

## UTICAJ 1-METILCIKLOPROPENA NA KVALITET PLODOVA JABUKE SORTE „GRANNY SMITH“ U ZAVISNOSTI OD PRIMENJENE KONCENTRACIJE I USLOVA ČUVANJA

Nenad Magazin, Zoran Keserović, Biserka Milić, Maja Miodragović,  
Jelena Tarlanović

*Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet*  
E-mail: nmagazin@polj.uns.ac.rs

**Izvod.** U radu su prikazani rezultati ispitivanja delovanja 1-metilciklopropena (1-methylcyclopropene, 1-MCP) na kvalitet plodova jabuke sorte „Granny Smith“. 1-MCP je inhibitor delovanja etilena koji se veže za receptore etilena i na taj način usporava sazrevanje plodova i produžava njihovo čuvanje. 1-MCP je primenjen u periodu od 5 dana nakon berbe u koncentracijama od 0, 500, 1000 i 2000 ppb i to sa i bez prisustva egzogenog etilena poreklom iz druge zrele jabuke. Nakon tretmana plodovi su smešteni u hladnjaču sa kontrolisanom atmosferom u dve komore sa različitim sastavom gasova. Analize plodova su izvedene neposredno nakon iskladištenja, ali i nakon dodatnog čuvanja u komori sa normalnom atmosferom, kao i nakon čuvanja na sobnoj temperaturi. Rezultati su pokazali da 1-metilciklopropen može u značajnoj meri da pomogne očuvanju kvaliteta jabuke tokom skladištenja u hladnjačama. Nevezano za primenjenu koncentraciju, 1-MCP značajno utiče na očuvanje čvrstine ploda, čak i nakon iskladištenja odnosno čuvanja plodova na sobnoj temperaturi, a pokazalo se i da sadržaj ukupnih kiselina u tretiranim plodovima sporije opada u odnosu na netretirane plodove. Nije bilo uticaja tretmana na sadržaj rastvorljivih suvih materija. Sve ispitivane koncentracije 1-MCP-a su efikasno suzbile pojavu posmeđivanja pokožice zelenih plodova (skald) samo u uslovima kada je tretman vršen u komori bez prisustva plodova jabuke drugih sorti. U tretmanu sa prisustvom egzogenog etilena, 1-MCP nije sprečio pojavu skalda. Koncentracija od 500 ppb nije dala zadovoljavajuće rezultate kod svih ispitivanih parametara, te je preporučljivo da se koristi koncentracija od 1000 ppb. Koncentracija od 2000 ppb je dala iste rezultate kao i 1000 ppb, pa stoga nema opravdanja za njenu primenu.

**Ključne reči:** 1-MCP, ULO, NA, čvrstina, skald.

### Uvod

Proces zrenja plodova jabuke je u velikoj meri kontrolisan etilenom, biljnim hormonom koji se proizvodi u većini biljnih tkiva. Etilen je gas koji deluje i kad je prisutan u tragovima, stimulišući i regulišući različite procese tokom života biljaka, kao što su: zrenje plodova, otvaranje cvetova, opadanje listova. Njegova produkcija je obično mala, ali kad se poveća izaziva važne fiziološke promene, uključujući

zrenje klimakteričnih plodova (Vendrell et al., 2001). Budući da se produkcija etilena odvija i tokom čuvanja plodova, u svetu se već dugo radi na pronalaženju načina inhibicije njegovog stvaranja i delovanja.

Jedan od inhibitora delovanja etilena je 1-metilciklopropen koji se veže za receptore etilena (Sisler i Serek, 1997) i na taj način usporava sazrevanje plodova i produžava njihovo čuvanje (Fan i Mattheis, 1999; Dal Cin et al., 2008; Fawbush et al., 2009). 1-MCP je aktivna materija preparata SmartFresh™ koji je registrovan za upotrebu u većini evropskih zemalja, kao i u Srbiji. 1-MCP je skoro idealan sastojak za tretiranje biljnog materijala osetljivog na etilen, jer se može primeniti kao gas, aktivan je u veoma niskim koncentracijama, ima dugotrajno dejstvo, nije toksičan i nema miris (Sisler, 2006). Tretiranje plodova klimakteričnog voća, kao što su jabuke i kruške, 1-MCP-om usporava se proces sazrevanja. 1-MCP blokira efekte i endogenog i egzogenog etilena (Rupasinghe et al., 2000). Posebno je značajna činjenica da 1-MCP smanjuje kalo pojedinačnih plodova tokom čuvanja (Akbudak et al., 2009).

Jabuka je voćna vrsta kod koje 1-MCP daje najbolje rezultate i ima standardnu primenu. Daje odlične rezultate na plodovima čuvanim i u normalnoj (Coureau et al., 2005) i u kontrolisanoj atmosferi (DeLong et al., 2004; Magazin et al., 2013;). Plodovi su čvršći, sočniji, period čuvanja se produžava i duže se zadržava zelena osnovna boja pokožice. Pored toga, sprečava pojavu skalda kod osetljivih sorti kao što je „Granny Smith“ (Magazin et al., 2010). Međutim, efikasnost preparata zavisi od pridržavanja uputstvima za primenu. Pored toga, na nekim sortama primena nije preporučljiva jer dovodi do izraženije pojave pojedinih fizioloških oboljenja (DeEll et al., 2003).

## Materijal i metode

Ogled je postavljen u toku 2010. godine na sorti jabuke „Granny Smith“. Preparat Smart Fresh 0.14% Technology (a.m. 1-methylcyclopropene) je primenjen u periodu od 5 dana nakon berbe u koncentracijama od 0, 500, 1000 (registrovana konc.) i 2000 ppb aktivne materije 1-MCP na uzorcima od 2 x 100 plodova podeljenih u 4 ponavljanja. Tretman je trajao 24 časa, a nakon toga plodovi (4 x 25 plodova iz svakog tretmana) su smešteni na čuvanje u komore hladnjače u uslove opisane u tabeli 1. U istoj tabeli su dati i termini analize plodova. Analize plodova su izvedene prema rasporedu datom u istoj tabeli, a obuhvatale su sledeće karakteristike: čvrstina plodova ručnim penetrometrom FT 327 (Winopal Forshchungsbedarf GmbH, Ahnsbeck, Nemačka) sa ubodnom iglom prečnika 11 mm, sadržaj rastvorljive suve materije ručnim refraktrometrom RHB-32ATC (Xin instruments, Kina), sadržaj ukupnih kiselina (titracijom sa 0,1 N NaOH), prisustvo posmeđivanja pokožice zelenih plodova (skald) je određeno prebrojavanjem plodova sa simptomima, a jačina pojave je određena subjektivno i izražena je u procentima (%) od ukupne površine ploda.

Eksperimentalni podaci su obrađeni uz pomoć softverskog paketa STATISTICA (verzija 10) primenom analiza varijanse (ANOVA). Značajnost razlika između tretmana određena je LSD testom sa nivoom značajnosti od 0,05%.

**Tabela 1.** Osnovni podaci o ogledu

*The basic data of the experiment*

Komora <i>Chamber</i>	ULO 1	ULO 2
Režim atmosfere i temperature <i>Atmosphere and temperature conditions</i>	0,8% O <sub>2</sub> , 0,8%CO <sub>2</sub> , 1°C	1,5% O <sub>2</sub> , 2,5%CO <sub>2</sub> , 1,5°C
Napomene <i>Remarks</i>	Komora bez druge jabuke <i>Chamber without other apples</i>	Tretiranje obavljeno u komori u prisustvu zrele jabuke drugih sorti <i>Treatment done in chamber with resence of ripe apples of other cultivars</i>
Vreme analize plodova (nakon) <i>Analysis time (after)</i>	1. 155 dana čuvanja u ULO <i>155 days in ULO storage</i> 2. 155 dana čuvanja u ULO + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO storage + 7 days at 20°C</i> 3. 155 dana čuvanja u ULO + 30 dana u NA <i>155 days in ULO storage + 30 days in NA<sup>1</sup> storage</i> 4. 155 dana čuvanja u ULO + 30 dana u NA + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO storage + 30 days in NA storage + 7 days at 20°C</i>	1. 180 dana čuvanja u ULO <i>180 days in ULO storage</i> 2. 180 dana čuvanja u ULO + 7 dana na 20°C <i>180 days in ULO storage + 7 days at 20°C</i> 3. 180 dana čuvanja u ULO + 30 dana u NA uslovima <i>180 days in ULO storage + 30 days in NA storage</i> 4. 180 dana čuvanja u ULO + 30 dana u NA + 7 dana na 20°C <i>180 days in ULO storage + 30 days in NA storage + 7 days at 20°C</i>

<sup>1</sup> Normalna atmosfera / *Normal atmosphere*

## Rezultati i diskusija

Čvrstina je jedan od dominantnih faktora koja opredeljuje potrošače za kupovinu plodova jabuke (Harker et al., 2002). Iz rezultata prikazanih u tabelama 2 i 3. se vidi da je efekat 1-MCP-a vidljiv već tokom skladištenja u ULO uslovima. Nevezano od uslova u komori, netretirani plodovi su imali znatno manju čvrstinu neposredno nakon iskladištenja iz ULO uslova, ali i nakon dodatnog čuvanja u NA uslovima. Nisu primećene značajne razlike u čvrstini plodova poredeći dve komore, što govori da prisustvo etilena nije uticalo na čvrstinu plodova tokom čuvanja.

**Tabela 2.** Kvalitet plodova sorte „Granny Smith“ u zavisnosti od koncentracije 1-MCP-a i dužine čuvanja u kontrolisanim uslovima (ULO 1).*The quality of the fruits of cultivar 'Granny Smith' depending on the concentration of 1-MCP and the duration of storage under controlled conditions (ULO 1)*

Dužina čuvanja plodova <i>Storage length</i>	Tretman <i>Treatment</i>	Čvrstina plodova <i>Fruit firmness</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	Sadržaj rastv. suve materije <i>Soluble solids content</i> (%)	Sadržaj ukupnih kiselina <i>Titrateable acidity</i> (%)	Plodovi sa simptomima skalda <i>No. of fruits with scald symptoms</i> (%)	Jačina pojave skalda <i>Scald intensity</i> (%)
Berba / <i>Harvest</i>	/	8,56abcd	11,97	1,06a	/	/
	Kontrola	7,91g	12,64	0,83bcde	0	0,0b
155 dana u ULO <i>155 days in ULO</i>	500 ppb	8,70a	12,76	0,86bc	0	0,0b
	1000 ppb	8,62ab	12,94	0,90b	0	0,0b
	2000 ppb	8,66ab	12,50	0,83bcde	0	0,0b
155 dana u ULO + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO + 7 days at 20°C</i>	Kontrola	7,89g	13,14	0,73g	0	0,0b
	500 ppb	8,42bcd	13,22	0,82cde	0	0,0b
	1000 ppb	8,54abc	12,98	0,85bcd	0	0,0b
	2000 ppb	8,60abc	13,26	0,80cdef	0	0,0b
155 dana u ULO + 30 dana u NA <i>155 days in ULO + 30 days in NA</i>	Kontrola	8,22def	14,08	0,84bcde	0	0,0b
	500 ppb	8,33cde	13,48	0,86bc	0	0,0b
	1000 ppb	8,40bcd	13,66	0,81cdef	0	0,0b
	2000 ppb	8,59abc	12,86	0,82cde	0	0,0b
155 dana u ULO + 30 dana u NA + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO + 30 days in NA + 7 days at 20°C</i>	Kontrola	7,33h	13,94	0,62h	53	14,0a
	500 ppb	8,10efg	13,80	0,77efg	0	0,0b
	1000 ppb	8,02fg	13,78	0,78defg	0	0,0b
	2000 ppb	7,96fg	13,62	0,74fg	0	0,0b

Najveće razlike između tretiranih i netretiranih plodova su ispoljene nakon dodatnog čuvanja plodova na sobnoj temperaturi što su utvrdili i drugi istraživači (Rupasinghe et al., 2000; Zanella, 2003; Coureau et al., 2005; Akbudak et al., 2009; Magazin et al., 2013). Čvrstina netretiranih plodova je bila značajno niža od čvrstine tretiranih plodova bez obzira na primenjenu koncentraciju 1-MCP, s tim što je koncentracija od 500 ppb pokazala lošiju efikasnost u komori ULO 2 (tabela 3).

Sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) se statistički nije značajno razlikovao bez obzira na tretmane i dužinu čuvanja, odnosno vreme analize plodova (tabele 2 i 3) što je potvrđeno i u drugim radovima (Rupasinghe et al., 2000; Zanella, 2003; Akbudak et al., 2009).

Tretman 1-MCP-om je imao značajan uticaj i na sadržaj ukupnih kiselina tokom čuvanja što nije uvek slučaj (Johnson, 2003; Zanella, 2003). U našem ogledu se to posebno pokazalo nakon iskladištenja, odnosno čuvanja plodova 7 dana na sobnoj temperaturi (tabele 2 i 3). Koncentracija od 1000 ppb 1-MCP je pokazala najbolji efekat na očuvanje sadržaja kiselina nakon izlaganja plodova sobnoj temperaturi u obe komore.

**Tabela 3.** Kvalitet plodova sorte „Granny Smith“ u zavisnosti od koncentracije 1-MCP-a i dužine čuvanja u kontrolisanim uslovima (ULO 2).

*The quality of the fruits of cultivar 'Granny Smith' depending on the concentration of 1-MCP and the duration of storage under controlled conditions (ULO2).*

Dužina čuvanja plodova <i>Storage length</i>	Tretman <i>Treatment</i>	Čvrstina plodova <i>Fruit firmness (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	Sadržaj rastv. suve materije <i>Soluble solids content (%)</i>	Sadržaj ukupnih kiselina <i>Titrateable acidity (%)</i>	Plodovi sa simptomima skalda <i>No. of fruits with scald symptoms (%)</i>	Jačina pojave skalda <i>Scald intensity (%)</i>
Berba / <i>Harvest</i>	/	8,49ab	11,40	0,99a	/	/
155 dana u ULO <i>155 days in ULO</i>	Kontrola	8,01de	13,08	0,71de	46	5,9gh
	500 ppb	8,15cd	12,78	0,72d	30	3,8h
	1000 ppb	8,41ab	13,16	0,73cd	61	12,1fg
155 dana u ULO + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO + 7 days at 20°C</i>	2000 ppb	8,55a	12,94	0,71de	44	6,3gh
	Kontrola	8,14cd	12,88	0,58j	100	64,6b
	500 ppb	8,16cd	13,28	0,65fghi	99	62,5b
155 dana u ULO + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO + 7 days at 20°C</i>	1000 ppb	8,51a	12,82	0,68ef	99	72,6a
	2000 ppb	8,57a	13,38	0,65fgh	99	51,8d
	Kontrola	8,04de	13,00	0,62hij	99	11,1fg
155 dana u ULO + 30 dana u NA <i>155 days in ULO + 30 days in NA</i>	500 ppb	8,14cd	12,18	0,65fghi	35	20,3e
	1000 ppb	8,55a	12,34	0,77b	30	16,5ef
	2000 ppb	8,61a	12,78	0,76bc	55	8,5gh
155 dana u ULO + 30 dana u NA + 7 dana na 20°C <i>155 days in ULO + 30 days in NA + 7 days at 20°C</i>	Kontrola	7,38f	12,76	0,63ghi	100	55,9cd
	500 ppb	7,90e	12,70	0,62ij	100	72,8a
	1000 ppb	8,25bc	12,36	0,67fg	100	60,9bc
2000 ppb	8,59a	13,34	0,71de	97	60,0bc	

Rezultati prikazani u tabeli 2. pokazuju da 1-MCP u potpunosti suzbija pojavu skalda na plodovima ispitivane sorte u slučaju pravilne primene. Simptomi skalda su se javili samo na netretiranim plodovima koji su se čuvali u ULO, NA i sobnim uslovima, po redosledu. Slično su utvrdili i drugi istraživači na plodovima čuvanim

u ULO (Magazin et al., 2013) i na NA (Fan et al., 1999) uslovima, a pogotovo nakon izlaganja sobnoj temperaturi (Akbulak et al., 2009). Međutim, ukoliko se suprotno preporukama proizvođača, 1-MCP primeni u prisustvu etilena, odnosno zrele jabuke kakav je slučaj u komori ULO 2 (tabela 3), ne može da se suzbije pojava skalda (Watkins, 2008) ni u jednoj od primenjenih koncentracija. Iako postoje izvesne statističke razlike u intenzitetu i broju plodova sa skaldom, treba istaći da je skald fiziološko oboljenje koje utiče na izgled plodova te je prag tolerancije nizak. Prema Gvozdrenović et al. (2005), simptomi skalda na plodovima ne bi smeli uopšte da postoje.

### Zaključak

1-metilciklopropan može u značajnoj meri da pomogne očuvanju kvaliteta jabuke tokom skladištenja u hladnjačama. Efekat je posebno izražen na čvrstinu plodova, kao i na sadržaj ukupnih kiselina. 1-MCP može uspešno da suzbije pojavu skalda kod sorte „Granny Smith“, ali je efikasnost zagarantovana samo ako se tretman vrši bez prisustva etilena u komori, u skladu sa preporukama proizvođača. Koncentracije 1-MCP-a od 1000 i 2000 ppb su dale najbolje rezultate, te je registrovana koncentracija od 1000 ppb preporučljiva za primenu, dok nema opravdanja za primenu koncentracije od 2000 ppb.

### Zahvalnica

Prezentovani rezultati su deo istraživanja u okviru projekata: “Organska poljoprivreda: Unapređenje proizvodnje primenom đubriva, biopreparata i bioloških mera“ (TR 31027).

### Literatura

- Akbulak, B., Ozer, M.H., Erturk, U., Cavusoglu, S. 2009. Response of 1-Methylcyclopropene treated “Granny Smith” apple fruit to air and controlled atmosphere storage conditions. *J. Food Quality*, 32: 18-33.
- Coureau, C., Westercamp, P., Mathieu-Hurtiger, V. 2005. Le 1-MCP ou “SmartFresh™” Un outil de maintien de la qualité. *Infos-Ctifl*, 213: 42-46.
- Dal Cin, V., Danesin, M., Botton, A., Boschetti, A., Dorigoni, A., Ramina, A. 2008. Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant Growth Regul.*, 56: 317–325.
- DeEll, J.R., Murr, D.P., Wiley, L., Porteous, M.D. 2003. 1-methylcyclopropene (1-MCP) increases CO<sub>2</sub> injury in apples. *Acta Hort.*, 600: 277-280.
- DeLong, J.M., Prange, R.K., Harrison, P.A. 2004. The influence of 1-methylcyclopropene on ‘Cortland’ and ‘McIntosh’ apple quality following long-term storage, *HortScience*, 39: 1062-1065.
- Fan, X., Mattheis, J.P. 1999. Methyl jasmonate promotes apple fruit degreening independently of ethylene action. *Hortscience*, 34: 310-312.

- Fan, X., Mattheis, J.P., Blankenship, S. 1999. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3063-3068.
- Fawbush, F., Nock, J.F., Watkins, C.B. 2009. Antioxidant contents and activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated 'Empire' apples in air and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 52: 30–37.
- Gvozdenović, D., Magazin, N., Lazić, S. 2005. Influence of harvesting date, DPA treatment and storage conditions on scald appearance on “Granny Smith” from sandy soil. *Acta Hort.*, 682: 2091- 2094.
- Harker, F., Maindonald, J., Murray, S., Gunson, F., Hallett, I., Walker, S. 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: Texture of apple fruit., *Postharvest Biol. Technol.*, 24: 225–239.
- Johnson, D. 2003. Improvement in the storage quality of apples in the UK by the use of 1-MCP (SmartFresh). *Acta Hort.*, 59: 39-47.
- Magazin, N., Keserović, Z., Milić, B., Dorić, M. 2013. Fruits quality of 'Granny Smith' apples treated with 1-methylcyclopropene or diphenylamine and stored under ULO conditions. *Acta Hort.*, 981: 619-624.
- Magazin, N., Keserović, Z., Milić, B., Dorić, M. 2012. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) affects cv. Royal Gala apple fruit quality at harvest and after storage. *Horticultural Science*, 39 (4): 195-198.
- Magazin, N., Gvozdenović, D., Keserović, Z., Milić, B. 2010. Fruit quality of „Granny Smith“ apples picked at different harvest times and treated with 1-MCP. *Fruits*, 65 (3): 191–197.
- Rupasinghe, H.P.V., Murr, D.P., Paliyatli, G., Skog, L. 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in “McIntosh” and “Delicious” apples. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 75: 271-276.
- Sisler, E.C. 2006. The discovery and development of compounds counteracting ethylene at the receptor level. *Biotechnol. Adv.*, 24: 357–367.
- Sisler, E.C., Serek, M.E. 1997. Inhibitors of ethylene response in plants at the receptor level: recent development. *Plant Physiol.*, 100: 577-582.
- Zanella, A. 2003. Control of apple superficial scald and ripening – a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 27: 69–78.
- Vendrell, M., Dominguez-Puigjaner, E., Liop-Tous, I. 2001. Climacteric versus non-climacteric physiology. *Acta Hort.*, 553: 345-349.
- Watkins, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortScience*, 43 (1): 86-94.

## **The Influence of 1-Methylcyclopropene on Fruit Quality of “Granny Smith” Apple Cultivar Depending on Applied Concentration and Storage Conditions**

Nenad Magazin, Zoran Keserović, Biserka Milić, Maja Miodragović,  
Jelena Tarlanović

*University of Novi Sad, Faculty of Agriculture*  
E-mail: nmagazin@polj.uns.ac.rs

### **Summary**

The paper presents the results of 1-methylcyclopropene (1-methylcyclopropene, 1-MCP) influence on fruit quality of “Granny Smith” apple cultivar. 1-MCP is an inhibitor of ethylene action which binds to the receptors of ethylene and thus delays the maturity of fruit, and prolongs their storage. 1-MCP is applied in a period of 5 days after harvest at concentrations of 0, 500, 1000 and 2000 ppb, each with and without the presence of exogenous ethylene from other ripe apples. After treatment, the fruits were stored in cold storage with controlled atmosphere (CA) in two separate chambers with different composition of the gases. Fruits analyses were made immediately after CA storage, after additional storage in normal atmosphere, and after room temperature shelf life. The results showed that 1-methylcyclopropene can significantly help preserve the quality of apple during cold storage. Irrespective of the applied concentration 1-MCP significantly affects retention of fruit firmness even during shelf life, and also affects the total acids (TA) content in the treated fruits by slowing down drop of TA compared to untreated fruits. There was no treatment effect on total soluble solids content. All tested concentrations of 1-MCP effectively suppress the occurrence of superficial scald in circumstances where the treatment is carried out in the chamber without the presence of other apple cultivars. In the case where the treatment is done in presence of exogenous ethylene 1-MCP has not prevented scald occurrence. A concentration of 500 ppb has not yielded satisfactory results with all investigated parameters, while a concentration of 1000 ppb is recommended to be used. The concentration of 2000 ppb gives the same results as 1000 ppb and there is no justification for its application.

**Key words:** 1-MCP, ULO, NA, firmness, superficial scald.