

## Optimalna koncentracija i uslovi tretiranja jagode 1-metilciklopropenom radi produženja vremena skladištenja

Mirjana Žabić<sup>1</sup>, Boris Pašalić<sup>2</sup>, Borut Bosančić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna and Herzegovina.

<sup>2</sup>Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede  
Republike Srpske, Bosna i Hercegovina

### Sažetak

Pošto su jagode osjetljivo voće veoma kratkog roka trajanja, produženje njihovog vremena skladištenja je ekonomski vrlo značajno. Jagode sorte Arosa su tretirane različitim koncentracijama 1-metilciklopropena (0.050, 0.100, 0.500 ppm) da bi se odredila optimalna koncentracija za produženje vremena skladištenja. Tretiranje 1-metilciklopropenom je vršeno na dva načina: tretman u trajanju od 2 h na 20°C i tretman u trajanju od 20 h na 4°C. Nakon tretmana je praćen sadržaj ukupnih fenola i antocijana, sadržaj ukupnih rastvorljivih materija, pH, čvrstoća ploda i ukupan sadržaj organskih kiselina tokom stajanja 11 dana u hladnoj komori na 3°C. Najbolji rezultati su postignuti tretmanom sa 0.100 ppm 1-metilciklopropena u trajanju od 2 h na temperaturi od 20°C.

*Ključne riječi:* 1-metilciklopropen, fenoli, antocijani, skladištenje jagode, čvrstoća

### Uvod

Zbog kratkog vijeka trajanja svježih jagoda (*Fragaria x ananassa* Duch.) mogućnost produženja vremena skladištenja uz zadržavanje dobrog

kvaliteta ploda je aktuelan predmet istraživanja. Čak i u idealnim skladišnim uslovima na 0°C jagode opstaju manje od jedne sedmice (Wills i Kim, 1995). Brzo dolazi do truljenja, gubitka vode, mekšanja i skoro 40% plodova propada prije nego što dođe do potrošača (Bower et al., 2003). Utvrđeno je da 1-metilciklopropen (1-MCP) ima uticaj na različite hortikulturene proizvode; cvijeće (Jones et al., 2001), voće (Amarante et al., 2009; Burns, 2008; Pašalić i sar., 2013) i povrće (Cliff et al., 2009; Tassoni et al., 2006), a posebno na klimakterične vrste voća (Thammawong i Arakawa, 2010; Acuna et al., 2011) i uz to nije štetan za čovjeka (Blankenship i Dole, 2003). Smatra se da se 1-MCP takmiči sa etilenom za mjesto na receptorima etilena koji su odgovorni za inicijaciju procesa zrenja (Sisler i Serek, 1997). Mnogo više se zna o zrenju klimakteričnog voća i ulozi etilena u tom procesu. Međutim, zadnjih desetak godina je pažnja okrenuta i prema neklimakteričnom voću, kao što su jagode i grožđe, da bi se više saznalo o mehanizmu zrenja kako bi se ove, ekonomski vrlo atraktivne vrste, proizvele i sačuvale na optimalan način. Jagode proizvode etilen, iako u maloj količini (Trainotti et al., 2005). Utvrđeno je da sa porastom proizvodnje etilena raste i proizvodnja receptora etilena, što je isti obrazac kao kod neklimakteričnog voća (Trainotti et al., 2005). Ranije studije su potvrdile da, iako je jagoda neklimakterično voće, ipak egzogeni etilen utiče na sazrijevanje jagoda i na održivost u skladištu (Ku et al., 1999). Rezultati izlaganja jagoda egzogenom etilenu i 1-metilciklopropenu su doveli do pretpostavke da su receptori etilena u neklimakteričnom voću različiti od receptora etilena u klimakteričnom voću (Tian et al., 2000). Iako tretman sa 1-MCP značajno produžava skladišni period klimakteričnog voća, u literaturi se mogu naći prilično kontradiktorni rezultati istraživanja uticaja 1-MCP na održivost jagoda i drugog neklimakteričnog voća u skladištu. Razlike među sortama i uslovi uzgajanja su vjerovatno razlozi zbog kojih literaturni podaci znatno variraju (Bower et al., 2003). Cilj ove studije je određivanje optimalne koncentracije 1-MCP, kao i optimalnih uslova tretmana jagoda sorte Arosa radi produžavanje vremena skladištenja.

## Materijal i metode rada

### Materijali

Zrele jagode sorte Arosa koje se komercijalno uzgajaju na zasadu Elezagići, opština Gradiška, su ubrane u maju 2013. godine i odmah transportovane u laboratoriju, gdje su izvršeni tretmani i analize.

## Priprema uzoraka i tretman

Formirani su lotovi od po 15 jagoda na kojima je vršen tretman sa tri različite koncentracije 1-MCP (0.050, 0.100, 0.500 ppm) radi utvrđivanja optimalne koncentracije za njihovo skladištenje. Takođe su formirani lotovi od po 15 jagoda koji nisu bili tretirani i koji su služili kao kontrolni lotovi. Za tretman je korištena SmartFresh formulacija sa 0.14% 1-MCP i pripremana je na sljedeći način: 80 mg/m<sup>3</sup> (za 0.05 ppm koncentraciju), 160 mg/m<sup>3</sup> (za 0.1 ppm) i 800 mg/m<sup>3</sup> (za 0.5 ppm koncentraciju) je rastvoreno u 2 ml destilovane vode na 25°C u plitkoj staklenoj tegli koja se može dobro zatvoriti radi mućkanja. Jagode (po tri lota za jednu koncentraciju 1-MCP) i otvorene tegle sa pripremljenim rastvorom 1-MCP određene koncentracije su držani u hermetički zatvorenim plastičnim kontejnerima:

a) 2 sata na 20°C

b) 20 sati na 4°C.

Kontrolni lotovi jagoda su držani na istim uslovima, ali pored zatvorenih kontejnera. Nakon tretmana su jagode držane u hladnoj komori u uslovima normalne atmosfere, 95% relativne vlažnosti, na temperaturi od 3°C 11 dana. Tokom ovog perioda su praćeni sljedeći parametri: čvrstoća ploda, sadržaj ukupnih rastvorljivih materija, sadržaj ukupnih fenola i ukupnih antocijana, pH i sadržaj ukupnih organskih kiselina.

Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija je određen pomoću digitalnog Atago refraktometra (sa radnim opsegom 0.3–2% Brix). Čvrstoća ploda je određena penetrometrom tipa FT 327 (Fruit Pressure Tester) sa klipom promjera 6 mm sa mjernom skalom na kojoj se očitava sila penetracije u kg/cm<sup>2</sup>.

## Određivanje sadržaja ukupnih fenola i sadržaja ukupnih antocijana

Svježe pripremljen homogenat jagoda (5 g) je ekstrahovan sa 50 ml 1% (v/v) metanola (Jiang et al., 2001). Nakon centrifugiranja 15 min pri 3500 rpm (Centric 322 A, Tehnica) supernatant je razrijeđen do 500 ml sa 1% HCl-MeOH (v/v) i filtriran kroz Whatman #1 filter papir. Očitana je apsorpcija (UV-VIS, Shimadzu 1240 mini) na 280 nm za ukupne fenole i na 530 nm za ukupne antocijane. Sadržaj ukupnih fenola je izračunat iz standardne krive sa galnom kiselinom (opseg koncentracija od 0.3 do 1.2 mg galne kiseline/100 ml). Sadržaj ukupnih antocijana je izražen kao apsorpcija na 530 nm/100 g svježeg voća. Za svaku koncentraciju 1-MCP analiza je urađena u triplikatu.

## Određivanje ukupnog sadržaja organskih kiselina

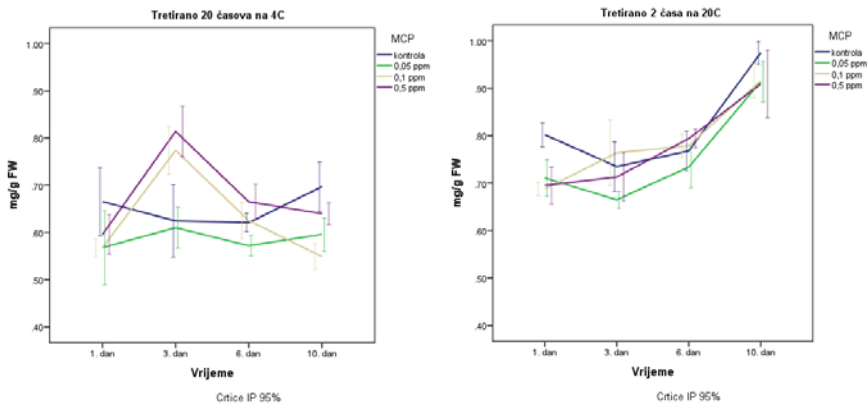
Homogenat jagoda (4 g) je razrijeđen sa 20 ml destilovane vode i titrisan sa 0.1M NaOH do pH 8.1 (Aguayo et al., 2006). Analiza je urađena u triplikatu i ukupan sadržaj organskih kiselina je izražen kao % limunske kiseline koja je dominantna kiselina u jagodama.

Za statističku analizu korišćen je softverski paket SPSS Statistics 22 (IBM, 2013). Provedena je standardna GLM procedura sa izabranim pragom značajnosti  $p < 0.05$ . Uočene značajne razlike i interakcije ispitane su LSD testom.

## Rezultati i diskusija

Istraživanja pokazuju da niske koncentracije 1-MCP zahtijevaju duži tretman da bi bile jednako efikasne kao pri višim koncentracijama (Blankenship & Dole, 2003). Utvrđeno je da i temperatura utiče na efikasnu inhibiciju etilena pomoću 1-MCP (Amarante et al., 2009). Tretiranje kalifornijskih jagoda koncentracijama 0.01 do 1 ppm 1-MCP 24 sata pri temperaturi od 0 i 5°C je čak dovelo do intenzivnijeg propadanja ploda (što se povezuje sa intenzivnijom proizvodnjom CO<sub>2</sub>), ali i do smanjene produkcije etilena (Bower et al., 2003). Zaključeno je da tretman jagoda s tog podneblja različitim koncentracijama 1-MCP nema povoljan efekat na održivost jagoda, kao ni smanjenje koncentracije etilena u skladišnom prostoru. Druga studija je, opet, pokazala da tretiranje jagoda 2 h na 20°C sa nižim koncentracijama 1-MCP (od 0.005 ppm do 0.015 ppm) djeluje povoljno na očuvanost jagoda u skladištu, dok je na višim koncentracijama efekat čak suprotan, tj. na koncentraciji od 0.5 ppm dolazi i do 40% skraćenja vremena skladištenja zbog ranijeg početka procesa truljenja (Ku et al., 1999). Pretpostavljeno je da veća koncentracija 1-MCP negativno djeluje na prirodni odbrambeni sistem jagode protiv mikroorganizama koji uzrokuju truljenje. Do istog zaključka su došli i Jiang et al. (2001) izlažući jagode 0.01, 0.1, 0.25, 0.5 i 1.0 ppm 1-MCP 2 h na 20°C. Što je veća koncentracija 1-MCP primjenjena, to je bio manji porast antocijana i fenola tokom skladištenja, što je imalo za posljedicu manju otpornost na bolesti, pa je već 0.5 ppm bila koncentracija 1-MCP sa negativnim efektom. Naši rezultati pokazuju da je način tretiranja važan faktor ( $p < 0.00$ ), ali isto tako i koncentracija 1-MCP ( $p < 0.00$ ) i različito vrijeme uzorkovanja ( $p < 0.00$ ). Takođe, interakcije su se pokazale značajnima i stoga su komentari rezultata bazirani na specifičnim kombinacijama faktora i njihovim tendencijama.

Tretmanom 20 h na 4°C sadržaj ukupnih fenola inicijalno raste i kod tretiranih i kod kontrolnih jagoda (Graf. 1). Kod tretiranih jagoda dostiže maksimum oko trećeg dana i onda počinje da opada. Interesantno je da je oko trećeg dana najveći sadržaj fenola dostignut kod jagoda tretiranih najvećom koncentracijom 1-MCP. Kod kontrolnih jagoda i kod jagoda tretiranih sa 0.05 ppm 1-MCP nakon pada sadržaja ukupnih fenola, dolazi ponovo do porasta negdje oko šestog dana provedenog u skladištu. Može se zaključiti da veće koncentracije 1-MCP (0.1 i 0.5 ppm) uzrokuju porast sadržaja fenola, a time i odbrambene sposobnosti jagoda prvih 6 do 7 dana provedenih u skladištu, nakon čega dolazi do njihovog pada.



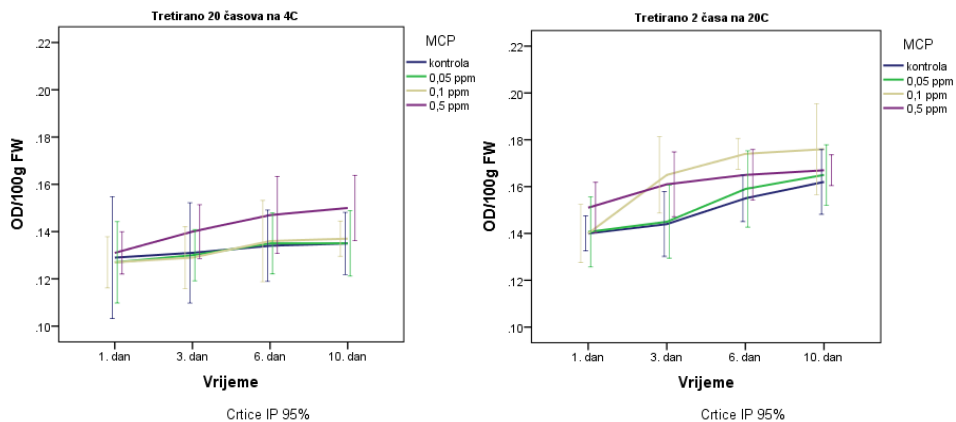
Graf. 1. Sadržaj ukupnih fenola u jagodama tretiranim različitim koncentracijama 1-MCP pri različitim uslovima tretiranja u toku 10 dana skladištenja

*Total phenols content in strawberries treated with various 1-MCP concentrations at different treatment conditions and stored for 10 days*

Kraći tretman (2 h) na višoj temperaturi (20°C) daje potpuno drugačiju sliku ( $p < 0.00$ ). Kod tretiranja 2 časa na 20°C sve primjenjene koncentracije 1-MCP su pokazale podjednak uticaj na kraju ispitivanog perioda, tj. desetog dana ispitivanja (Graf. 1). I kontrolni i tretirani uzorci imaju sličan obrazac: inicijalan rast sadržaja fenola, pad, pa ponovni rast. Izgled krive kontrolnog uzorka je vrlo sličan u oba tretmana i u oba tretmana je kontrolni uzorak imao na kraju ispitivanog perioda značajno najveći sadržaj fenola ( $p < 0.00$ ). Generalno gledano, sadržaj ukupnih fenola je veći nakon tretmana 2 h na 20°C, što bi trebalo da znači i bolju otpornost jagoda. Izuzetak su trećeg dana tretmana koncentracije 0.1 ppm tretirane 20 h na 4°C, koje su

bile uporedive sa ovim tretmanom ( $p=0.497$ ) i 0.5 ppm koja se pokazala superiornom trećeg dana skladištenja ( $p<0.00$ ).

Sadržaj ukupnih antocijana raste tokom skladištenja i kod tretiranih (najviše kod 0.5 i 0.1 ppm koncentracije 1-MCP) i kod netretiranih jagoda (najsporiji rast), i to kod oba načina tretmana (Graf. 2). Rezultati pokazuju da je način tretiranja važan faktor ( $p<0.00$ ), ali isto tako i koncentracija 1-MCP ( $p<0.00$ ) i različito vrijeme uzorkovanja ( $p<0.00$ ). Takođe, interakcije između tretmana i različitih koncentracija 1-MCP, kao i između tretmana i različitih vremena mjerenja su se pokazale značajnima ( $p<0.01$ ) i stoga su komentari rezultata bazirani na specifičnim kombinacijama faktora i njihovim tendencijama.



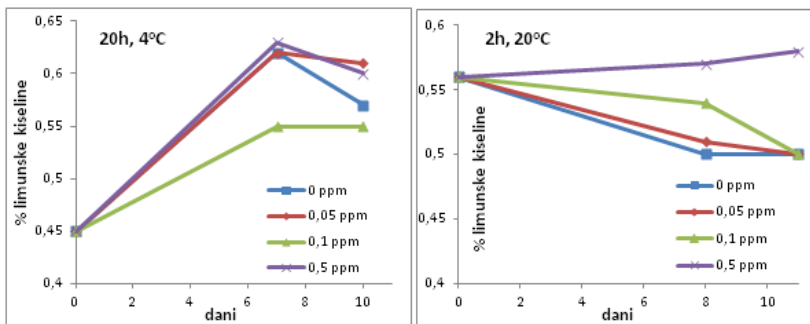
Graf. 2. Sadržaj ukupnih antocijana u jagodama tretiranim različitim koncentracijama 1-MCP pri različitim uslovima tretiranja u toku 10 dana skladištenja

*Total anthocyanin content in strawberries treated with various 1-MCP concentrations at different treatment conditions and stored for 10 days*

Poznato je da se sinteza antocijana nastavlja nakon branja plodova, čak i pri niskim temperaturama što značajno doprinosi otpornosti plodova (Holcroft i Kader, 1999a). Najveći sadržaj antocijana je postignut tretmanom 2 h na 20°C sa 0.1 ppm koncentracijom 1-MPC, što je značajno različito od ostalih koncentracija ( $p<0.00$ ), osim koncentracije 0.5 ppm ( $p=0.56$ ). Na dužem tretmanu od 20 časova, koji je dao slabije rezultate od tretmana u trajanju od 2 časa na 20°C, izdvojili su se po sadržaju antocijana plodovi tretirani sa 0.5 ppm 1-MCP. Oni su se već od trećeg dana mjerenja ( $p<0.05$ ), pa sve do desetog dana mjerenja ( $p<0.01$ ) pokazali značajno boljim od plodova tretiranih drugim ispitivanim koncentracijama 1-MCP.

Ostale koncentracije 1-MCP nisu pokazale značajno različit uticaj na sadržaj antocijana u uslovima dvadesetočasovnog tretiranja na 4 °C. Koncentracija 1-MCP od 0.5 ppm ili 0.1 ppm daje najbolje rezultate za ovaj ispitivani parametar pri ovim uslovima tretiranja.

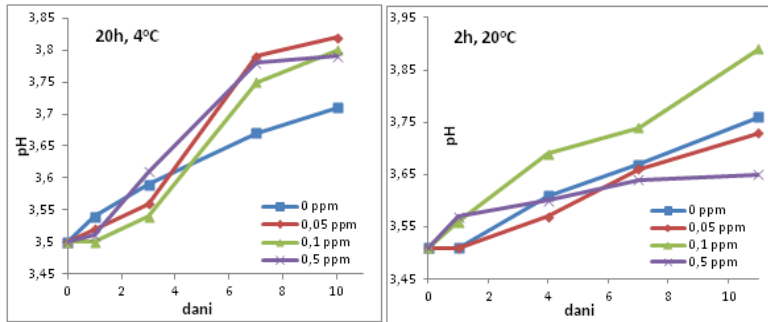
Sadržaj ukupnih organskih kiselina prirodno opada sa vremenom skladištenja, a pH lagano raste (Holcroft i Kader, 1999a; Holcroft i Kader, 1999b), što pokazuju i naši rezultati bez tretmana i sa 1-MCP tretmanom u toku 2 sata na 20°C, osim kada se tretira koncentracijom od 1 ppm, kada sadržaj organskih kiselina lagano raste (Graf. 3 i Graf. 4). Međutim, tretman od 20 sati na 4°C pokazuje isti obrazac kod svih uzoraka: porast sadržaja organskih kiselina izraženog preko % limunske kiseline do otprilike sedmog dana, nakon čega slijedi opadanje.



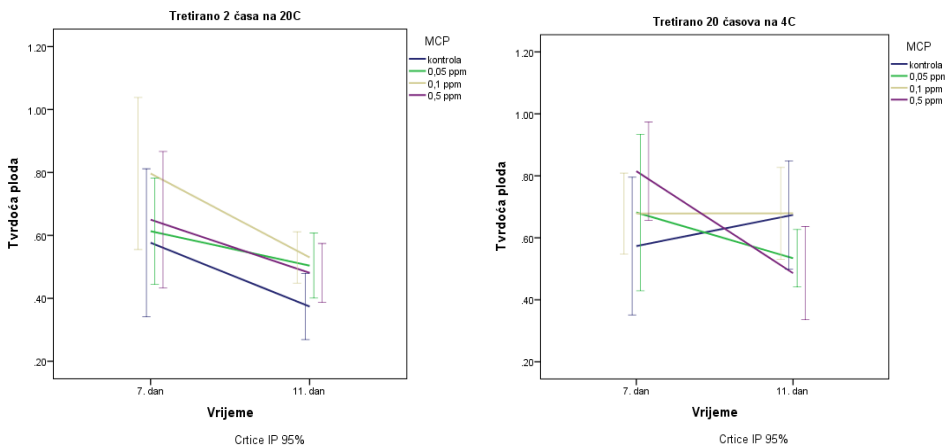
Graf. 3. Sadržaj ukupnih organskih kiselina u jagodama tretiranim različitim koncentracijama 1-MCP pri različitim uslovima tretiranja  
*Titrateable acidity in strawberries treated with various 1-MCP concentrations at different treatment conditions*

U studiji tretiranja Oso grande jagoda sa 0.1 ppm 1-MCP 2 sata na sobnoj temperaturi je zaključeno da se usporava gubitak čvrstoće tretiranih jagoda u odnosu na kontrolne, jer je tretman uzrokovao smanjenje aktivnost enzima poligalakturonaze i pektinmetilesteraze (Silva et al., 2012). Primjena 1 ppm 1-MCP u toku 24 h na 5°C nije uticao na čvrstoću ploda praćenu tokom 12 dana na 5°C nakon tretmana (Aguayo et al., 2006). Ista studija nije pokazala uticaj na sadržaj ukupnih rastvorljivih materija, ali jeste na sadržaj ukupnih organskih kiselina. Ranije spomenuta studija (Jiang et al., 2001) je ustanovila usporavanje gubitka čvrstoće ploda na svim primjenjenim koncentracijama metilciklopropena. Naši rezultati prikazani na Graf. 5 pokazuju značajan ili visoko značajan uticaj svih ispitivanih faktora ( $p < 0.05$ ), ali i interakcije sva tri faktora u kombinaciji ( $p = 0.01$ ), dok kombinacije parova pojedinih faktora u interakciji nisu pokazali statistički značajan uticaj na

tvrdoću ploda ( $p>0.05$ ). U obe tretmanske kombinacije temperature i dužine izlaganja, 1-MCP primjenjen u koncentraciji 0.01 ppm dao je rezultate ukupno bolje od ostalih kombinacija, s tim da je pod tretmanom u trajanju 2h na 20°C imao rezultate uporedive sa ostalim plodovima tretiranim sa 1-MCP, ali bolje od kontrolne grupe ( $p=0.04$ ). Kod plodova tretiranih 20 h na 4 °C, oni plodovi koji su tretirani sa 0.01 ppm 1-MCP su održali čvrstoću, za razliku od plodova tretiranih ostalim koncentracijama 1-MCP ( $p<0.05$ ), ali na uporedivom nivou sa kontrolnom grupom ( $p=0.95$ ).



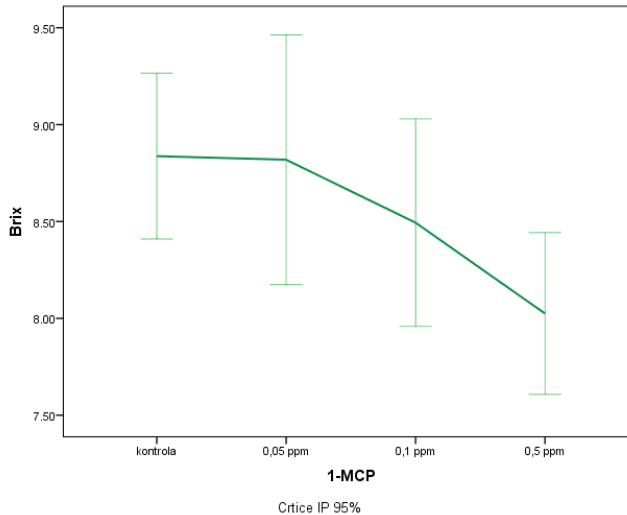
Graf. 4. pH u jagodama tretiranim različitim koncentracijama 1-MCP pri različitim uslovima tretiranja  
*pH in strawberries treated with various 1-MCP concentrations at different treatment conditions*



Graf. 5. Tvrdoća ploda u jagodama tretiranim različitim koncentracijama 1-MCP pri različitim uslovima tretiranja  
*Fruit firmness in strawberries treated with various 1-MCP concentrations at different treatment conditions*



Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija se sa primjenom 1-MCP uglavnom ne mijenja ili blago opada tokom vremena (Aguayoa et al., 2006; Holcroft i Kader, 1999a). Naši rezultati prikazani na Graf. 6 pokazuju da su od svih ispitivanih faktora i njihovih interakcija ( $p > 0.05$ ) samo različite koncentracije 1-MCP pokazale značajan uticaj pri analizi sadržaja rastvorljivih suvih materija ( $p = 0.019$ ).



Graf. 6. Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u jagodama tretiranim različitim koncentracijama 1-MCP

*Total soluble solids in strawberries treated with various 1-MCP concentrations*

Na grafikonu je očigledan blagi pad sadržaja suvih materija sa povećanjem koncentracije 1-MCP, pri čemu je LSD test pokazao da se najveća koncentracija od 0.5 ppm značajno izdvaja od prve dvije koncentracije ( $p < 0.05$ ), dok je primjenjena koncentracija 0.1 ppm pokazala prelazne karakteristike bez značajnih razlika ( $p > 0.05$ ) u poređenju sa ostalim ispitivanim koncentracijama 1-MCP po uticaju na sadržaj rastvorljivih materija.

Uopšteno gledano, dobijeni rezultati upućuju na kraći tretman na višoj temperaturi (tretman u trajanju od 2 h na 20°C) kao preporučeni način tretiranja jagode Arosa sa 1-MCP u cilju produženja vremena skladištenja, što je u skladu sa pretpostavkom da na nižim temperaturama receptori imaju manji afinitet prema 1-MCP (Blankenship i Dole, 2003). Što se tiče efektivne koncentracije 1-MCP pri ovim uslovima, koncentracija od 0.1 ppm

rezultuje u odnosu na ostale ispitivane koncentracije 1-MCP jednakom ili većom proizvodnjom ukupnih antocijana i fenola koji su važni za otpornost ploda na truljenje. Takođe, povećan pH i donekle smanjen sadržaj rastvorljivih materija pri ovoj koncentraciji doprinosi stabilnosti antocijana (Holcroft i Kader, 1999a). U istim uslovima tvrdoća ploda je zadržana i bila je na značajno boljem nivou u odnosu na ostale ispitivane koncentracije 1-MCP. Dobijanje boljih rezultata pri koncentraciji 1-MCP nižoj od 0.5 ppm potvrđuje hipotezu da primjenom viših koncentracija 1-MCP vjerovatno dolazi do inhibicije nekih važnih prirodnih odbrambenih metaboličkih puteva (Jiang et al., 2001). Ipak, iako značajni, ukupno gledano efekti ovakvog tretmana nisu veliki u odnosu na netretirane kontrolne plodove i potrebno je primjenjivati tretiranje u uslovima kada se procijeni da su ti efekti dovoljni za postizanje očekivanih ciljeva skladištenja.

## Literatura

- Acuna, M.G.V., Biasi, W.V., Mitchama, E.J. & Holcroft, D. (2011). Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in 'Bartlett' pears. *Postharvest Biol. and Technol.*, 60, 17–23.
- Aguayo, E., Jansasithorn, R. & Kader, A.A. (2006). Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharvest Biol. and Technol.*, 40, 269–278.
- Amarante, T.C.V., Steffens, C.A. & Espíndola, B.P. (2009). Postharvest quality preservation of red strawberry-guavas by treatment with 1-methylcyclopropene and fruit packaging in plastic films under refrigeration. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 31(4), 969–976.
- Blankenship, S.M. & Dole, J.M. (2003). 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. and Technol.*, 28, 1–25.
- Bower J.H., Biasi, W.V. & Mitcham, E.J. (2003). Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. *Postharvest Biol. and Technol.*, 28, 417–423.
- Burns, J.K. (2008): 1-Methylcyclopropene Applications in Preharvest Systems: Focus on Citrus. *HortScience*, 43(1), 112–114.
- Cliff, M., Lok, S., Lu, C. & Toivonen, P.M.A. (2009). Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. *Postharvest Biol. and Technol.*, 53, 11–15.

- Holcroft, D.M. & Kader, A.A. (1999)a. Carbon dioxide–induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience*, 34(7), 1244–1248.
- Holcroft, D.M. & Kader, A.A. (1999)b. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biol. and Technol.*, 17, 19–32.
- Jiang, Y., Joyce, D.C. & Terry, L.A. (2001). 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biol. and Technol.*, 23, 227–232.
- Jones, M.L., Kim, E.S. & Newman, S.E. (2001). Role of ethylene and 1-MCP in flower development and petal abscission in zonal geraniums. *HortScience*, 36(7), 1305–1309.
- Ku, V.V.V., Wills, R.B.H. & Ben-Yehoshua, S. (1999). 1-Methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. *HortScience*, 34(1), 119–120.
- Pašalić, B., Žabić, M. & Bosančić, B. (2013). *Effects of 1-methyl-cyclopropene on the physico-chemical properties of cherry fruit during storage*. Paper presented at the IV International Agronomic Symposium Agrosym 2013, Jahorina, BiH, Book of proceedings, 108-113.
- Silva, P.A., Abreu, C.M.P, Queiroz, E.R., Correa, A.D. & Santos, C.D. (2012). Storage of strawberries (*Fragaria ananassa* L.) cv. Oso Grande, subjected to 1-MCP. *Acta Scientiarum. Technology*, 34(3), 353–358.
- Sisler, E.C. & Serek, M. (1997). Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.*, 100, 577–582.
- Thammawong, M. & Arakawa, O. (2010). Starch to sugar conversion in "Tsugaru" apples under ethylene and 1-methylcyclopropene treatments. *J. Agr. Sci. Tech.*, 12, 617–626.
- Tassoni, A., Watkins C.B. & Davies, P.G. (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.
- Tian, M.S., Prakash, S., Elgar, H.J., Young, H., Burmeister, D.M. & Ross, G.S. (2000). Responses of strawberry fruit to 1- methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. *Plant Growth Regul.*, 32, 83–90.
- Trainotti, L., Pavanello, A. & Casadoro, G. (2005). Different ethylene receptors show an increased expression during the ripening of strawberries: does such an increment imply a role for ethylene in the ripening of these non-climacteric fruits? *Journal of Experimental Botany*, 56(418), 2037–2046.

Wills, R.B.H. & Kim, G.H. (1995). Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biol. Technol.*, 6, 249–255.

Primljeno: 29. januara 2015.  
Odobreno: 13. februara 2015.

## 1-Methylcyclopropene Optimal Concentration and Treatment Conditions for Extending Storage Life of Strawberries

Mirjana Žabić<sup>1</sup>, Boris Pašalić<sup>2</sup>, Borut Bosančić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agriculture, University of Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.*

<sup>2</sup>*Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina*

### Abstract

Given that strawberries are very short-lived and easily perishable, extending their shelf life would be very cost effective. Strawberries of the Arosa cultivar were treated with various concentrations of 1-methylcyclopropene (0.050, 0.100, 0.500 ppm) in order to determine the optimal concentration for extending their storage life. Two different treatment conditions were used: treatment for 2 h at 20°C and treatment for 20h at 4°C. Total phenols content, total anthocyanins, total soluble solids, fruit firmness, titratable acidity, pH and weight loss were monitored for 11 days of storage in the cold room at 3°C. The best results were achieved by treatment with 0.1 ppm 1-methylcyclopropene for 2 h at 20°C.

*Key words:* 1-methylcyclopropene, phenolics, anthocyanins, strawberry storage, firmness

Mirjana Žabić  
E-mail address: mirjana.zabic@agrofabl.org

Received: January 29, 2015  
Accepted: February 13, 2015