

UTICAJ SMRZAVANJA NA KVALITET JAGODASTOG VOĆA

THE EFFECT OF FREEZING ON THE QUALITY OF BERRY FRUITS

Snežana STEVANOVIĆ,

Institut za Prehrambenu Tehnologiju, Poljoprivredni fakultet, Beograd
smasovic@agrif.bg.ac.rs

Franc KOSI, Dragan MARKOVIĆ, Vojislav SIMONOVIĆ,

Uroš MILOVANČEVIĆ, Milena STOJKOVIĆ,

Mašinski fakultet, Beograd

Jagodasto voće predstavlja veliku i ekonomski vrlo značajnu grupu voća. Srbija nije na samom vrhu po proizvodnji ovog voća, ali jeste po količinama koje izvozi. Gotovo ukupna količina jagodastog voća izveze se u zamrznutom stanju. Cilj ovog rada je analiza uticaja procesa smrzavanja na kvalitet i senzorne osobine jagodastog voća. Ispitivanja su obavljena sa plodovima jagode, maline i kupine. U okviru senzorne analize kvaliteta poseban akcenat je stavljen na očuvanje čvrstoće i boje ovih osetljivih plodova. Kao parametri očuvanja kvaliteta, praćene su promene sadržaja ukupnih šećera i kiselina, suve materije, kao i pH vrednost plodova jagodastog voća. Utvrđivan je i sadržaj vitamina C u plodovima pre i posle procesa smrzavanja. Dobijeni rezultati su pokazali da ne dolazi do značajnih promena u hemijskim parametrima kvaliteta. Nešto su veće promene senzornih osobina, jer je utvrđen gubitak čvrstoće i konzistencije, naročito kod plodova jagode.

Ključne reči: smrzavanje; jagodasto voće; kvalitet; hemijski sastav; senzorna analiza

Berries are a large and economically very important group of fruit. Serbia is not at the top in the production of this fruit, but is at the top in exported quantities of berries. Almost the total amount of berries are exported in frozen condition. The aim of this study was to analyze the influence of freezing process on the quality and sensory characteristics of berry fruit. Investigation were carried out with the strawberry, raspberry and blackberry fruits. Within the sensory quality analysis, special emphasis is placed on maintaining the strength and color of these delicate fruits. As quality parameters, content of total sugar and acid, dry matter content and pH values of berry fruits were analysed. The content of vitamin C in the berries, before and after process of freezing, were determined. The obtained results showed that there was no significant changes in chemical quality parameters. Somewhat larger changes was in sensory characteristics, as determined by the loss of strength and consistency, especially in strawberry fruit.

Keywords: freezing; berry fruits; quality; chemical composition; sensory analysis

I. Uvod

Smrzavanje (zamrzavanje) se smatra vrlo podesnom metodom za dugotrajno čuvanje voća. U izveštajima svetske organizacije za hranu FAO (Bilten 158.) smrzavanje se ocenjuje kao metod koji u velikoj meri očuva osobine i nutrijente hrane. Kvalitet hrane je danas glavni kriterijum za izbor tehnologije i opreme za njenu preradu (Marković, i sar. 2010). U zavisnosti od namene, voće se smrzava u različitim oblicima i na različite načine: kao celo, u polovinama, kriškama ili kockama, sa šećerom ili u slatkom sirupu, kao paste, pirei ili koncentрати, u zavisnosti od krajnje upotrebe u industriji. Kada sveže voće nije dostupno za različite vidove prerade tokom godine koristi se zamrznuto voće. Zato je jako važno pouzdano utvrditi stepen promena kod voća pri procesu smrzavanja, jer ima vrlo široku primenu.

Tokom poslednje decenije primetno je povećano interesovanje za plodovima jagodastog voća, zbog njihovog bogatog i specifičnog hemijskog sastava koji ima povoljan uticaj na zdravlje ljudi. Pripisuje im se antiviralno, antiinflamatorno i antikancerogeno dejstvo, jer brojne studije su pokazale da konzumiranje

jagodastog voće prevenira mnoge bolesti i povoljno utiče na vitalnost organizma. Ali sveži plodovi jagodastog voća dostupni su samo u vreme sazrevanja, jer vrlo brzo nakon berbe podležu promenama i kvare se usled hemijske i mikrobiološke aktivnosti, pa samo kratak vremenski period mogu da se čuvaju kao sveži plodovi i pored primenjenog rashlađivanja i skladištenja na niskim temperaturama. Zato se samo mala količina jagodastog voća konzumira u svežem stanju (Kalt, i sar. 1999), veći deo se preradi, a u najvećoj meri se konzervira zamrzavanjem (Hakkinen, i sar. 2000). Proces smrzavanja zaustavlja promene i inhibira mikrobiološku aktivnost, pa je onemogućeno kvarenje i propadanje. Ipak tokom samog procesa smrzavanja može da dodje do promena i oštećenja proizvoda (Marković, i sar. 2011). Ispitivanja su pokazala da je veći procenat izlomljene maline što je konačna temperatura smrzavanja niža (Reynoso i De Michelis, 1994), a kao optimalna se pokazala temperatura -18 °C.

Najčešće konzumirano jagodasto voće su: jagode, kupine i maline. Njihovi plodovi su sočni, osvežavajući sa specifičnom, karakterističnom aromom. Kupina i malina imaju zbirni plod koji se sastoji od velikog broja međusobno sraslih malih koštunica. Ova specifična morfološka građa čini ih vrlo osetljivim na različite oblike oštećenja, što jako otežava manipulaciju, preradu i transport. Osim toga, zbog velike brzine respiracije i transpiracije vrlo brzo gube svežinu i podležu promenama, pa se samo kratko mogu čuvati u svežem stanju (*short shelf - life*). Odmah nakon berbe moraju da se prerade, a u najvećoj meri se zamrzavaju.

Jagodasto voće se ubraja među privredno najznačajnije zahvaljujući plodovima visokog kvaliteta koji imaju široku primenu. Osim toga, ovo voće predstavlja vrlo značajne izvozne artikle. Najveća količina jagodastog voća izvozi se u zamrznutom stanju.

Potrošači širom sveta sve su više zainteresovani za svoje zdravlje i od hrane očekuju da bude bezbedna i zdrava, ali i dopadljiva (*sensory attractive*). Zato je u ovom radu velika pažnja posvećena, osim hemijskim i senzornim parametrima kvaliteta. Kako se najveća količina jagodastog voća konzervira zamrzavanjem, činilo se potrebnim upravo ispitati uticaj procesa smrzavanja na kvalitet i karakteristike jagode, maline i kupine.

II. Materijal i metod rada

Ispitivanje je obavljeno sa plodovima jagode sorte Zenga Zengana (Senga Sengana), zatim maline sorte Vilamet (Willamette) i kupine Tornfri (Thornfree). Korišćeni su celi, neoštećeni plodovi ujednačene veličine. Vodilo se računa o stepenu zrelosti jagodastog voća i da bude ujednačen kod sve tri vrste. Nakon berbe, plodovi su prvo rashlađeni (3-5 °C) i čuvani na toj temperaturi do zamrzavanja. Proces zamrzavanja plodova 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 skladišteni zamrznuti plodovi jagodastog voća (24-48h), tj. do momenta analize.

U cilju praćenja promene kvaliteta određivan je sadržaj:

Suve materije, ukupne - prema JUS ISO 939/1997, sušenjem na 105 °C, do konstantne mase.

pH vrednost – potencimetrijski, pehametrom TTT2, Radiometer, Copenhagen, Denmark.

Sadržaj ukupnih šećera – refraktometrom RF-3, Br. 776, na temperaturi 20 °C

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).

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. Ocenjena je vršena bodovanjem sa rasponom od 1-neprihvatljiv proizvod, do 5-optimalan kvalitet (Radovanović i Popov-Raljić, 2000-2001), za svaki parametar kvaliteta.

III. Rezultati i razmatranje

Utvrđeni sadržaj suve materije, odnosno udeo vlage i pH vrednost jagodastog voća prikazani su u Tabeli 1. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da jagodasto voće karakteriše visok sadržaj vode. Kod plodova jagode on iznosi preko 91%. Voda je neophodna za odvijanje metabolizma u svim ćelijama i u njoj se nalaze sve rastvorljive komponente ploda. Veliki sadržaj vode pruža visoku fiziološku vrednost voća, jer organizam čoveka lako usvaja nutritivno vredne supstance, a sa druge strane, voda smanjuje energetske vrednosti hrane.

Sa tehnološkog aspekta visok sadržaj vode otežava manipulaciju, preradu, čuvanje i jagodasto voće pripada grupi vrlo osetljive hrane. Osim specifične i nežne morfološke građe, puno vode čini ovo voće još podložnijim mikrobiološkim, fizičkim i hemijskim promenama. U procesu smrzavanja voda kristališe i formira se srazmerno velika količina leda u plodovima, što takođe dovodi do većih promena. Vrednosti prika-

zane u Tabeli 1. ukazuju na veoma visok procentualni udeo vode u plodovima svih analiziranih vrsta jagodastog voća.

Tabela 1. Vrednosti sadržaja suve materije i pH svežih i zamrznutih plodova jagodastog voća

Uzorak		Suva materija [%]	Udeo vode [%]	pH
Jagoda	Sveža	8,53	91,47	3,45
	Zamrznuta	8,58	91,42	3,41
Malina	Sveža	14,32	85,68	3,14
	Zamrznuta	14,38	85,62	3,12
Kupina	Sveža	15,45	84,55	3,21
	Zamrznuta	15,53	84,47	3,18

Bez obzira na svu važnost vode, u tehnologiji se veća pažnja poklanja sadržaju suve materije, dakle svega onoga što nije voda, a nalazi se u hrani. Utvrđivanje sadržaja suve materije je polazni i vrlo važan parametar, a stalni uvid pruža određena i jasna uputstva za vođenje i usmeravanje tehnološkog postupka. U Tabeli 1. nalaze se izmerene vrednosti suve materije jagodastog voća.

Najveći sadržaj suve materije utvđen je kod plodova kupine, zatim maline, a najmanji je kod jagode. Razlog za to leži u činjenici da plodovi maline i kupine poseduju semenke, po jednu u svakoj koštunici, što utiče na veće vrednosti suve materije u odnosu na jagodu koja nema semenke u plodu. Nakon procesa smrzavanja, nije primećena značajna promena u sadržaju suve materije kod sve tri analizirane vrste jagodastog voća.

Ugljeni hidrati su posle vode najzastupljeniji sastojci voća. Zajedno sa kiselinama oni predstavljaju značajne osnovne komponente u formiranju ukusa proizvoda. Zato su utvrđivane njihove vrednosti pre i posle procesa smrzavanja jagodastog voća. Dobijene vrednosti za sadržaj ukupnih šećera i kiselina date su u Tabeli 2. Najveća količina šećera utvrđena je u plodovima kupine 8,9%, a vrlo su slične vrednosti kod maline i jagode (7,8 i 7,5%). Analize nakon procesa smrzavanja su pokazale da ne dolazi do značajnih promena u sadržaju ukupnih šećera. To se potvrdilo kod sve tri analizirane vrste jagodastog voća. Stabilnost šećera prisutnih u plodovima maline jako je važna, jer su oni delom odgovorni za kvalitet i prihvatljivost plodova nakon zamrzavanja. Šećeri učestvuju u formiranju ukusa, slatkoće i ukupnog senzornog kvaliteta plodova.

Procentualni sadržaj svih prisutnih kiselina u voću se definiše kao titracioni aciditet. U Tabeli 2. predstavljene su utvrđene vrednosti za sadržaj ukupnih kiselina jagodastog voća, pre i posle procesa smrzavanja. Vrednosti su izračunate i izražene preko limunske kiseline, kao dominantne. Najveći sadržaj ukupnih kiselina imaju plodovi maline 1,76%, manje ih je u plodovima kupine 1,13%, a najniža vrednost za sadržaj ukupnih kiselina izmerena je kod jagode 0,92%. Prisustvo kiselina je veoma značajno, jer su one odgovorne za svež, karakterističan voćni ukus plodova. Zato je njihov sadržaj praćen i analiziran i nakon procesa smrzavanja. Utvrđene vrednosti pokazuju da nije došlo do veće promene u vrednosti ukupnih kiselina kod sve tri vrste jagodastog voća.

Osim titracionog aciditeta, značajna je i kiselost definisana koncentracijom vodonikovih jona kao aktuelni aciditet, izražen kao pH. Vrednost pH često se koristi i kao merilo zrelosti voća, ali i kao indikator promena u toku prerade ili čuvanja. Izmerene vrednosti pH prikazane su u Tabeli 1. i one ukazuju da ovo voće spada u kiselo-srednje kiselo, jer im se pH vrednosti kreću u intervalu 3-3,5. Nakon procesa smrzavanja nije došlo do veće promene pH vrednosti jagodastog voća.

U Tabeli 2. prikazane su i izračunate vrednosti za Indeks slasti. U literaturi često se naziva i indeks kvaliteta (*Quality index*). On pokazuje tj. indikator je ukupne, opšte prihvatljivosti voća. S obzirom da se izračunava kao odnos sadržaja šećera i kiselina, dakle veći indeks može da se poveže sa slađim i ukusnijim plodom. Njegova najveća vrednost može se protumačiti kao najpovoljniji odnos šećera i kiselina. U našem istraživanju najveći indeks slasti utvđen je kod plodova jagode, i svežih i zamrzvanih (8,2 i 8,3). Nešto niže vrednosti su kod kupine (7,9 i 7,8). Najmanji izračunati indeks slasti je kod plodova maline (4,4 i 4,45) koje su imale i najveći sadržaj ukupnih kiselina, kao i najniži pH.

Vitamin C (askorbinska kiselina) je veoma značajan sastojak i čini voće fiziološki veoma vrednim. Njegova funkcija u organizmu može se okarakterisati kao specifična i neophodna. Iz tog razloga, zadatak svakog tehnološkog procesa je da ga sačuva u najvećoj mogućoj meri. Utvrđene vrednosti sadržaja vitamina C svežih i zamrznutih plodova jagodastog voća prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 2. Vrednosti sadržaja ukupnih šećera i kiselina, Indeks slasti i sadržaj vitamina C

Uzorak		Ukupni šećeri [°Brix]	Ukupne kiseline [%]	Indeks slasti šeć/kis.	Vitamin C [mg %]
Jagoda	Sveža	7,5	0,92	8,2	39,86
	Zamrznuta	7,4	0,89	8,3	39,78
Malina	Sveža	7,8	1,76	4,4	31,28
	Zamrznuta	7,75	1,74	4,45	31,21
Kupina	Sveža	8,9	1,13	7,9	26,14
	Zamrznuta	9,0	1,15	7,8	26,10

Najveći sadržaj vitamina C je u plodovima sveže jagode i iznosi 39,86 mg%, a najmanje ga je bilo u kupini 26,14 mg%. U poređnom analizom svežih i zamrznutih plodova jagodastog voća utvrđene su male promene u sadržaju vitamina C. Dobijene razlike su decimalne kod sve tri vrste jagodastog voća. Kako se uzorci analiziraju u odmrznutom stanju, teško je razgraničiti da li promene nastaju pri zamrzavanju ili odmrzavanju. U svakom slučaju rezultati pokazuju da nije došlo do značajnog smanjenja ovog važnog vitamina koji se smatra i indikatorom očuvanja kvaliteta. Procesom smrzavanja očuvan je i termolabilan vitamin C u velikoj meri kod sve tri vrste analiziranog jagodastog voća.

Rezultati senzorne analize svežih i zamrzvanih plodova jagodastog voća dati su u Tabeli 3. Kao senzorni parametri kvaliteta ocenjivani su: boja, ukus, aroma i konzistencija. Sabiranjem ocena pojedinačnih parametara dobijena je ukupna ocena, koja je generalni pokazatelj kvaliteta. Komisiju za senzornu analizu činilo je 6 stručnih ocenjivača. Ocene su prikazane kao srednja vrednost, a na Grafikonu 1. dat je prikaz senzorne analize nakon procesa smrzavanja.

Tabela 3. Rezultati senzorne analize

Max Ocena	Parametar	Boja	Ukus	Aroma	Konzistencija	Ukupna ocena
		5	5	5	5	
Jagoda	Sveža	5	5	5	5	20
	Zamrznuta	4,42	4,08	4,25	2,08	14,83
Malina	Sveža	5	5	5	5	20
	Zamrznuta	4,83	4,42	4,33	2,67	16,25
Kupina	Sveža	5	5	5	5	20
	Zamrznuta	3,92	4,33	4,25	2,58	15,80

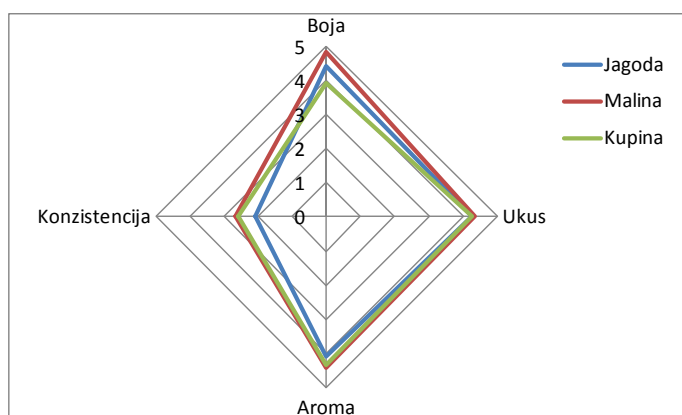
Sveži plodovi jagodastog voća dobili su najvišu ocenu za sve analizirane parametre kvaliteta, tako da ukupna ocena odgovara maksimalnoj, a to je 20 kod sve tri analizirane vrste jagodastog voća.

Kod zamrznutih plodova jagodastog voća senzornom analizom je utvrđeno da su boja plodova, njihov ukus i aroma očuvani u velikom stepenu nakon procesa smrzavanja. Dobijene su, od strane komisije, visoke ocene za boju, ukus i aromu zamrzvanih plodova maline, zatim po vrednosti srednjih ocena dolazi kupina, pa jagoda. Nakon odmrzavanja boja plodova kupine je ocenjena nešto nižim ocenama i srednja vrednost iznosi 3,92. Primećeno je da plodovi kupine nakon odmrzavanja imaju nešto svetliju, manje intenzivnu boju. Najmanja promena boje plodova primećena je kod maline i srednja vrednost iznosi 4,83, ali primećeni su donekle izmenjen ukus i smanjena aroma i ova dva parametra kvaliteta ocenjeni su sa 4,42 odnosno 4,33. Vrlo su slične i srednje ocene za ukus i aromu i kod zamrzvanih plodova jagode i kupine.

Znatno veće promene su primećene kod analize konzistencije zamrznutih plodova jagodastog voća. Oblik im je bio delimično izmenjen i plodovi su izgubili svoju čvrstoću i oslobađao se iz plodova tečni deo nakon odmrzavanja. Komisija je konzistenciju plodova ocenila sa 2,08 kod jagode, do 2,67 kod maline i to su najniže ocene od analiziranih parametara kvaliteta. Pokazalo se da proces kristalizacije pri smrzavanju dovodi do strukturnih promena ćelija i tkiva, a one do gubitka prvobitne konzistencije. Formirani kristali leđa utiču na mehaničko oštećenje ćelijskih membrana, uništava se funkcija ćelijskog zida i smanjuje se moć zadržavanja tečnosti. To se manifestuje mekšim tkivom, gubitkom čvrstoće i oslobađanjem tečnog dela iz plodova nakon odmrzavanja.

Senzorna analiza je pokazala da su se najveće promene javile u strukturi i teksturi jagodastog voća. Posledica toga je delimična promena oblika i gubitak konzistencije nakon odmrzavanja plodova jagodastog voća. Najveće promene su primećene kod plodova jagode, što se pregledno vidi i na Grafikonu 1. Ovo voće, osim nežne morfološke građe, imalo je najveći sadržaj vode i pretrpelo je najveće fizičke transformacije

nakon ciklusa smrzavanje - odmrzavanje. Ukupna ocena senzorne analize plodova jagode nakon zamrzavanja ima najnižu vrednost 14,83. Na to je najviše uticala niska ocena za konzistenciju.



Grafikon 1. Senzorne ocene kvaliteta jagodastog voća nakon smrzavanja

IV. Zaključak

Na osnovu izvršenih ispitivanja i prikazanih rezultata može se izvesti zaključak da proces smrzavanja predstavlja vrlo podesan način za konzervisanje osetljivih plodova jagodastog voća. Analize su pokazale da smrzavanjem dolazi do neznatnih promena hemijskih parametara kvaliteta. To se potvrdilo kod sve tri analizirane vrste jagodastog voća. Primećen je vrlo mali gubitak i u sadržaju termolabilnog vitamina C, što predstavlja vrlo važan parametar očuvanja kvaliteta. Takođe, indeks slasti je imao slične vrednosti kod svežih i zamrznutih plodova jagodastog voća. Nešto su veće promene u senzornim karakteristikama kvaliteta. Među njima najupadljiviji je gubitak konzistencije plodova.

Izvršene analize su pokazale da nakon procesa smrzavanja plodovi jagodastog voća, očuvaju relevantne parametre kvaliteta u vrlo velikom stepenu. Primenom procesa smrzavanja moguće je da hrana koja je vrlo slična svežoj, bude dostupna i van sezone sazrevanja potrošačima širom sveta.

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.

V. 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**, *Unit operations in Food Engineering*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2002).
- [3] **de Ancos, B., E. M. Gonzalez, M.P. Cano**, 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* (2000), 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**, Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. *J Agric Food Chem* (2000), 48: 2960-5.
- [6] **Kalt, W., C. F. Forney, A. Martin, R. L. Prior**, Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (1999), 47(11): 4638-4644.
- [7] **Marković, D., M. Veljić, Ž. Čebela, S. Božić**, Systems for optic color calibration, *Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi*, (2010), 14(1), 23 – 26.
- [8] **Marković, D., D. Živković, N. Kosanić, I. Marković, A. Sretenović**, Posle ubirajuće tehnologije za voće i povrće u Srbiji, *Savremena poljoprivredna tehnika*, (2011), 37, 4: 387-398.
- [9] **Radovanović R. i J. Popov-Raljić**, (2001). *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda*, Beograd-Novi Sad.
- [10] **Reynoso, R., O. and A. De Michelis**, Parameters affecting freezing, storage and transport of individually frozen Schoeneman raspberries, *International Journal of Refrigeration*, (1994). 17(3), 209-213.
- [11] **Trajković, J., J. Baras, M. Mirić, S. Šiler**, *Analiza životnih namirnica*. Tehnološko-metaluški fakultet, Univeriteta u Beogradu. Beograd, Srbija, 1983.