumer acceptability. *Journal of Horticulture Science* 64: 321–329. DOI: 10.1080/14620316.1989.11515960.
- Hurr B.M., Huber D.J., Lee J.H. 2005. Differential responses in color changes and softening of 'Florida 47' tomato fruit treated at green and advanced ripening stages with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. *HortTechnology* 15: 617–622. DOI: 10.21273/horttech.15.3.0617.
- Ilić Z.S., Marinković D., Trajković R., Šunić L., Perzelan Y., Alkalai-Tuvia S., Fallik E. 2013. Effect of 1-methylcyclopropene on the antioxidant capacity and postharvest quality of tomato fruit. *African Journal of Biotechnology* 12(6): 547–553. DOI: 10.5897/ajb12.1679.
- Iwahashi Y., Horigane A.K., Yoza K., Nagata T., Hosoda H. 1999. The study of heat stress in tomato fruits by NMR microimaging. *Magnetic Resonance Imaging* 17(5): 767–772. DOI: 10.1016/s0730-725x(98)00219-7.
- Jiang Y., Joyce D.C., Macnish A.J. 1999. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. *Plant Growth Regulation* 28: 77–82. DOI: 10.1023/a:1006222631666.
- Krammes J.G., Megguer C.A., Argenta L.C., do Amarante C.V.T., Grossi D. 2003. Use of 1-methylcyclopropene to delay fruit ripening of tomato. *Horticultura Brasileira* 21: 611–614. DOI: 10.1590/s0102-05362003000400006.
- 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. DOI: 10.1080/10408390600846390.
- Mir N., Canoles M., Beaudry R., Baldwin E., Pal Mehla C. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129: 112–120. DOI: 10.21273/jashs.129.1.0112.
- 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 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 and Technology* 27: 285–292. DOI: 10.1016/s0925-5214(02)00113-8.
- 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. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.00977.x.
- Schotte S., De Belie N., De Baerdemaeker J. 1999. Acoustic impulse-response technique for evaluation modelling of firmness of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 17: 105–115. DOI: 10.1016/s0925-5214(99)00041-1.
- Tassoni A., Watkins Ch.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(12): 3313–3325. DOI: 10.1093/jxb/erl092.
- Watkins Ch.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389–409. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2006.01.005.
- 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. DOI: 10.1016/s0925-5214(01)00201-0.
- Žnidarčič D., Požrl T. 2006. Comparative study of quality changes in tomato cv. 'Malike' (*Lycopersicon esculentum* Mill.) whilst stored at different temperatures. *Acta Agriculturae Slovenica* 87(2): 235–243.