

# UTJECAJ RAZLIČITIH PROCESIRANJA NA ANTIOKSIDACIJSKU AKTIVNOST VOĆA

---

Pilipović, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:961933>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**



**ODJEL ZA  
BIOLOGIJU**  
Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Preddiplomski studij biologije

Ana Pilipović

**UTJECAJ RAZLIČITIH PROCESIRANJA NA ANTIOKSIDACIJSKU  
AKTIVNOST VOĆA**

Završni rad

Mentorica: doc. dr. sc. Ljiljana Krstin

Komentorica: doc. dr. sc. Ivna Štolfa

Osijek, 2015.

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Odjel za biologiju**

**Završni rad**

**Znanstveno područje:** Prirodne znanosti

**Znanstveno polje:** Biologija

### **Utjecaj različitih procesiranja na antioksidacijsku aktivnost voća**

Ana Pilipović

**Mentorica:** doc.dr.sc. Ljiljana Krstin

**Komentorica:** doc.dr.sc. Ivna Štolfa

#### **Kratak sažetak završnog rada:**

Jedan od najvećih izvora antioksidansa jest voće. Antioksidativni spojevi se nalaze u različitim vrstama voća, a količina i kvalitativan sastav ovise o brojnim čimbenicima pa tako i o procesiranju. Danas se koriste brojne metode procesiranja. Procesiranje utječe na svojstva voća kao i na koncentraciju određenih bioaktivnih tvari i antioksidacijsku aktivnost. Opisana je proizvodnja voćnih sokova, proizvodnja džemova, smrzavanje i osmotska dehidracija te kako ti oblici procesiranja utječu na brojne tvari koje su važne za zdravlje ljudi.

**Broj stranica:** 14

**Broj slika:** 2

**Broj tablica:** 8

**Broj literaturnih navoda:** 29

**Web izbor:** 2

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** antioksidativna aktivnost, askorbinska kiselina, fenolni spojevi, voćni sokovi, džemovi, osmotska dehidracija

#### **Rad je pohranjen u:**

knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku, te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology**

**Bachelor's thesis**

**Scientific Area:** Natural Sciences

**Scientific Field:** Biology

### **Influence of different postharvest treatments on fruit antioxidant activity**

Ana Pilipović

**Supervisor:** Ph.D. Ljiljana Krstin, assistant professor

Ph.D. Ivna Štolfa, assistant professor

#### **Short abstract:**

One of the largest sources of antioxidants is fruit. Antioxidant compounds can be found in various fruits, and the amount and qualitative composition depend on various factors including processing. Today, a big number of processing methods are used. The processing affects the properties of the fruit, concentration of certain bioactive compounds and it also affects antioxidant activity. The manufacture of fruit juices, jam, freezing and osmotic dehydration is described, as well as how these ways of processing are affecting the substances which are important for the human health.

**Number of pages:** 14

**Number of figures:** 2

**Number of tables:** 8

**Number of references:** 29

**Web source:** 2

**Original in:** Croatian

**Key words:** antioxidant activity, ascorbic acid, phenols, fruit juice, jams, osmotic dehydration

#### **Thesis deposited in:**

Library of Department of Biology, University of J. J. Strossmayer Osijek and in National University Library in Zagreb in electronic form. It is also available on the web site of Department of Biology, University of J.J. Strossmayer Osijek.

## SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. OSNOVNI DIO.....	1
2.1. Antioksidansi u voću.....	1
2.2. Utjecaj procesiranja na antioksidacijsku aktivnost voća.....	3
2.2.1. Antioksidacijska aktivnost voćnih sokova.....	3
2.2.2. Antioksidativna svojstva voćnih džemova.....	7
2.2.3. Utjecaj smrzavanja na antioksidacijsku aktivnost voća.....	8
2.2.4. Dehidracija voća .....	10
3. ZAKLJUČAK.....	11
4. LITERATURA.....	12

## 1. UVOD

Antioksidansi imaju ključnu ulogu u zaštiti stanice i organizma od oštećenja neutralizirajući slobodne radikale koji nastaju kao posljedica izloženosti dimu cigarete, različitim toksičnim tvarima, velike izloženosti štetnom Sunčevom zračenju itd. Najveći dio antioksidanasa se unosi hranom koju konzumiramo. Veliku količinu antioksidansa sadrži voće i povrće, a najznačajniji predstavnici su vitamini C (askorbinska kiselina) i E, karoteni, flavonoidi, izoflavoni i drugi spojevi. Svježe voće ima veliku antioksidacijsku aktivnost, prije svega vrlo jarko obojano voće (Bachmann i Earles, 2000). No, antioksidacijska svojstva trebaju se zadržati i kada se voće ne konzumira odmah nakon berbe te se stoga koriste brojni proizvodni postupci kojima je glavni cilj očuvanje kvalitete voća. Procesiranje (proizvodnja džema, voćnih sokova, zamrzavanje) znatno utječe se na kvalitetu voća i sadržaj antioksidanasa u voću. Intenzivno procesiranje voća može dovesti do oksidacijskog oštećenja namirnice; no vrlo često se procesirano voće odlikuje poboljšanom bioraspoloživošću antioksidansa. Stoga odabir načina procesiranja voća ima vrlo važnu ulogu u očuvanju antioksidacijske aktivnosti i kvalitete voća.

## 2. OSNOVNI DIO

### 2.1. Antioksidansi u voću

Voće sadrži veliku količinu antioksidansa, a možemo ih podijeliti na nutritivne i nenutritivne. U prvu skupinu ubrajamo vitamine A, C i E te bakar, magnezij, željezo, cink i mnoge druge elemente koji imaju ulogu kofaktora antioksidativnih enzimatskih sustava. U drugu pak skupinu ubrajamo karotenoide, bioflavonoide, indole, tanine, fitosterole, klorofile i terpenoide. Također, antioksidansi imaju važnu ulogu u sprječavanju oksidacijskog stresa u organizmu kada je povećana produkcija slobodnih radikala i njihovi štetni učinci nadvladavaju kapacitet antioksidacijskog sustava obrane organizma što može dovesti do niza patofizioloških poremećaja s teškim posljedicama (Đukić, 2008).

Vitamin C ili askorbinska kiselina ubraja se u skupinu esencijalnih vitamina topljivih u vodi. U usporedbi s ostalim antioksidansima, askorbinska je kiselina najosjetljivija pri čemu može doći do značajnih gubitaka njenog sadržaja tijekom procesiranja i skladištenja voća. Lokalizirana je u apoplastu, citosolu, mitohondrijima, vakuoli i plastidima. Askorbinska je

kiselina važan sastojak brojnih voćnih vrsta. Najveća je koncentracija prisutna u jagodama, potom slijedi kivi, limun i naranča dok najmanje askorbinske kiseline sadrži šljiva (Tablica 1).

**Tablica 1. Udio askorbinske kiseline u različitim vrstama voća (Szeto i sur., 2002)**

Voće	Udio askorbinske kiseline (mg/kg)
Jagoda	770
Limun	580
Šljiva	40
Naranča	540
Kivi	590
Grejp	360
Ananas	120

Fenolni spojevi su sekundarni metaboliti prisutni u svim biljnim vrstama. Osnovnu strukturu karakterizira aromatski prsten. Spojeve dijelimo na neflavonoide ili fenolne kiseline u koje ubrajamo derivate hidroksicimetne kiseline, a to su klorogenska, kafeinska, p-kumarinska i ferulinska kiselina i derivate hidroksibenzojeve kiseline: galna i p-hidroksibenzojeva kiselina. Drugu skupinu čine flavonoide među kojima se u voću najviše ističu antocijani. Hidrofilni spojevi najčešće akumuliraju u vakuolama, dok se lipofilni pretežno akumuliraju u smolnim kanalima, uljnim stanicama, trihomima i kutikuli (Engelmeier i Hadacek, 2006). Flavonoidi su uglavnom prisutni u sjemenkama, kori voća, kori drveća, lišću i cvijeću (Rice-Evans i sur., 1995).

Antocijani (antocijanini) su glikozidi koji se hidrolizom razgrađuju na aglikonantocijanidin i šećer koji je najčešće glukoza, galaktoza ili ramnoza (rjeđe ksiloza i arabinoza). Utječu na boju (crvenu, ljubičastu, plavu) cvjetova, listova, plodova, stabljike i kore (Rastija, 2007). Bobičasto voće je značajan izvor fenolnih spojeva kao što su antocijani u obliku glikozida pri čemu je u voću najzastupljeniji cijanidin, dok su najmanje zastupljeni petunidin i malvidin (Tablica 2) te ostali fenolni spojevi kao što su miricetin, kvercetin i kempferol (Šavikin i sur., 2009)

**Tablica 2. Udio antocijana u voću (Web 1).**

<b>Antocijanidin</b>	<b>Prisutnost u voću (%)</b>
Cijanidin	50
Delfinidin	12
Pelargonidin	12
Peonidin	12
Petunidin	7
Malvidin	7

## 2.2. UTJECAJ PROCESIRANJA NA ANTIOKSIDACIJSKU AKTIVNOST VOĆA

### 2.2.1. Antioksidacijska aktivnost voćnih sokova

Prilikom dokazivanja pozitivnog učinka voćnih sokova korištene su jabuke, ananas, grejp i naranča. Istraživanjem Gardnera i suradnika (2000) je dokazano da voćni sokovi sadrže male količine karotenoida, u većini slučajeva čak i ispod granica detekcije. Međutim, svi voćni sokovi sadrže fenole, a voćni sokovi dobiveni iz citrusa (naranče) sadrže osobito velike količine askorbinske kiseline što nije slučaj i kod sokova jabuke, ananasa ili pak povrća (Tablica 3). Također, dokazano je da svi voćni sokovi imaju sposobnost redukcije željezovog (III) oksida u željezov (II) oksid. Testovi su dali pouzdane podatke iako je nedostatak ovog istraživanja i testiranja voćnih sokova činjenica da nisu prisutni sokovi koji sadrže srednje vrijednosti i količine askorbinske kiseline, nego su prisutne samo krajnje granice.

**Tablica 3.** Udio askorbinske kiseline, fenola i karotenoida u pojedinim vrstama voća (Gardner i sur., 2000)

<b>Voće</b>	<b>Askorbinska kiselina (μM)</b>	<b>Fenoli (mg ml<sup>-1</sup> galne kiseline)</b>	<b>Karotenoidi (mg ml<sup>-1</sup> β-carotena)</b>
Naranča	1233 ± 36	755 ± 18	3.0 ± 1.4
Grejp	1076 ± 61	535 ± 11	nije detektirano
Ananas	4.4 ± 0.5	358 ± 3	nije detektirano
Jabuka	3.9 ± 0.5	339 ± 43	nije detektirano
Povrće	13 ± 5	293 ± 5	8.2 ± 0.7



Sposobnost je redukcije omogućena činjenicom da svi sokovi navedeni u tablici imaju određenu količinu fenolnih spojeva (antocijani, flavonoidi, katehini, hidroksibenzojeva kiselina, hidorksicinaminska kiselina) koji su važni jer omogućavaju prijenos vodikovih atoma s hidroksilne skupine na fenolni prsten i na taj način omogućavaju redukciju. Ovo svojstvo, osim u voćnim sokovima, prisutno je i u pićima poput vina i raznih čajeva. Također, neki fenolni spojevi pronađeni u voćnim sokovima sprječavaju oksidativno oštećenje *in vivo* i time štite od razvoja brojnih bolesti. Bez obzira što su svi sadržavali fenolne spojeve, najveću antioksidativnu djelotvornost sadrže voćni sokovi koji imaju veću koncentraciju askorbinske kiseline. Najveća je količina ove kiseline, kao što je već spomenuto, u sokovima citrusa (naranče) što znači da on predstavlja glavni dio antioksidacijskog kapaciteta dok su kod, primjerice, soka od jabuke tu ulogu preuzeli fenolni spojevi (Gardner i sur., 2000). Miller i Rice-Evans (1997) proučavali su antioksidacijska svojstva voćnih sokova jabuke, naranče i crnog ribiza. Nakon provedenog istraživanja, dokazano je kako se u voćnim sokovima jabuka nalazi klorogenična kiselina i p- kumarinska kiselina te epikatehin (Tablica 4). Zatim se u soku od naranče nalaze dvije fenolne topljive komponente hesperidin i narirutin, no bez obzira na njihovu prisutnost, askorbinska kiselina i dalje ima najveću aktivnost (Tablica 5). U soku crnog ribiza pronađen je cijanidin, delfinidin, galna kiselina kao i visoka koncentracija askorbinske kiseline (Tablica 6). Proučavajući koncentraciju askorbinske kiseline, dokazano je kako je ona najveća u soku crnog ribiza potom naranče, a najmanje ju sadrži sok od jabuke. No s druge strane, upravo sok crnog ribiza ima najmanje antocijana. Također, sokovi su podvrgnuti oksidirajućim uvjetima, odnosno 24 sata na 37°C imali su ograničenu količinu kisika. Sok jabuke u ovakvim uvjetima izgubio je 70 % svoje aktivnosti, sok naranče 58 %, dok je sok od crnog ribiza izgubio 47 % aktivnosti. Na ovaj je način dokazano kako fenolni spojevi mogu usporiti oksidacijsku razgradnju askorbinske kiseline.

**Tablica 4.** Antioksidacijska aktivnost u voćnom soku jabuke (Miller i Rice-Evans, 1997).

Tvari	Aktivnost (konc. x TEAC) $\mu\text{M}$
Klorogenična kiselina	360
p- kumarinska kiselina	164
Epikatehin	35
Askorbinska kiselina	51

**Tablica 5.** Antioksidacijska aktivnost u voćnom soku naranče (Miller i Rice-Evans, 1997).

Tvari	Aktivnost (konc. x TEAC) $\mu\text{M}$
Hesperidin	152
Narirutin	47
Askorbinska kiselina	2270

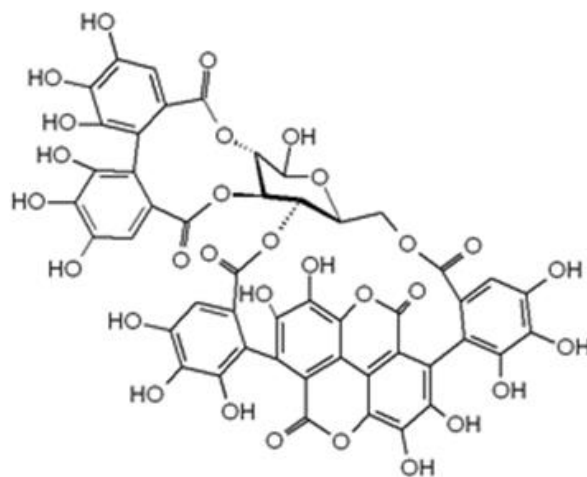
**Tablica 6.** Antioksidacijska aktivnost u voćnom soku crnog ribiza (Miller i Rice- Evans, 1997).

Tvari	Aktivnost (konc. x TEAC) $\mu\text{M}$
Cijanidin	215
Delfinidin	55
Askorbinska kiselina	3726

Jagode (*Fragaria x ananassa* Duch.) u usporedbi s drugim voćem, iznimno su bogat izvor antioksidacijskih tvari, a najviše proantocijanida. Oni imaju vrlo važnu antioksidacijsku aktivnost, štite kolagen i smatra se da imaju veći učinak od askorbinske kiseline i to čak 50 puta. U istraživanju Oszmiajskog i Wojdyiovskog (2009) korištene su tri različite sorte jagoda (Elkat, Kent i Senga Sengana) i tri vrste voćnih sokova: bistri, kašasti i mutni. Voćni su sokovi analizirani svježi i nakon šest mjeseci skladištenja na 4°C i 30°C. Provedenim je istraživanjem dokazano kako se u svježim voćnim sokovima nalaze velike količine fenolnih spojeva u usporedbi sa sokovima koji su skladišteni šest mjeseci. Uspoređujući ukupne fenole dokazano je kako najveću količinu ima sorta Kent (290,6 mg/kg svježe tvari), odmah potom slijedi Elkat (290,4 mg/kg svježe tvari), a najmanje ima Senga Sengana sorta (243,3 mg/svježe tvari). Od svih fenola, glavninu kod svih sorti čine proantocijanidi, a prisutna je i elaginska kiselina, p-kumarinska kiselina, cijanidini i pelargonidini. Najveće razlike u različitim vrstama voćnih sokova utvrđene su u sadržaju proantocijanidina. Tako kašasti sok ima dvostruko veće koncentracije proantocijanidina i najveće koncentracije elaginske kiseline (Oszmiajski i Wojdyio, 2009). Nakon šest mjeseci skladištenja voćnih sokova na 4°C dolazi do povećanja sadržaja elaginske kiseline i proantocijanidina kod kašastih voćnih sokova, dok se sadržaj epikatehina, pelargonidina i cijanidina ne mijenja značajno. Pelargonidin-3-O-glukozid je dominantan u svim vrstama voćnih sokova, a njegova najveća koncentracija je u

kašastim sokovima jagoda. Procesiranje manje utječe na koncentraciju antocijana nego skladištenje. Prilikom skladištenja na 30°C dolazi do značajnog smanjenja sadržaja antocijana. Također, kašasti i mutni sok sadrže više antocijana od bistrog voćnog soka, a razlog tomu je pektin koji je prisutan u kašastim i mutnim voćnim sokovima.

Voćni sok šipka ima velike pozitivne učinke na zdravlje ljudi. Sok je šipka bogat izvor antocijana, delfinidina, cijanidina i pelargonidina. Sok također sadrži i askorbinsku i limunsku kiselinu kao i galnu te elaginsku kiselinu. Sok šipka ima tri puta veću antioksidacijsku aktivnost u usporedbi sa zelenim čajem ili crnim vinom (Gill i sur., 2000). Način pripreme soka od šipka značajno utječe na antioksidacijsku aktivnost (Gill i sur., 2000). Tako je veća aktivnost utvrđena kod komercijalnog soka dobivenog od cijelog šipka nego samo kod soka od mesnatog dijela šipka. Također, komercijalni sokovi sadrže i posebnu vrstu tanina punikalagin (Slika 1), dok su kod eksperimentalno dobivenih sokova iz mesnatog dijela šipka otkriveni samo tragovi ovog spoja.



Slika 1. Prikaz strukturne formule punikalagina (Web 2).

Općenito, antioksidacijska aktivnost različitih vrsta voćnih sokova ovisi o načinu izrade voćnih sokova, a prije svega o sadržaju fenolnih spojeva (Oszmiajski i Wojdyio, 2009).

### 2.2.2. Antioksidacijska svojstva voćnih džemova

Bobičasto je voće bogati izvor brojnih bioaktivnih spojeva kao što su flavonoidi, fenolne kiseline, antocijani koji utječu na samu boju ploda, askorbinska kiselina te elaginska kiselina. Šavikin i suradnici (2009) su utvrdili razlike u antioksidacijskoj aktivnosti svježeg džema i džema skladištenog devet mjeseci na sobnoj temperaturi od organski uzgojenih kupina (*Rubus occidentalis*) i crnog ribiza (*Ribes nigrum*). Ukupna količina fenola se preradom i skladištenjem devet mjeseci smanjuje kod malina za 80%, no ne i kod ribiza. Ukupna količina antocijana prilikom obrade, to jest pripreve džema, znatno je niža nego kod svježih bobica. Daljnje skladištenje džema na sobnoj temperaturi također smanjuje razinu antocijana za 8 – 50 %. Elaginska je kiselina utvrđena je u džemu crnih malina, a veća koncentracija prisutna je kod svježeg džema (Tablica 7).

**Tablica 7.** Iznos ukupnih fenola, antocijana i elaginske kiseline u džemovima od crnih malina i crnog ribiza (Šavikin i sur., 2009).

Uzorak	Fenoli (mgGAE/100g FW)	Antocijani (%)	Elaginska kiselina (%)
Džem crnog ribiza	280 ± 5	0.06 ± 0.01	n.d
Džem crnog ribiza'	660 ± 7	0.03 ± 0.01	n.d
Džem crnih malina	350 ± 7	0.19 ± 0.02	4.72 ± 0.43
Džem crnih malina'	290 ± 5	0.14 ± 0.01	2.24 ± 0.25

' nakon devet mjeseci na sobnoj temperaturi

Pinto i suradnici (2007) analizirali su pet džemova jagoda različitih proizvođača i odredili njihov antioksidacijski kapacitet. Uočeno je kako sadržaj vode varira od 21 do 28, 8 %, a glavni flavonoli su kvercetin i kempferol. Sadržaj kempferola je općenito veći od kvercetina, u odnosu na svježe voće, što ukazuje na činjenicu da je određena količina kvercetina uništena tijekom procesiranja. U džemu jagoda došlo je do smanjenja količine antocijana, prije svega pelargonidina. Gubitak antocijana tijekom obrade povezuje se s mnogim čimbenicima, a neki od njih su pH vrijednost, kisik te proizvodi razgradnje šećera. Osim u džemu jagode, pad antocijana utvrđen je i u džemu od višanja i to za drastičnih 90 % (Kim i Padilla-Zakour, 2004). Također, obradom se povećava sadržaj elaginske kiseline, a dodatnim skladištenjem na 20°C sadržaj elaginske kiseline još se više povećava. Također,

Zafrilla i sur. (2001) utvrdili su povećanje sadržaja elaginske kiseline u džemu malina tijekom skladištenja i to čak tri puta.

### 2.2.3. Utjecaj smrzavanja na antioksidacijsku aktivnost voća

Smrzavanje voća je jedan od najučestalijih i najuspješnijih načina održavanja i očuvanja kvalitete voća. Poznato je da snižavanjem temperature dolazi do smanjenja aktivnosti mikroorganizama kao i enzimskih sustava čine se sprječava propadanje voća (Ali Sahari i sur., 2004). U istraživanju Ali Sahari i suradnika (2004) korištene su dvije metoda smrzavanja: sporo smrzavanje pri  $-20^{\circ}\text{C}$  u zamrzivaču tijekom 24 sata i brzo zamrzavanje pri  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $-100^{\circ}\text{C}$  tekućim dušikom. Najveći pad sadržaja askorbinske kiseline utvrđen je u prvih 15 dana na  $-12^{\circ}\text{C}$  (31,4 %), a velike promjene utvrđene su i pri temperaturama  $-18^{\circ}\text{C}$  za 10,7 % i  $-24^{\circ}\text{C}$  za 8,9 % (Tablica 8). Smanjenje sadržaja vitamina C javlja se uslijed povećane koncentracije otopljenih tvari koja se javlja u nesmrznutoj fazi tijekom smrzavanja (Ali Sahari i sur., 2004). Za kratko vrijeme čuvanja jagoda na niskim temperaturama (tri mjeseca) optimalna temperatura iznosi  $-18^{\circ}\text{C}$ .

**Tablica 8.** Koncentracija askorbinske kiseline s obzirom na vrijeme skladištenja (Ali Sahari i sur., 2004).

Dani skladištenja	$-12^{\circ}\text{C}$ (mg/100g)	$-18^{\circ}\text{C}$ (mg/100g)	$-24^{\circ}\text{C}$ (mg/100g)
1	52.00	52.1	52.00
15	35.7	50.6	51.5
30	33.3	49.8	50.5
60	24.1	48.5	49.00
90	18.5	46.4	47.4

Lohachoopol i suradnici (2004) su istraživali kako niste temperature utječu na borovnice (*Vaccinium corymbosum* L.) u usporedbi sa svježim i sušenim borovnicama. Korištene su svježe borovnice držane na  $5^{\circ}\text{C}$  tijekom dva tjedna, smrznute borovnice na  $-20^{\circ}\text{C}$  tijekom tri mjeseca, a uzorci su ispitivani prvog i trećeg mjeseca skladištenja i sušene borovnice sa 60% šećerom i 1% natrijevim kloridom na različitim temperaturama ( $90^{\circ}\text{C}$  90 minuta,  $70^{\circ}\text{C}$  120 minuta i  $50^{\circ}\text{C}$  također 120 minuta). Najveća koncentracija antocijana je prisutna u svježim borovnicama dok se kod sušenih borovnica ta količina znatno smanjuje (49%). Također, neki antocijani su prilikom sušenja u potpunosti nestali. Uspoređujući svježe sa smrznutim borovnicama, uočeno je kako je sadržaj antocijana tijekom smrzavanja stabilan.

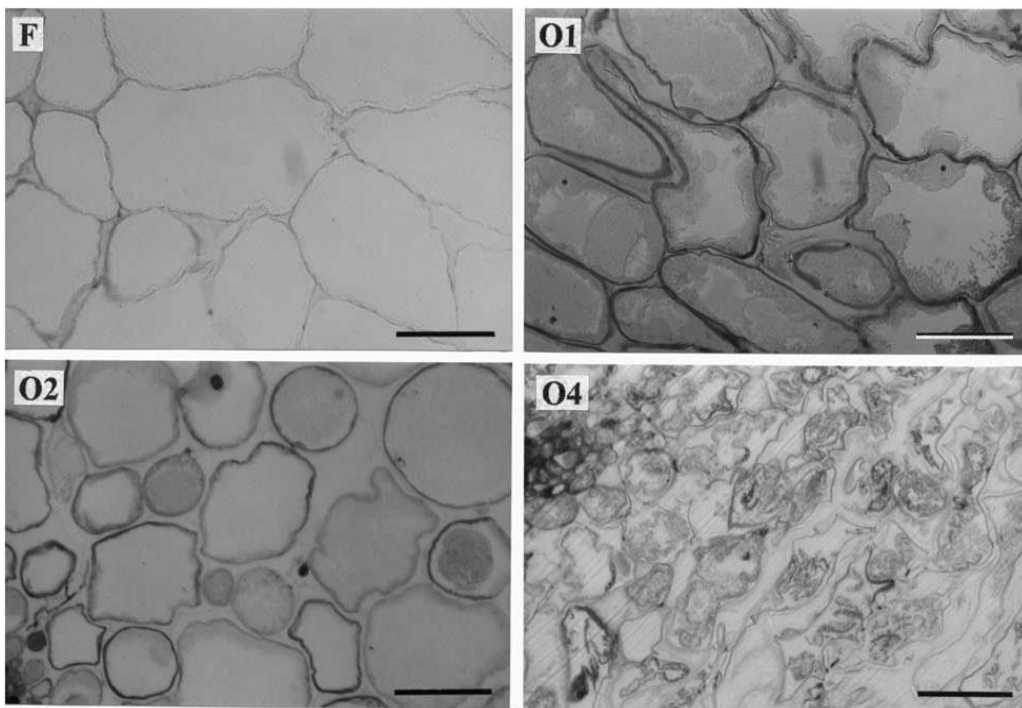
Nema značajnijih razlika u koncentracijama, odnosno najveća koncentracija je zabilježena kod smrznutih borovnica skladištenih mjesec dana ( $8.1 \pm 0.1$  mg/kg suše tvari), potom smrznute borovnice skladištene tri mjeseca ( $7.9 \pm 1.3$  mg/kg suhe tvari) i na kraju svježe borovnice ( $7.2 \pm 0.5$  mg/kg suhe tvari). Ukupna antioksidativna aktivnost najmanja je kod smrznutih borovnica tijekom mjesec dana, dok nije bilo značajne razlike među svježim i smrznutim borovnicama tijekom tri mjeseca. Potonji podatak pokazuje kako antioksidativna aktivnost ne ovisi isključivo o antocijanima budući da je kod borovnica s najmanjom antioksidativnom aktivnošću prisutna najveća koncentracija antocijana.

Maline (*Rubus idaeus* L.) bogat su izvor elaginske kiseline, fenola i antocijana. Upravo zbog njihovih snažnih antioksidacijskih svojstava i pogodnosti za zdravlje De Ancos i suradnici (2000) obavili su istraživanje s ciljem određivanja učinka smrzavanja na ovo voće. Korištena su četiri kultivara (Autumn Bliss, Heritage, Rubi i Zeva) te su uzeti svježi uzorci i uzorci zamrznuti tekućim dušikom na  $-80^{\circ}\text{C}$  u vremenu od 15 minuta. Potom su ti isti uzorci spremljeni na  $-20^{\circ}\text{C}$  tijekom 12 mjeseci. Analiza se vršila nultog, 30, 90, 180, 270 i 365 dana. Sadržaj elaginske kiseline se nakon smrzavanja tijekom kontinuiranog smrzavanja smanjuje. Veće razlike prisutne su kod Zeve i Heritage, dok kod preostala dva kultivara taj postotak je manji. Bez obzira na postotak smanjenja, dokazano je kako se dužim skladištenjem na  $-20^{\circ}\text{C}$  količina elaginske kiseline smanjuje (De Ancos i sur., 2000). Ukupna količina fenola ovisi o dobu berbe i ne razlikuje se značajno kod svježim i smrznutih malina. Tako se ukupna količina fenola smrzavanjem smanjuje u odnosu na svježe, a razlike među sortama su minimalne. Neznatno povećana količina fenola uočena je kod Zeve i Autumn Bliss i od 5-12%. Što se tiče askorbinske kiseline, svježe maline imaju slične količine iste, no promjene su vidljive smrzavanjem. Smrzavanjem tekućim dušikom zadržava se i povećava askorbinska kiselina u odnosu na svježe uzorke (De Ancos i sur., 2000). Autumn Bliss nema nekakvih značajnijih razlika, dok je porast dobro uočljiv kod Heritage (12%).

Osim tradicionalnog smrzavanja, nova tehnika koja se koristi je dehidrosmrzavanje. Riječ je o tehnici koja ujedno koristi jedan korak djelomične dehidracije prije samog smrzavanja. Cilj ovakvog postupka je smanjenje oštećenja tkiva kako bi se sačuvala antioksidativna svojstva i bioaktivne tvari. Smrzavanje je vršeno na  $-31^{\circ}\text{C}$ , a ananas je korišten kao voće (Shi i sur., 2008). Istraživanje je dokazalo kako osmotska dehidracija korištena prije samog smrzavanja smanjuje količine askorbinske kiseline znatno više nego što bi bio gubitak normalnim smrzavanjem.

#### 2.2.4. Dehidracija voća

Osmotska je dehidracija primjer vrlo korisnog predtretmana voća kod kojeg dolazi do očuvanja prehrambenih, strukturalnih i funkcionalnih svojstava voća kao što su boja, okus, askorbinska kiselina i tekstura (Torreggiani i Bertolo, 2001). Na ovaj način, voće zadržava prvotni oblik, boju i veliki postotak vlažnosti voća. Voće se stavlja u sirup koji služi za izvlačenje vode iz stanica i kisika iz tkiva (Jongen i Meulenber, 2002). Najčešća osmotska otapala su saharoza, laktoza, glicerol, natrijev klorid i etanol. Sva otapala imaju svoje prednosti, no šećer najviše zadržava slatki okus voća, etanol sprječava rast patogena koji uzrokuju brzo kvarenje, dok glicerol zadržava teksturu. Provedena su brojna istraživanja upravo na temu osmotske dehidracije i dokazana je njezina višestruka učinkovitost (Osorio i sur., 2007). Dehidracijom dolazi do promjene topljivog pektina kao i promjene u strukturi stanične stijenke i drugih staničnih dijelova (Slika 2.).



Slika 2. Fotomikrografski prikaz jagode prije procesiranja (F) i utjecaj osmotske dehidracija nakon 1.(O1), 2.(O2) i 4.(O4) sata (Torreggiani i Bertolo, 2001)

Osorio i suradnici (2007) utvrdili su kako otopine korištene prilikom osmotske dehidracije sadrže pigmente i spojeve iz voća te mogu poslužiti kao prirodni dodaci u prehrani, farmaceutskoj ili kozmetičkoj industriji.

### 3. ZAKLJUČAK

Pod pojmom procesiranja podrazumijevamo niz postupaka kojim utječemo na svojstva i kvalitetu voća. Imaju važnu ulogu u očuvanju brojnih svojstava kao i u produljenju roka trajanja voća. Neki od načina procesiranja su proizvodnja voćnih sokova, proizvodnja džemova, smrzavanje voća, odnosno djelovanje niskim temperaturama te osmotska dehidracija i ultrazvučno tretiranje kao oblici predtretmana. Antioksidacijski spojevi se mogu nalaziti u različitim tkivima što ovisi o vrsti voća te se njihov sadržaj i kvalitativni sastav može mijenjati ovisno o stupnju zrelosti plodova, o okolišnim čimbenicima kao što su intenzitet svjetlosti ili količina vlage te u konačnici o samom načinu procesiranja.



#### 4.LITERATURA

Ali Sahari M, Mohsen Boostani F, Zohreh Hamidi E. 2004. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *Food Chem* 86: 357-363.

Bachmann J, Earles R. 2000. Postharvest handling of fruits and vegetables. *ATTRA Horticulture Tehnical Note*, 19pp.

Da Silva Pinto M, Lajolo FM, Genovese MI. 2007. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Strawberry Jams. *Plant Foods Hum Nutr* 62: 127-131.

De Ancos B, Gonzales EM, Pilar Cano M. 2000. Ellagic Acid, Vitamin C, and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit. *J Agric Food Chem* 48: 4565-4570.

Đukić M. 2008. Oksidativni stres - slobodni radikali, prooksidansi i antioksidansi. Vulkan, Beograd, 252 pp.

Engelmeier D, Hadacek F. 2006. *Antifungal Natural Products: As says and Applications*. U *Advances in Phytomedicine Series Vol.3*. Elsevier, Amsterdam, 423-467.

Fernandes FAN, Gallão MI, Rodrigues S. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Eng* 90: 186-190.

Gardner PT, White TAC, McPhail DB, Duthie GG. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chem* 68: 471-474.

Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA. 2000. Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Processing. *J Agric Food Chem* 48: 4581-4589.

Jongen WMF, Meulenber MTG. 2002. Innovation in agri-Food systems. Wageningen academic Publishers, P.O. Box 220, NL-6700, AE Wageningen, The Netherlands, 400pp

Kim DO, Padilla-Zakour OI. 2004. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum and raspberry. *J Food Sci* 69: 395-400.

Lohachoompol V, Srzednicki G, Craske J. 2004. The Change of Total Anthocyanins in Blueberries and Their Antioxidant Effect After Drying and Freezing. *J Biomed Biotechnol* 5: 248-252.

Miller NJ, Rice-Evans CA. 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. *Food Chem* 3: 331-337.

Osorio C, Franco MS, Castaño MP, González-Miret ML, Heredia FJ, Morales AL. 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innov. food sci. & emerg. technol* 8: 353-359.

Oszmiański J, Wojdyło A. 2009. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *Eur Food Res Technol* 228: 623-631.

Rastija V. 2007. Kromatografska analiza polifenola u vinima iz Hrvatske, doktorska disertacija, PMF Zagreb, 223 pp.

Rice-Evans CA., Miller NJ., Paganga G. 1995. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med* 20: 933-956.

Shi J, Pan Z, McHugh TH, Wood D, Hirschberg E, Olson D. 2008. Drying and quality characteristics of fresh and sugar-infused blueberries dried with infrared radiation heating. *Lwt-food sci technol* 41: 1962-1972.

Szeto YT, Tomlinson B, Benzie IFF. 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *Br J Nutr* 87: 55-59.

Šavikin K, Zdunić G, Janković T, Tasić S, Menković N, Stević T, Đorđević B. 2009. Phenolic Content and Radical Scavenging Capacity of Berries and Related Jams from Certificated Area in Serbia. *Plant Foods Hum Nutr* 64: 212-217.

Torreggiani D, Bertolo G. 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effect. *Journal of Food Eng* 49: 274-253.

Zafrilla P, Ferreres F, Tomás-Barberán FA. 2001. Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. *J Agric Food Chem* 49: 3651-3655.

WEB 1: [http://ipa-marasca.com/downloads/dat\\_en27.pdf](http://ipa-marasca.com/downloads/dat_en27.pdf)

WEB 2: <http://www.antioksidansi.rs/punicaprot.html>