

# PROMENA

## KVALITETA I ANTIOKSIDATIVNOG POTENCIJALA PRI SMRZAVANJU MALINE

SNEŽANA STEVANOVIĆ i MIODRAG JANKOVIĆ, Poljoprivredni fakultet, Odsek za prehrambenu tehnologiju, Nemanjina 6, 1080 Beograd; DRAGAN MARKOVIĆ, VOJISLAV SIMONOVIĆ, FRANC KOSI, UROŠ MILOVANČEVIĆ i MILENA STOJKOVIĆ, Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11000 Beograd

U novije vreme antioksidativnim svojstvima hrane pridaje se veliki značaj zbog pozitivnog uticaja na zdravlje ljudi. Pri analizi hrane, pored utvrđivanja uobičajenih parametara kvaliteta, sve češće se određuje i njen antioksidativni potencijal. U radu su analizirane promene do kojih dolazi pri smrzavanju maline. Utvrđivan je sadržaj suve materije, ukupnih šećera i kiselina, vitamina C, kao i senzorna analiza kvaliteta. Antioksidativni potencijal meren je metodom DPPH, ispitivanjem sposobnosti neutralizacije DPPH radikala. Dobijeni rezultati ukazuju da pri smrzavanju dolazi do neznatnih promena hemijskih parametara kvaliteta. U senzornim karakteristikama promene su nešto veće. Najupadljiviji je gubitak konzistencije, zatim arome, a donekle je izmenjen i ukus plodova.

**KLJUČNE REČI:** smrzavanje; malina; kvalitet; antioksidativni potencijal; hemijski sastav; senzorna analiza

### CHANGES OF QUALITY AND ANTI-OXIDATIVE POTENTIAL BY RASPBERRY FREEZING

More recently the interest for antioxidant properties of food was increased, due to their health-promoting properties. In the analysis of food, in addition to finding the usual quality parameters, one more often determines its antioxidant potential. The present study evaluated the effect of freezing process on raspberry fruits changes. The content of dry matter, total sugars and acids, vitamin C, as well as sensory analysis of quality were determined. Antioxidant potential was measured by DPPH method, testing the ability of DPPH radical neutralization. The results indicate that the freezing caused minor changes in chemical quality parameters. The changes in sensory quality characteristics were higher. The most marked was the loss of consistency, then flavor changes, and the taste of raspberry fruit was some modified.

**KEY WORDS:** freezing; raspberry; quality; antioxidant potential; chemical composition; sensory analysis

### Uvod

Smrzavanje (ili zamrzavanje) se smatra vrlo podestim načinom za konzervisanje hrane za duži vremenski period (*long-term preservation*). Ovaj postupak je široko rasprostranjen i prihvaćen, tj. koristi se širom sveta. Uz to, u izveštajima svetske organizacije za hranu FAO (Bilten 158) smrzavanje se ocenjuje kao metod koji u velikoj meri očuva osobine hrane, čak i nutrijente. Kvalitet hrane je danas glavni kriterijum za izbor tehnologije i opreme za njenu preradu (Marković, et al.; 2010). A zamrznuti proizvodi su vrlo slični svežim (Barbosa – Canovas, G. V., et al.; 2002). Isti autori ističu da su i kvalitet i bezbednost zamrznute hrane bolji ako se primene dobra i pažljiva priprema i rukovanje, i pre i posle smrzavanja (*safety practices*). Sam proces smrzavanja treba da bude prilagođen karakteristikama određene

hrane i tehnološki parametri procesa podešeni da obezbede minimalne promene i senzornih i nutritivnih parametara kvaliteta.

U modernom društvu zamrznuto voće predstavlja veliku i važnu grupu hrane (De Ancos, B. et al.; 2000). Voće karakteriše sezonski karakter, ali smrzavanjem postaje dostupno i van vremena sazrevanja, tj. tokom cele godine. Malina je, ekonomski, vrlo važna vrsta jagodastog voća (Anttonen i Karjalainen, 2005; De Ancos, et al.; 2000).

Samo mala količina maline konzumira se u svežem stanju (Hakkinen et al.; 2000), zbog vrlo kratkog perioda u kom je dostupna sveža i limitiranog vremena skladištenja u svežem stanju (Wang et al.; 2009; Kalt et al.; 1999). Ubrani plodovi mogu da se koriste kao sveži oko 7 dana, ako se rashlađeni skladište na temperaturi do 5 °C. Zato se veći

deo plodova maline preradi, a u najvećoj meri se konzervišu zamrzavanjem (Hakkinen et al.; 2000; De Ancos et al.; 2000). Zbog vrlo karakterističnih i interesantnih senzornih karakteristika, plodovi maline imaju vrlo široku primenu. Osim za dobijanje sokova i pektinskih proizvoda, paste od maline su našle široku primenu u konditorskoj i pekarskoj industriji, u proizvodnji mlečnih proizvoda i sladoleda. Kada sveže maline nisu dostupne, koriste se zamrznuti plodovi za dalju preradu i dobijanje pomenutih raznovrsnih proizvoda.

Zato je veoma važno da se pri smrzavanju obezbede minimalne promene kvaliteta osetljivih plodova maline. Ipak, tokom samog procesa smrzavanja može da dođe i do oštećenja proizvoda (Marković et al.; 2011). Ispitivanja su pokazala da je procenat izlomljene maline veći što je konačna temperatura smrzavanja niža (Reynoso i De Michelis, 1994), a kao optimalna se pokazala temperatura od  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Hemijski sastav maline karakteriše prisustvo organskih kiselina, šećera sa dominantnim učešćem glukoze i fruktoze, mineralnih materija (kalijum, fosfor, kalcijum, magnezijum, gvožđe i mangan), vitamina C, zatim pektina, bojene i aromatične materije, kao i mikronutrijenata sa zaštitnom ulogom. U velikom broju istraživanja proučavana su i dokazana antioksidativna svojstva maline (Weber i Liu, 2002; De Ancos et al.; 2000; Kalt et al.; 1999). Pokazalo se da njeni plodovi sadrže i antioksidativne komponente, koje imaju zaštitnu ulogu od slobodnih radikala.

Antioksidativnim svojstvima hrane pridaje se sve veći značaj. Svetska zdravstvena organizacija (WHO) u svojim izveštajima posebno naglašava značaj antioksidanasa u prevenciji mnogih bolesti.

Cilj ovog rada je da se ispita kako proces smrzavanja utiče na antioksidativna svojstva, nutritivne komponente, kao i promenu senzornih parametara kvaliteta plodova maline.

## Materijal i metod rada

Ispitivanje je obavljeno sa plodovima maline sorte Willamette (Vilamet). Korišćeni su celi, neoštećeni plodovi ujednačenog stepena zrelosti. Nakon berbe, plodovi su prvo rashlađeni ( $3-5^{\circ}\text{C}$ ) i čuvani na toj temperaturi do zamrzavanja. Proces zamrzavanja plodova maline obavljen je u komori LTH 310, pri temperaturi od  $-30^{\circ}\text{C}$ , do postizanja konačne temperature zamrzavanja od  $-18^{\circ}\text{C}$  u termalnom centru. Na toj temperaturi su i skladištene maline, do momenta analize.

U cilju praćenja promena određivan je sadržaj:

- suve materije, ukupne – prema JUS ISO 939/1997, sušenjem na  $105^{\circ}\text{C}$  – do konstantne mase;
- pH vrednost – pehametrom TTT2, Radiometer, Copenhagen, Denmark;
- sadržaj ukupnih šećera – metodom po Luff–Schoorl-u, Luffovim rastvorom (Trajković i sar., 1983);
- sadržaj ukupnih kiselina – metodom neutralizacije sa NaOH, a izražen je preko limunske kiseline (Trajković i sar., 1983);
- vitamin C – jodometrijskom metodom (Trajković i sar., 1983);
- antioksidativna aktivnost određivana je DPPH metodom, spektrofotometrijski.

Rezultati se izražavaju kao procenti inhibicije, odnosno neutralizacije slobodnog DPPH radikala u odnosu na kontrolu (Ao). Izračunavanje se vrši prema izrazu:

$$\% \text{ Inhibicije} = (Ao - Aa / Ao) \times 100$$

gde je Ao – apsorbanca kontrole, a Aa – apsorbanca analize (umanjena za sopstvenu apsorbanca).

Na osnovu dobijenih rezultata određena je vrednost  $EC_{50}$ , koja predstavlja koncentraciju antioksidansa potrebnu za inhibiciju 50% početne količine DPPH radikala.

Senzorna analiza kvaliteta ispitivanih uzoraka vršena je metodom bodovanja sa maksimalnim ukupnim zbirom 20. Senzornom ocenom su obuhvaćeni sledeći parametri: boja, ukus, aroma i konzistencija. Oцена je vršena bodovanjem sa rasponom od 1 – neprihvatljiv proizvod, do 5 – optimalan kvalitet (Radovanović i Popov-Raljić, 2000–2001), za svaki parametar kvaliteta.

## Rezultati i razmatranje

Utvrđeni sadržaj ukupnih šećera i kiselina, suve materije i pH vrednosti prikazani su u tabeli 1.

Polazni sadržaj suve materije u plodovima maline je iznosio 14,52%. Analize su pokazale da je nakon procesa smrzavanja i odmrzavanja suva materija bila 14,58%. Došlo je do vrlo male promene u sadržaju suve materije, a ovo neznatno povećanje može se pripisati isparavanju površinske vlage u toku tehnološkog procesa.

Tabela 1. Vrednosti sadržaja suve materije, ukupnih šećera i kiselina i pH svežih i zamrznutih plodova maline

Uzorak	Suva materija [%]	Ukupni šećeri [%]	Ukupne kiseline [%]	pH
Sveža malina	14,52	5,87	1,86	3,60
Zamrznuta malina	14,58	5,91	1,80	3,65

Analizama je utvrđeno da se i sadržaj ukupnih kiselina u plodovima maline vrlo malo promenio nakon zamrzavanja. Kao dominantna kiselina zastupljena je limunska, pa su i rezultati izraženi preko limunske kiseline. Sveži plodovi su imali 1,86% ukupnih kiselina, a nakon procesa zamrzavanja u plodovima je izmereno prisustvo kiselina od 1,80%. Ovo malo smanjenje u sadržaju ukupnih kiselina nastaje usled njihovog delimičnog isparavanja u toku tehnološkog procesa. Prisustvo kiselina je veoma značajno, jer one daju svež, karakterističan voćni ukus ovih plodova.

Utvrđene pH vrednosti svežih i zamrznutih plodova maline, pokazuju veoma malo međusobno odstupanje i razlika je na drugoj decimali. Može da se primeti analogija između smanjenja sadržaja ukupnih kiselina i povećanja pH vrednosti. Dobijeni rezultati pokazuju da pri zamrzavanju dolazi do neznatne promene sadržaja kiselina i ukupne kiselosti.

Rezultati prikazani u tabeli 1 pokazuju da se i sadržaj ukupnih šećera sveže i zamrznute maline vrlo malo razlikuje. U svežim plodovima izmereno je 5,87%, dok je nakon procesa smrzavanja, sadržaj ukupnih šećera bio 5,91%. Došlo je do blagog povećanja procentualnog udela šećera, što se može objasniti isparavanjem i vlage i kiselina nakon ciklusa smrzavanja–odmrzavanja. Stabilnost šećera u plodovima maline veoma je važna, jer oni delimično utiču na kvalitet i prihvatljivost plodova nakon zamrzavanja. Šećeri učestvuju u formiranju ukusa, slatkoće i ukupnog senzornog kvaliteta plodova.

U tabeli 2 prikazani su rezultati antioksidativne aktivnosti i sadržaja vitamina C u plodovima maline, pre i posle procesa smrzavanja.

Sadržaj vitamina C je jedan od važnih parametara koji se utvrđuje kada se želi da se predstavi nutritivni i zdravstveni (*health-promoting*) kvalitet voća. Promena vitamina C može da bude dobar indikator enzimskih i neenzimskih degradacija tokom prerade (Skrede, 1996), pa i procesa smrzavanja.

**Tabela 2. Vrednosti sadržaja vitamina C i antioksidativna aktivnost svežih i zamrznutih plodova maline**

Uzorak	Vitamin C mg/100 g	Antioksidativna aktivnost	
		Ec <sub>50</sub> mg/mL DPPH	1/Ec <sub>50</sub>
Sveža malina	32,46	8,53	0,1172
Zamrznuta malina	32,31	8,61	0,1161

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je proces smrzavanja izazvao vrlo male promene u sadržaju vitamina C. U svežim plodovima bilo je 32,46 mg/100 g vitamina C, dok je nakon procesa smrzavanja njegov sadržaj iznosio 32,31 mg/100 g. Kako se uzorci analiziraju u odmrznutom stanju, teško je razgraničiti da li promene nastaju pri smrzavanju ili odmrzavanju. U svakom slučaju, rezultati pokazuju da nije došlo do značajnog smanjenja ovog važnog vitamina koji se smatra i indikatorom očuvanja kvaliteta.

Vrednostima Ec<sub>50</sub> predstavljena je antioksidativna aktivnost analiziranih uzoraka. Po metodi DPPH vrednosti za antioksidativni potencijal izražavaju se vrednostima Ec<sub>50</sub> koje predstavljaju koncentraciju antioksidansa potrebnu za inhibiciju 50% početne količine DPPH radikala. Stoga viša Ec<sub>50</sub> vrednost predstavlja manju antioksidativnu aktivnost. Zato su izračunate i vrednosti 1/Ec<sub>50</sub> i iznesene u tabeli 2.

Dobijeni rezultati pokazuju da je procesom smrzavanja plodova maline neznatno promenjen antioksidativni potencijal i razlika je na prvoj decimali kod Ec<sub>50</sub>, odnosno trećoj kada se upoređuju vrednosti 1/Ec<sub>50</sub>. Antioksidativni potencijal se procesom smrzavanja vrlo dobro očuva, što predstavlja potvrdu da se i antioksidativne komponente gotovo ne menjaju pri ovom načinu konzervisanja. To predstavlja vrlo važan pokazatelj očuvanja kvaliteta.

Uporednom analizom svežih i zamrznutih plodova maline utvrđene su vrlo male promene u sadržaju hemijskih komponenti i ukupnog antioksidativnog potencijala.

Rezultati senzorne analize dati su u tabeli 3. Kao senzorni parametri kvaliteta ocenjivani su: boja, aroma, ukus i konzistencija. Sabiranjem ocena pojedinačnih parametara dobija se ukupna ocena, koja je generalni pokazatelj kvaliteta.

**Tabela 3. Rezultati senzorne analize**

Parametar	Boja		Aroma		Ukus		Konzistencija	Ukupna ocena
	5	5	5	5	5	5		
Sveža malina	5	5	5	5	5	5	5	20
Zamrznuta malina	5	4	4,5	4,5	2,5	2,5	16	

Sveži plodovi maline dobili su najvišu ocenu za sve analizirane parametre kvaliteta, tako da ukupna ocena odgovara maksimalnoj, a to je 20.

U uzorku zamrznute maline senzornom analizom utvrđeno je da su boja plodova, njihov ukus i aroma očuvani u velikom stepenu nakon procesa smrzavanja. Dobijene su, od strane komisije, vrlo visoke ocene za boju, aromu i ukus uzoraka maline. Nakon odmrzavanja boja plodova je ocenjena nepromenjenom i iznosi 5. Ali primećeni su donekle izmenjen ukus i smanjena aroma i ta dva parametra kvaliteta ocenjeni su sa 4,5 odnosno 4.

Znatno veće promene su primećene u analizi konzistencije zamrznutih plodova maline, jer im je oblik bio delimično izmenjen. Zatim, plodovi su izgubili svoju čvrstoću i oslobađao se tečni deo, sok plodova nakon odmrzavanja. Komisija je konzistenciju plodova ocenila sa 2,5 i to je najniža

ocena od analiziranih parametara kvaliteta. Pokazalo se da proces kristalizacije pri smrzavanju dovodi do strukturnih promena ćelija i tkiva, što ima za posledicu gubitak njihovog osmotskog statusa i turgora. Razlog je dislokacija vode u procesu smrzavanja, što dovodi do promena na makromolekulima i nakon odmrzavanja oni više nisu u stanju da vežu molekule vode, što se manifestuje gubitkom čvrstoće, mekšim tkivom i oslobađanjem tečnog dela iz plodova nakon odmrzavanja.

Senzorna analiza je pokazala da su se najveće promene javile u strukturi i teksturi plodova maline. Posledica toga je delimična promena oblika i gubitak konzistencije nakon odmrzavanja. Zato je ukupna ocena senzorne analize zamrzanog uzorka – 16.

## Zaključak

Na osnovu izvršenih ispitivanja i prikazanih rezultata, može se izvesti zaključak da proces smrzavanja predstavlja vrlo pogodan način konzervisanja osetljivih plodova maline. Analize su pokazale da smrzavanjem dolazi do neznatnih promena hemijskih parametara kvaliteta. Primećen je vrlo mali gubitak i u sadržaju termolabilnog vitamina C. Nešto su veće promene u senzornim karakteristikama kvaliteta. Među njima najupadljiviji je gubitak konzistencije plodova. Izvršene analize su pokazale da je i antioksidativni potencijal maline, nakon procesa smrzavanja, očuvan u vrlo velikom stepenu, što predstavlja važan parametar očuvanja kvaliteta.

Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, programa Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043, kao i projekta III 046010.

## Literatura

- [1] **Anttonen, M. J. and R. O. Karjalainen** (2005), *Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry*, Journal of Food Composition and Analysis 18(8): 759–769.
- [2] **Barbosa-Canovas, G. V. and A. Ibarz** (2002), *Unit operations in Food Engineering*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- [3] **De Ancos, B., E. M. Gonzalez, et al.** (2000), *Ellagic Acid, Vitamin C, and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 48(10): 4565–4570.
- [4] \*\*\* FAO Bulletin 158, Freezing of fruits and vegetables, ISSN 1010-1365.
- [5] **Hakkinen, S. H., S. O. Karenlampi, H. M. Mykkanen, A. R. Torronen** (2000), *Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries*, J. Agric. Food Chem. 48: 2960–5.
- [6] **Kalt, W., C. F. Forney, et al.** (1999), *Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(11): 4638–4644.
- [7] **Marković, D., M. Veljić, Ž. Čebela, S. Božić** (2010), *Systems for optic color calibration*, Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi, Novi Sad, 14(1), 23–26.
- [8] **Marković, D., D. Živković, N. Kosanić, I. Marković, A. Sretenović** (2011), *Posle ubirajuće tehnologije za*

voće i povrće u Srbiji, Savremena poljoprivredna tehnika, 37, 4: 387–398.

- [9] Radovanović, R. i J. Popov-Raljić (2001), *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda*, Beograd – Novi Sad.
- [10] Reynoso, R., O., A. de Michelis (1994), *Parameters affecting freezing, storage and transport of individually frozen Schoeneman raspberries*, International Journal of Refrigeration, 17(3), 209–213.
- [11] Skrede, G. Fruits, In *Freezing Effects on Food Quality*; Jeremiah, L. E., Ed.; Dekker: New York, 1996.

- [12] Trajković, J., J. Baras, M. Mirić, S. Šiler, *Analiza životnih namirnica*, Tehnološko-metaluški fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 1983.
- [13] Wang, S. Y., C.-T. Chen, et al. (2009), *The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries*, Food Chemistry 112(3): 676–684.
- [14] Weber, C., R. H. Liu (2002), *Antioxidant Capacity and anticancer properties of red raspberry*, Acta Hort. 585: 451–457.

kgh

# INSTALIRAJTE ZAŠTITU

FLEKSIBILNA ZAŠTITA OD POŽARA  
ZA PRODORE KROZ ZIDOVE  
ETA-11/0454 potvrda



## Armaflex Protect 1000



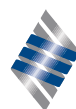
armacell

Tel.: +381 (0)61 280 11 18  
mle.stanovnik@armacell.com

Armaflex.com

**Copeland**  
brand products

Emerson Climate Technologies  
Selska 93 - 10002 Zagreb, Croatia  
Tel +3851/560 3875 - Fax +3851/560 3879  
Email: balkan.sales@emerson.com



**EMERSON**  
Climate Technologies

EMERSON. CONSIDER IT SOLVED.