

PROMENA KVALITETA I ANTIOKSIDATIVNE AKTIVNOSTI JAGODE NAKON ZAMRZAVANJA

*Snežana Stevanović, Tanja Petrović, Aleksandar Lepasavić, Franc Kosi,
Dragan Marković, Vojislav Simonović*

Izvod: Prirodnim antioksidansima se pridaje velika pažnja i predmet su brojnih istraživanja tokom poslednje decenije. Plodovi jagode su bogati bioaktivnim komponentama koje imaju povoljan uticaj na zdravlje ljudi. Cilj rada je bio da se utvrde promene do kojih dolazi pri zamrzavanju plodova jagode. Analiziran je sadržaj suve materija, ukupnih šećera i kiselina, vitamina C, kao i senzorna analiza kvaliteta. Antioksidativni potencijal meren je DPPH metodom, ispitivanjem sposobnosti neutralizacije DPPH radikala. Dobijeni rezultati su pokazali da pri zamrzavanju plodova jagode ne dolazi do značajnih promena hemijskih parametara kvaliteta. Nešto su veće promene u senzornim karakteristikama kvaliteta.

Ključne reči: zamrzavanje, jagoda, kvalitet, antioksidativna aktivnost, senzorna analiza.

Uvod

U novije vreme veliko je interesovanje za antioksidativnim komponentama hrane. Brojne studije su pokazale da jagodasto voće sadrži bioaktivne supstance koje pokazuju izrazitu antioksidativnu aktivnost (Kalt i sar., 1999, Novaković i sar., 2011). Zbog toga se preporučuje jagodasto voće kao prevencija mnogih bolesti, jer imaju zaštitnu ulogu od slobodnih radikala.

Jagoda (*Fragaria ananassa*) je široko rasprostranjena i prihvaćena vrsta voća. Njene plodove karakteriše prijatan i dopadljiv ukus, kao i specifična aroma. Boja jagode potiče od antocijana, koji pokazuju antioksidativna svojstva. Sveži plodovi jagode dostupni su kratko, samo u vreme sazrevanja, jer vrlo brzo nakon berbe podležu promenama i kvare se. Zato se samo mala količina ovog voća konzumira u svežem stanju (Kalt i sar., 1999), veći deo se preradi, a u najvećoj meri se konzervišu zamrzavanjem (Hakkinen i sar., 2000). Proces zamrzavanja zaustavlja promene i inhibira mikrobiološku aktivnost, pa je onemogućeno kvarenje i propadanje (Stevanović i sar., 2014). Ipak tokom samog procesa zamrzavanja može da dodje do promena i oštećenja proizvoda (Marković i sar., 2011).

Snežana M. Stevanović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd, Nemanjina 6, Zemun, Srbija (smasovic@agrif.bg.ac.rs) (autor za kontakte)

Tanja Petrović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd, Nemanjina 6, Zemun, Srbija

Aleksandar Lepasavić, Institut za voćarstvo – Čačak, Kralja Petra I 9, Čačak, Srbija

Franc Kosi, Dragan Marković, Vojislav Simonović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, Beograd, Srbija

Cilj ovog rada je da se ispita kako proces zamrzavanja utiče na antioksidativnu aktivnost, hemijske parametre kvaliteta, kao i promenu senzornih karakteristika plodova jagode.

Materijal i metode rada

Ispitivanje je obavljeno sa plodovima jagode sorte Zenga Zengana (Senga Sengana). Korišćeni su celi, neoštećeni plodovi ujednačenog stepena zrelosti i približne veličine. Nakon berbe, plodovi jagode su prvo rashlađeni (3-5°C) i čuvani na toj temperaturi do zamrzavanja. Proces zamrzavanja plodova jagode obavljen je u komori LTH 310, pri temperaturi od -30 °C, do postizanja konačne temperature zamrzavanja od -18°C u termalnom centru. Na toj temperaturi su i skladištene jagode, do momenta analize.

U cilju praćenja promena određivan je sadržaj:

Sadržaj suve materije, ukupne, određen je prema JUS ISO 939/1997, sušenjem na 105°C, do konstantne mase.

pH vrednost – potenciometrijski, 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, i izražen je preko limunske kiseline (Trajković i sar., 1983).

Vitamin C - jodometrijskom metodom, sa skrobom kao indikatorom (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:

$$\% \text{ Inhibicije} = (A_o - A_a / A_o) \times 100$$

A_o – apsorbanca kontrole

A_a – apsorbanca analize (umanjena za sopstvenu apsorbanču)

Na osnovu dobijenih rezultata određena je EC_{50} vrednost, 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 čvrstoća. Ocenjivanje je vršila komisija od 5 članova, sistemom bodovanjem sa rasponom od 1 do 5, tj. 1-neprihvatljiv proizvod, do 5-optimalan kvalitet (Radovanović i Popov-Raljić, 2000-2001), za svaki parametar kvaliteta.

Rezultati istraživanja i diskusija

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

Polazni sadržaj suve materije u plodovima jagode iznosio je 9,35 %. Analize su pokazale da je nakon procesa zamrzavanja i odmrzavanja suva materija bila 9,39 %.

Došlo je do vrlo male promene u udelu 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, pH svežih i zamrznutih plodova jagode

Table 1. The values of dry matter, total sugars and acids, pH of fresh and frozen strawberry fruits

Uzorak <i>Samples</i>	Suva materija (%) <i>Dry matter (%)</i>	Ukupni šećeri (%) <i>Total sugar (%)</i>	Ukupne kiseline (%) <i>Total acids (%)</i>	pH
Sveža jagoda <i>Fresh strawberry</i>	9,35 ± 0,06	7,86 ± 0,11	0,96 ± 0,04	3,42 ± 0,02
Zamrznuta jagoda <i>Frozen strawberry</i>	9,39 ± 0,04	7,91 ± 0,10	0,92 ± 0,03	3,43 ± 0,03

Rezultati su srednja vrednost tri merenja ± S.D.

Analizama je utvrđeno da se i sadržaj ukupnih kiselina vrlo malo promenio nakon zamrzavanja jagoda. Limunska kiselina je dominantna u ovim plodovima, pa su i rezultati izraženi preko limunske kiseline. Sveži plodovi su imali 0,96 % ukupnih kiselina, a nakon procesa zamrzavanja u plodovima je izmereno prisustvo kiselina od 0,92 %. Ovo malo smanjenje udela kiselina može se objasniti delimičnim isparavanjem u toku tehnološkog procesa. Prisustvo kiselina je veoma značajno, jer su one odgovorne za svež, karakterističan voćni ukus plodova jagode.

Utvrđene pH vrednosti kod svežih i zamrznutih plodova jagode pokazuju veoma malo međusobno odstupanje. Može da se primeti analogija između smanjenja sadržaja ukupnih kiselina i povećanja pH vrednosti. Dobijeni rezultati pokazuju da pri zamrzavanja dolazi do neznatne promene sadržaja kiselina i ukupne kiselosti.

Rezultati prikazani u Tabeli 1. pokazuju da se i sadržaj ukupnih šećera sveže i zamrznute jagode ne razlikuje značajno. U svežim plodovima izmereno je 7,86 %, dok je nakon procesa smrzavanja, sadržaj ukupnih šećera bio 7,91 %. Došlo je do blagog povećanja procentualnog udela šećera, što se može objasniti isparavanjem i vlage i kiselina nakon ciklusa smrzavanje-odmrzavanje. Stabilnost šećera prisutnih u plodovima jagode jako je važna, jer su oni delom odgovorni za kvalitet i prihvatljivost plodova nakon zamrzavanja. U Tabeli 2. prikazani su rezultati antioksidativne aktivnosti i sadržaja vitamina C u plodovima jagode, pre i posle procesa smrzavanja.

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

Table 2. The values of vitamin C and antioxidant activity of fresh and frozen strawberry fruits

Uzorak <i>Samples</i>	Vitamin C (mg/100g) <i>Vitamin C</i> (mg/100g)	Antioksidativna aktivnost <i>Antioxidant activity</i>	
		Ec ₅₀ mg/mL DPPH	1/ Ec ₅₀
Sveža jagoda <i>Fresh strawberry</i>	68,54 ± 0,07	5,62 ± 0,08	0,178
Zamrznuta jagoda <i>Frozen strawberry</i>	68,41 ± 0,09	5,71 ± 0,11	0,175

Rezultati su srednja vrednost tri merenja ± S.D.

Sadržaj vitamina C je jedan od najvažnijih parametara koji se utvrđuje kada se želi predstaviti nutritivni i zdravstveni kvalitet voća. Promena vitamina C može da bude dobar indikator enzimskih i neenzimskih degradacija tokom prerade (Skrede, 1996), pa i procesa zamrzavanja.

Na osnovu prikazanih rezultata u Tabeli 2. može se zaključiti da je proces zamrzavanja izazvao male promene u sadržaju vitamina C. U svežim plodovima bilo je 68,54 mg/100 g vitamina C, dok je nakon procesa zamrzavanja njegov sadržaj iznosio 68,41 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 Ec₅₀ predstavljena je antioksidativna aktivnost analiziranih uzoraka. Po DPPH metodi vrednosti za antioksidativnu aktivnost izražavaju se sa Ec₅₀ vrednostima koje predstavljaju koncentraciju antioksidansa potrebnu za inhibiciju 50% početne količine DPPH radikala. Stoga viša Ec₅₀ vrednost predstavlja manju antioksidativnu aktivnost. Zato su izračunate i vrednosti 1/Ec₅₀ i date u Tabeli 2.

Dobijeni rezultati pokazuju da je procesom smrzavanja plodova jagode neznatno promenjen antioksidativni potencijal i razlika je na prvoj decimali kod Ec₅₀, odnosno trećoj kada se upoređuju 1/Ec₅₀ vrednosti. Antioksidativna aktivnost 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 jagode utvrđene su vrlo male promene u sadržaju hemijskih komponenti i ukupne antioksidativne aktivnosti.

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

Tabela 3. Rezultati senzorne analize
Table3. Sensory analysis results

Parametar <i>Parameter</i>	Boja <i>Color</i>	Ukus <i>Taste</i>	Aroma <i>Flavour</i>	Čvrstoća <i>Firmnes</i>	Ukupna ocena <i>Total scores</i>
Max ocena <i>Max evaluation</i>	5	5	5	5	
Sveža jagoda <i>Fresh strawberry</i>	5,00	5,00	5,00	5,00	20,00
Zamrznuta jagoda <i>Frozen strawberry</i>	4,80 ± 0,24	4,20 ± 0,25	4,30 ± 0,24	2,40 ± 0,20	15,7

Sveži plodovi jagode dobili su najvišu ocenu za sve analizirane parametre kvaliteta, tako da ukupna ocena odgovara maksimalnoj, a to je 20,0.

Kod uzorka zamrznute jagode senzornom analizom je utvrđeno da su boja plodova, njihov ukus i aroma očuvani u velikom stepenu nakon procesa zamrzavanja. Dobijene su, od strane komisije, visoke ocene za boju, aromu i ukus uzoraka jagode. Nakon odmrzavanja boja plodova je ocenjena najmanje promenjenom i srednja vrednost iznosi 4,8. Ali primećeni su donekle izmenjen ukus i smanjena aroma i ova dva parametra kvaliteta ocenjeni su sa 4,2 odnosno 4,3.

Znatno veće promene su primećene kod analize čvrstoće zamrzavanih jagoda. Nakon odmrzavanja oblik plodova je bio delimično izmenjen. Oslobođao se tečni deo, sok iz voća nakon odmrzavanja. Primitno je bilo da su plodovi izgubili svoju početnu čvrstoću i komisija je ovaj parametar ocenila sa 2,40 i to je najniža ocena od analiziranih parametara kvaliteta. Pokazalo se da proces kristalizacije pri zamrzavanju dovodi do strukturnih promena ćelija i tkiva, što ima za posledicu gubitak njihovog osmotskog statusa i konzistencije. 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 nakon zamrzavanja plodova jagode najveće promene javile u njihovoj strukturi, pa time i u čvrstoći. Posledica toga je delimična promena oblika i gubitak karakteristične konzistencije. Ukupna srednja ocena senzorne analize zamrzanog uzorka iznosi 15,7, dok je kod svežih plodova 20,0.

Zaključak

Na osnovu izvršenih ispitivanja i prikazanih rezultata može se izvesti zaključak da proces zamrzavanja predstavlja vrlo podesan način za konzervisanje osetljivih plodova jagode. Analize su pokazale da zamrzavanjem dolazi do neznatnih promena hemijskih parametara kvaliteta. Primećen je vrlo mali gubitak i u sadržaju termolabilnog vitamina C nakon procesa smrzavanje-odmrzavanje. Nešto su veće promene u senzornim karakteristikama kvaliteta plodova jagode. Među njima najupadljiviji je gubitak čvrstoće plodova. Izvršene analize su pokazale da je i antioksidativna aktivnost jagode, nakon procesa zamrzavanja očuvana u vrlo velikom stepenu, što predstavlja vrlo važan parametar očuvanja kvaliteta.

Napomena

Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, program 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

- FAO Bulletin 158, *Freezing of fruits and vegetables*, ISSN 1010-1365.
- Hakkinen S.H., Karenlampi S.O., Mykkanen H.M., Torronen A.R. (2000). Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. *J Agric Food Chem* 48: 2960-5.
- Kalt, W., Forney C. F., Martin A., Prior R. L. (1999). Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(11): 4638-4644.
- Marković, D., Živković, D., Kosanić, N., Marković, I., Sretenović, A. (2011). Posle ubirajuće tehnologije za voće i povrće u Srbiji, *Savrem polj tehnika*, 37, 4: 387-398.
- Novaković, M., Stevanović, S., Gorjanović, S., Jovanović, P., Tesević, V., Janković, M., Sužnjević, D. (2011): Changes of Hydrogen Peroxide and Radical Scavenging Activity of Raspberry During Osmotic, Convective and Freeze-drying. *Journal of Food Science* 76 (4), C663-668.
- Radovanović R. i J. Popov-Raljić, (2001). *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda*, Beograd-Novi Sad.
- Skrede, G. Fruits. In *Freezing Effects on Food Quality*, Jeremiah, L. E., Ed.; Dekker: New York, 1996.
- Stevanović S., Kosi F., Marković D, Milovančević U., Stojković M, Simonović V. (2014): The effect of freezing on the quality of berry fruits. 45th International congress KGH, Smeits, Belgrade, CD-rom, n. 34. 1-6.
- Trajković, J., Baras, J., Mirić, M. i Šiler, S. *Analiza životnih namirnica*. Tehnološko-metaluški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Beograd 1983.

FREEZING CHANGES OF STRAWBERRY FRUITS QUALITY AND ANTIOXIDATIVE ACTIVITY

Snežana Stevanović, Tanja Petrović, Aleksandar Leposavić, Franc Kosi, Dragan Marković, Vojislav Simonović

Abstract

Natural antioxidants have been thoroughly studied in the latest decade, due to their beneficial effects on human health. Strawberry fruits have a lot of bioactive compounds which prevent unwanted oxido-redox reactions to taking place. The aim of this work was to study the influence of freezing process on strawberry fruits changes. The content of dry matter, total sugars and acids, vitamin C were determined, as well as sensory analysis of quality. Antioxidant activity 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. Changes in the sensory quality characteristics was higher.

Keywords: freezing, strawberry, quality, antioxidant activity, sensory analysis.

Snežana M. Stevanović, University of Belgrade, Faculty of Agriculture Belgrade, Nemanjina 6, Zemun, Serbia (smasovic@agrif.bg.ac.rs) (contact person)

Tanja Petrović, University of Belgrade, Faculty of Agriculture Belgrade, Nemanjina 6, Zemun, Serbia

Aleksandar Leposavić, Fruit Research Institute – Čačak, Kralja Petra I 9, Čačak, Serbia

Franc Kosi, Dragan Marković, Vojislav Simonović, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, Belgrade, Serbia