

Dr Anna WRZODAK
Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Warzyw
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
Prof. dr hab. Marek GAJEWSKI
Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu
SGGW w Warszawie

WPŁYW 1-METYLOCYKLOPROPENU (1-MCP) NA WARTOŚĆ ODŻYWCZĄ OWOCÓW POMIDORA ODMIANY FAUSTINE F₁[®]

Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on nutritional quality
of tomato fruit CV. Faustine F₁[®]

Przedstawione w artykule badania dotyczyły wpływu 1-MCP na zmiany zawartości niektórych związków biologicznie czynnych w przechowywanych owocach pomidora. Pomidory odmiany Faustine F₁ były zebrane w stadium dojrzałości: „zielone wyrośnięte” i „czerwone”. Owoce traktowane 1-metylocyklopropenem (1-MCP) w stężeniach 1,0 μL⁻¹ i 2,0 μL⁻¹ oraz kontrolne – nie traktowane, przechowywano w normalnej atmosferze w temperaturze 12,5°C i 20°C przy wilgotności względnej powietrza 85-90%. Bezpośrednio po zbiorze i po 4 tygodniach przechowywania, wykonano analizy zawartości likopenu, witaminy C i polifenoli. Uzyskane wyniki wskazują na istotny wpływ traktowania 1-MCP oraz fazy dojrzałości owoców na zawartość wymienionych związków chemicznych w owocach pomidora.

Experiments on the influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the quality of tomato fruit were conducted. Tomatoes of cv. Faustine F₁ were grown in field condition and harvested at two stages of maturity (mature green and full-red) were treated after harvest with 1-MCP in concentrations of 1.0 μL⁻¹ or 2.0 μL⁻¹ for 21 hours at 20°C. Then stored for 4 weeks 12.5°C or 20°C and 85-90% RH. Lycopene, phenolics and vitamin C contents before and after storage of the fruit were analyzed. Contents of lycopene, vitamin C and phenolics was significantly dependent on 1-MCP treatment and stages of maturity.

WPROWADZENIE

W celu zachowania bardzo dobrej jakości owoców pomidora konieczne jest stosowanie nowych technologii przechowywania oraz zachowanie optymalnych warunków przechowywania owoców, pozwalających na zmniejszenie tempa zachodzących procesów pozbiorczych, takich jak oddychanie, transpiracja i starzenie się [3, 4, 12]. Na podstawie danych literaturowych i z badań własnych wynika, że traktowanie pozbiorcze pomidorów 1-metylocyklopropenem (1-MCP) pozwala nie tylko przedłużyć ich okres przechowywania, transportu i obrotu handlowego z zachowaniem wysokiej jakości, ale również zastąpić składowanie w zmodyfikowanej lub kontrolowanej atmosferze [8, 27]. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie dochodów producentów pomidorów.

Producenci zbierają pomidory głównie w fazie owoców „zielonych wyrośniętych”, co jest podyktowane koniecznością minimalizacji ryzyka uszkodzeń w czasie transportu i obrotu handlowego. Jednak zbiór owoców w tak wczesnych fazach dojrzałości, a następnie dojrzewanie ich w pomieszczeniach przechowalniczych skutkuje ich gorszą jakością sensoryczną związaną z niską intensywnością zapachu i smaku pomidorowego. Traktowanie owoców 1-MCP hamuje proces dojrzewania na poziomie fizjologicznym i molekularnym pomidorów będących w różnych fazach dojrzałości,

a nawet wybarwionych [17, 15]. Według Huber [18] owoce pomidorów powinny być traktowane 1-MCP w momencie, gdy został w nich rozpoczęty proces dojrzewania, ponieważ pozwala to osiągnąć ich wysoką jakość sensoryczną.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących zmian zawartości wybranych składników chemicznych owoców pomidora poddanych działaniu 1-MCP w zależności od fazy dojrzałości i temperatury przechowywania.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła heterozyjna odmiana pomidora szklarniowego Faustine F₁ TmVF₂N, odporna na wirusa mozaiki tytoniu (Tm), *Verticillium* (V), *Fusarium* rasy 1 i 2 (F₂) oraz nicienie (N). Jest to odmiana średnio wczesna, plenna o bardzo silnym wroście, ale luźnym pokroju. Wykształca owoce o masie 150-160 g, bardzo twarde, ładnie wybarwiające się i zachowujące długo świeżość po zbiorze. Odmiana jest polecana do upraw tunelowych oraz polowych przy paliku.

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

Czynnikami doświadczenia były:

Czynnik A – stadium dojrzałości owoców pomidora:

a1 – „zielone wyrośnięte”

a2 – „czerwone”.

Czynnik 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 nie traktowane 1-MCP.

Owoce były traktowane 1-MCP przez 21 godzin w temperaturze $18-20^\circ\text{C}$.

Czynnik C – temperatura przechowywania:

c1 – $12,5^\circ\text{C}$

c2 – 20°C .

Pomidory traktowane 1-MCP i kontrolne przechowywano w normalnej atmosferze w dwóch wartościach temperatury, przy wilgotności względnej powietrza 85-90%. Każdy obiekt składał się z 4 powtórzeń po 20 owoców, w układzie całkowicie losowym. W oddzielnych skrzynkach były składowane owoce przeznaczone do pomiarów fizyko-chemicznych i analiz sensorycznych. Pomidory we wszystkich obiektach były ułożone w skrzynkach, w pojedynczej warstwie i przykryte folią polietylenową.

Analizy chemiczne na zawartość witaminy C, likopenu i polifenoli w owocach pomidorów przeprowadzono bezpośrednio po zbiorze i po 4 tygodniach przechowywania:

- likopen, oznaczano zmodyfikowaną metodą Saniewskiego i Czapskiego [24]; wyniki podano w $\text{mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m.,
- witaminę C, oznaczano metodą Tillmansa wg. Charłampowicz [10]; wyniki wyrażono w miligramach witaminy C na 100 g świeżej masy (św.m.).
- polifenole oznaczano metodą według Emmonsa i in. [11]; wyniki podano w $\text{mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m.

Do analiz chemicznych pobierano owoce ze wszystkich kombinacji, bezpośrednio po zbiorze i po 4 tygodniach przechowywania. Próbę stanowiło od 10 do 15 owoców z każdej kombinacji. Owoce do analiz dzielono na ćwiartki, rozdrabniano i losowo tworzone z nich próbkę laboratoryjną.

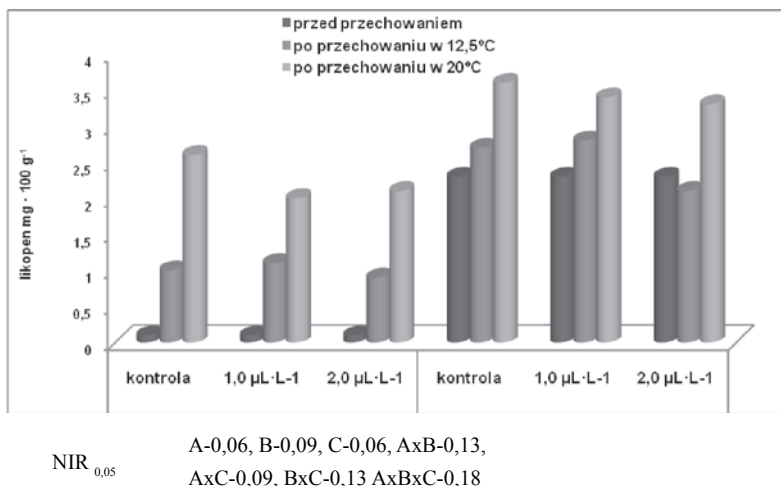
Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji w 3-czynnikowym modelu kompletnie losowym. Porównania wielokrotne średnich dla kombinacji przeprowadzono za pomocą testu Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$. Analiza statystyczna została wykonana za pomocą pakietu STATISTICA wersja 10.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość likopenu w owocach pomidora przedstawiono na rysunku 1. W owocach analizowanych bezpośrednio po zbiorze zanotowano likopen na poziomie $0,1 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ dla owoców zebranych w fazie dojrzałości „zielone wyrośnięte” i $2,3 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ dla owoców zebranych w fazie „czerwone”. Zawartość likopenu w pomidorach bezpośrednio po zbiorze i po przechowywaniu była stosunkowo niska w porównaniu do wartości podawanych w literaturze przez Leonard i in. [22], Sass-Kiss i in. [25], Abushita i in. [1].

Rezultat ten można tłumaczyć różnicami pomiędzy badanymi odmianami. W pomidorach obu odmian poddanych działaniu 1-MCP stwierdzono istotnie niższą zawartość likopenu w porównaniu do owoców nie traktowanych. Istotny wpływ na zawartość likopenu w owocach miała faza dojrzałości w czasie zbioru owoców i temperatura przechowywania. Wyższą zawartość tego związku zanotowano w owocach zebranych w fazie „czerwone”, a następnie przechowywanych w temperaturze 20°C , niż w owocach zebranych w fazie „zielone wyrośnięte” po przechowaniu w temperaturze 12°C . Najwyższą zawartość likopenu w pomidorach zanotowano w owocach zebranych w fazie „czerwone” przechowywanych w temperaturze 20°C ($3,6 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Zawartość likopenu w owocach pomidora zależy od wielu czynników przed i pozbiorczych, na co wskazują Brandt i in. [6], Kozukue i Friedman [21], Zdravkovic i in. [28], Hallmann i Rembiałkowska [16], w tym od temperatury przechowywania Toor i Savage [26]. Według Toor i Savage [26] średnia zawartość likopenu w pomidorach przechowywanych w temperaturach 15 i 25°C przez 10 dni była niemal dwukrotnie wyższa ($7,5 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) niż w owocach składowanych w temperaturze 7°C ($3,2 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Również Ajlouni i in. [5] stwierdzili, że zawartość likopenu w pomidorach wzrasta podczas przechowywania przez 14 dni w temperaturze 22°C z $3,6 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ do $9,0 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Niską akumulację likopenu i opóźnioną degradację chlorofilu spowodowaną traktowaniem 1-MCP owoców pomidora w różnych fazach dojrzałości podczas przechowywania odnotowali również Ilić i in. [19] oraz Wang i in. [27]. Według Gu i in. [14] wpływ na zwiększenie zawartości likopenu w pomidorach ma etylen, w związku z tym można przypuszczać, że hamowanie wytwarzania etylenu przez traktowanie owoców 1-MCP jest jedną z przyczyn opóźniających gromadzenie się likopenu w owocach.

Wartość biologiczna owoców pomidora wynika między innymi z zawartości witaminy C i polifenoli w owocach. Związki te wykazują zdolność do wymiatania wolnych rodników i zapobiegania zmianom oksydacyjnym w organizmie człowieka [26]. Świeżo zebrane owoce pomidorów odmiany Faustine F₁ różniły się pod względem zawartości witaminy C w zależności od fazy dojrzałości (odpowiednio $5,7 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ dla owoców „zielonych wyrośniętych” i $10,0 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$



Rys. 1. Zawartość likopenu w pomidorach odmiany Faustine F₁.
Fig. 1. The content of lycopene in tomato fruit cv. Faustine F₁ (mg·100g⁻¹ fresh material).

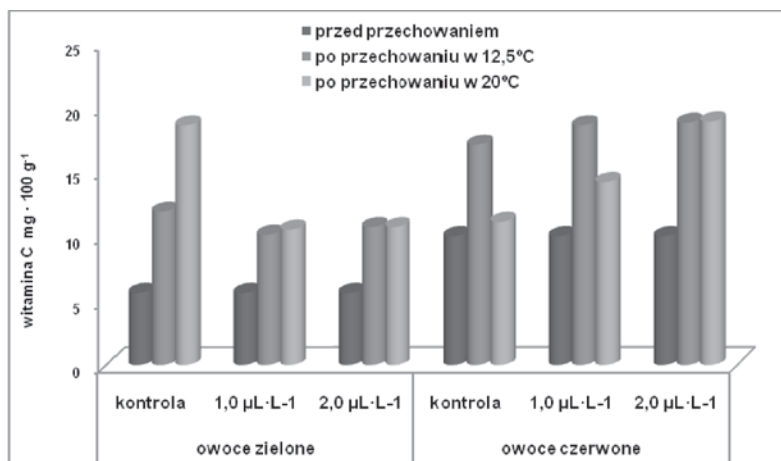
Źródło: Badania własne

dla owoców „czerwonych”) (rys. 2). W miarę dojrzewania przechowywanych pomidorów zawartość witaminy C w owocach zwiększała się w stosunku do wartości początkowych, co jest zgodne z wynikami prac Wang i in. [27], Abushita i in. [2], Giovanelli i in. [9, 13]. Wyniki pracy jednoznacznie wskazują, że najwyższą zawartość witaminy C uzyskano w owocach nie traktowanych 1-MCP. Pomidory zebrane w stadium dojrzałości „czerwone” i przechowywane w temperaturze 20°C zawierały więcej witaminy C niż owoce zebrane w fazie „zielone wyrosnięte” po przechowaniu w temperaturze 12,5°C. Odmienne wyniki uzyskali Wang i in. [27], którzy obserwowali istotnie większą zawartość witaminy C w pomidorach traktowanych 1-MCP w stężeniu 1,0 µL·L⁻¹, w porównaniu do owoców nie traktowanych. Wyniki Wang i in. [27] są poparte innymi pracami dotyczącymi korzystnego działania 1-MCP na zawartość witaminy w soku pomidorowym [8], w owocach brzoskwini [23] i owocach głożyny [20].

Analizując zawartość polifenoli w owocach pomidora bezpośrednio po zbiorze odnotowano różnice w owocach zebranych w dwóch fazach dojrzałości (rys. 3). „Czerwone” owoce odmiany Faustine F₁ zawierały więcej polifenoli (28,9 mg·100 g⁻¹), niż owoce „zielone wyrosnięte” (18,1 mg·100 g⁻¹). Zawartość polifenoli wykazywała tendencję wzrostową podczas przechowywania dla owoców zebranych w obu fazach dojrzałości, co potwierdza wcześniejsze badania Cano i in. [7], którzy obserwowali proces akumulacji związków fenolowych w owocach w miarę ich dojrzewania. Stwierdzono istotny wpływ traktowania 1-MCP owoców na zmiany zawartości polifenoli. Wyniki przechowywania owoców Faustine F₁ wskazują, że najwyższą zawartość fenoli uzyskano w owocach traktowanych 1-MCP w stężeniu 2,0 µL·L⁻¹. Pomidory badanej odmiany Faustine F₁ zebrane w stadium dojrzałości „czerwone” i przechowywane w temperaturze 20°C miały istotnie więcej fenoli rozpuszczalnych (44,7 mg·100 g⁻¹) niż owoce zebrane w fazie „zielone wyrosnięte” przechowane w tej samej temperaturze (35,1 mg·100 g⁻¹). Wykazany wpływ traktowania pomidorów 1-MCP na zawartość fenoli rozpuszczalnych w owocach znajduje potwierdzenie w wynikach doświadczeń Wang i in. [27]. Autorzy w swojej pracy zanotowali o 13% wyższą zawartość fenoli w owocach traktowanych 1-MCP niż w owocach kontrolnych, po 12 dniach przechowywania wynosiła ona około 41 mg·100 g⁻¹.

WNIOSKI

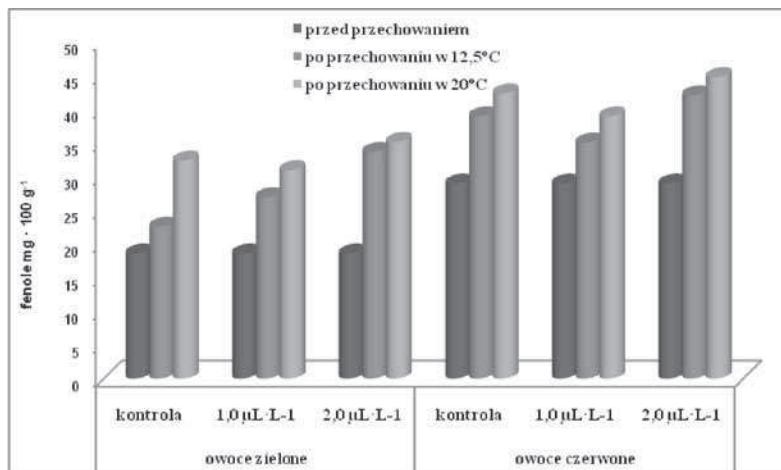
1. W czasie przechowywania w owocach pomidorów następował stopniowy wzrost zawartości likopenu, witaminy C, i polifenoli, zarówno w obiektach kontrolnych jak i traktowanych 1-MCP.
2. Owoce pomidora poddane działaniu 1-MCP charakteryzowały się po przechowaniu niższą zawartością likopenu i witaminy C niż owoce nie traktowane 1-MCP. Zmiany te były mniejsze w przypadku owoców zebranych w fazie owocu „czerwonego”, niż zebranych w fazie owocu



NIR_{0,05} A-0,02, B-0,04, C-0,02, AxB-0,05, AxC-0,03, BxC-0,05, AxBxC-0,07

Rys. 2. Zawartość witaminy C w pomidorach odmiany Faustine F₁.
Fig. 2. The content of vitamin C in tomato fruit cv. Faustine F₁ (mg·100g⁻¹ fresh material).

Źródło: Badania własne



N I R_{0,05} A-0,22, B-0,34, C-0,22, AxB-0,48, AxC-0,32, BxC-0,48, AxBxC-0,67

Rys. 3. Zawartość polifenoli w pomidorach odmiany Faustine F₁.
Fig. 3. The content of phenolics in tomato fruit cv. Faustine F₁ (mg·100g⁻¹ fresh material).

Źródło: Badania własne

„zielonego – wyrosniętego”. Zawartość likopenu w owocach traktowanych 1-MCP była wyższa po przechowywaniu w temperaturze 20°C w porównaniu do przechowywania w temperaturze 12,5°C.

3. Najwyższą zawartością polifenoli charakteryzowały się pomidory zebrane w fazie owocu „czerwonego”, po przechowywaniu w temperaturze 20°C, a najniższą zawartością pomidory zebrane w fazie owocu „zielonego – wyrosniętego”, po przechowaniu w temperaturze 12,5°C.

LITERATURA

[1] ABUSHITA A.A., DAOOD H.G., BIACS P.A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. Journal Agriculture Food Chemistry 48, 2075-2081.

- [2] **ABUSHITA A.A., HEBHSI E.A., DAOOD H.G., BIACS P.A. 1997.** *Determination of antioxidant vitamins in tomatoes.* Food Chemistry 60, 207-212.
- [3] **ADAMICKI F. 1991.** Wpływ temperatury i kontrolowanej atmosfery na przechowywanie, dojrzewanie i jakość owoców pomidorów. Praca habilitacyjna, Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach.
- [4] **ADAMICKI F., CZERKO Z. 2002.** Przechowalniczość warzyw i ziemniaka. PWRiL. Poznań.
- [5] **AJLUNI S., KREMER S., MASIH L. 2001.** *Lycopene content in hydroponic and non-hydroponic tomatoes during postharvest storage.* Food Australia 53, 195-196.
- [6] **BRANDT S., PEK Z., BARNA E., LUGASIA A., HELYES L. 2006.** *Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions.* Journal of Science of Food and Agriculture 86, 568-572.
- [7] **CANO A., ACOSTA M., ARNO M.B. 2003.** *Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.).* Postharvest Biology Technology 28, 59-65.
- [8] **CHARANJIT K., BINOY G., DEEPA N., SEEMA J., KAPOOR H.C. 2007.** *Viscosity and quality of tomato juice as affected by processing methods.* Journal Food Quality 30, 864-877.
- [10] **CHARŁAMPOWICZ Z. 1966.** Analizy przetworów z owoców, warzyw i grzybów. WPLiZ Warszawa.
- [11] **EMMONS C.L., PETERSON D.M., PAUL G.L. 1999.** *Antioxidant capacity of oat (Avena sativa L.) extracts. 2. In vitro antioxidant activity and contents of phenolic and tools antioxidants.* Journal Agriculture Food Chemistry 47, 4894-4898.
- [12] **GAJEWSKI M. 2001.** Przechowalniczość warzyw. Wydawnictwo SGGW.
- [13] **GIOVANELLI G., LAVELLI V., PERI C., NOBILI S. 1999.** *Variation in antioxidant components of tomato during vine and postharvest ripening.* Journal Science Agriculture 79, 1583-1588.
- [14] **GU C., XI Y., GUAN J., LI G. 2003.** *Effects of Ca²⁺/CaM messenger system inhibitions on ethylene-induced increase in lycopene content.* Agriculture Science of China 2, 1387-1392.
- [15] **GULLÉN F., CASTOLLO S., ZAPATA P.J., MARTÍNEZ-ROMERO D., VALERO D., SERRANO M. 2006.** *Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. Effect of cultivar and ripening stage at harvest.* Postharvest Biology Technology 42, 235-242.
- [16] **HALLMANN E., REMBIAŁKOWSKA E. 2007.** *Comparison of the nutritive quality of tomato fruits from organic and conventional production in Poland.* Pp: 131-134. In: Improving sustainability in organic and low input food production systems. Proceedings of the 3rd International Congress of the European Integrated Project Quality Low Input Food (QLIF) (U. Niggli, C. Leifert, T. Alfoldi, L. Luck, H. Willer ed) University of Hohenheim, Germany.
- [17] **HOBERICHTS F.A., VAN DER PLAS L.H.W., WOLTERING E.J. 2002.** *Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening.* Postharvest Biology and Technology 26, 125-133.
- [18] **HUBER D.J. 2008.** *Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerful tool for elucidation ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables.* Hortscience 43, 106-111.
- [19] **ILIĆ Z.S., MARINKOVIĆ D., TRAJKOWIĆ 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 Biotechnology vol. 12 (6), 547-553.
- [20] **JIANG W., SHENG Q., JIANG Y., ZHOU X. 2004.** *Effects of 1-methylcyclopropene and gibberellic acid on ripening of Chinese jujube (Zizyphus jujube M.).* Journal of the Science of Food and Agriculture 84, 31-35.
- [21] **KOZUKUE N., FRIDMAN M. 2003.** *Tomatine, chlorophyll, β-carotene and lycopene content in tomatoes during growth and maturation.* Journal of the Science of Food and Agriculture 83, 195-200.
- [22] **LEONARDI C., AMBROSINO P., ESPOSITO F., FOGLIANO V. 2000.** *Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes.* Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, 4723-4727.
- [23] **LIU H., JIANG W., ZHOU L., WANG B., LUO Y. 2007.** *The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (Prunus persica L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance.* International Journal of Food Science and Technology 40, 11-17.
- [24] **SANIEWSKI M., CZAPSKI J. 1983.** *The effect of methyl jasmonate on lycopene and β-carotene accumulation in ripening red tomatoes.* Experientia 39, 1373-1374.
- [25] **SASS-KISS A., KISS J., MILOTAY P., KEREK M.M., TOTH-MARKUS M. 2005.** *Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruit and vegetables.* Food Research International 38, 1023-1029.
- [26] **TOOR R.K., SAVAGE G.P. 2006.** *Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage.* Food Chemistry 99, 724-727.
- [27] **WANG M., CAO JK., LIN L., SUN J., JIANG W. 2010.** *Effect of 1-methylcyclopropene on nutritional quality and antioxidant activity of tomato fruit (Solanum lycopersicon L.) during storage.* Journal Food Quality 33, 150-164.
- [28] **ZDRAVKOVIĆ J., MARKOVIĆ Z., ZDRAVKOVIĆ M., DAMJANOWIĆ M., PAVLOVIĆ N. 2007.** *Relation of mineral nutrition and content of lycopene and β-carotene in tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) fruits.* Acta Horticulturae 729, 345-352.