

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ODJEL ZA BIOLOGIJU

Preddiplomski znanstveni studij biologije

Magdalena Matić

UTJECAJ RAZLIČITIH NAČINA SKLADIŠTENJA NA  
ANTIOKSIDACIJSKU AKTIVNOST U VOĆU

Završni rad

Mentor: doc.dr.sc. Ivna Štolfa

Osijek, 2015.

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**

**Odjel za biologiju**

**Završni rad**

**Preddiplomski sveučilišni studij Biologija**

**Znanstveno područje: Prirodne znanosti**

**Znanstveno polje: Biologija**

**UTJECAJ RAZLIČITIH NAČINA SKLADIŠTENJA NA ANTIOKSIDACIJSKU  
AKTIVNOST U VOĆU**

Magdalena Matić

**Mentor: Dr. sc. Ivna Štolfa, doc.**

**Kratak sažetak završnog rada:**

Voće je važan izvor prirodnih antioksidansa koji blagotvorno djeluju na ljudsko zdravlje. Fenolni spojevi i askorbinska kiselina značajno doprinose antioksidacijskoj aktivnosti voća. Kvaliteta i nutritivna vrijednost voća smanjuje se tijekom skladištenja, no različiti tretmani kao što su otopina salicilne kiseline, ozon, metil-jasmonat i UV-C zračenje mogu očuvati kvalitetu voća i antioksidacijsku aktivnost.

**Broj stranica: 12**

**Broj slika: 9**

**Broj tablica: 1**

**Broj literaturnih navoda: 26**

**Jezik izvornika: hrvatski**

**Ključne riječi:** voće, skladištenje, askorbinska kiselina, fenolni spojevi, antioksidacijska aktivnost

**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**

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

**Bachelor's thesis**

**Undergraduate university study programme in Biology**

**Scientific Area: Natural science**

**Scientific Field: Biology**

**INFLUENCE OF DIFFERENT POSTHARVEST TREATMENTS ON FRUIT  
ANTIOXIDANT ACTIVITY**

Magdalena Matić

**Supervisor: Dr. sc. Ivna Štolfa, Assist. Prof.**

**Short abstract:** Fruits are very important source of natural antioxidants that has a beneficial effect on the human health. Phenolic compounds and ascorbic acid contribute significantly to the antioxidant activity of fruits. Quality and nutritional value of fruits is reduced during storage, but treatments like salicylic acid, ozone, methyl jasmonate and ultraviolet radiation can preserve quality and antioxidant capacity of fruits.

**Number of pages:** 12

**Number of figures:** 9

**Number of tables:** 1

**Number of references:** 26

**Original in:** Croatian

**Key words:** fruit, storage, ascorbic acid, phenols, antioxidant capacity

**Thesis deposited in** the Library of Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek and in the National university library in Zagreb in electronic form. It is also disposable on the web site of Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Osnovni dio .....	1
2.1. Antioksidacijska aktivnost voća.....	1
2.1.1. Oksidacijski stres.....	1
2.1.2. Antioksidansi u voću .....	1
2.2. Utjecaj različitih tretmana na antioksidacijsku aktivnost u voću tijekom skladištenja.....	6
2.2.2. Tretman ozonom.....	7
2.2.3. Tretman metil-jasmonatom .....	8
2.2.4. Tretman UV-C zračenjem .....	9
3. Zaključak.....	10
4. Literatura .....	11

## 1. Uvod

Uzimajući u obzir zdravu i uravnoteženu prehranu nikako se ne smije izostaviti važnost voća i povrća. Voće je vrlo zdrava namirnica koja osim energetske vrijednosti sadrži i obilje drugih fitonutrijenata koji nisu esencijalni za ljudsko zdravlje, ali pokazuju antioksidacijsko djelovanje u ljudskom organizmu i pružaju zaštitu protiv bolesti, kao što su tumori i kardiovaskularne bolesti (Wang i sur., 1996). Većina antioksidacijskog kapaciteta voća i povrća može se osim vitaminima C i E, te  $\beta$ -karotenu pripisati i velikoj skupini fenolnih spojeva. Poznato je kako se kvaliteta i nutritivna vrijednost voća smanjuje tijekom skladištenja jer je voće izuzetno osjetljivo na okolišne uvjete. Radi održavanja što bolje kvalitete voća danas se teži što prihvatljivijim načinima skladištenja koji će uzeti u obzir fiziološke i biokemijske osobine pojedine vrste voća. Cilj ovog rada je opisati najvažnije antioksidanse u voću te kako različiti tretmani (otopina salicilne kiseline, ozon, metil-jasmonat i UV-C zračenje) utječu na antioksidacijsku aktivnost voća tijekom skladištenja.

## 2. Osnovni dio

### 2.1. Antioksidacijska aktivnost voća

#### 2.1.1. Oksidacijski stres

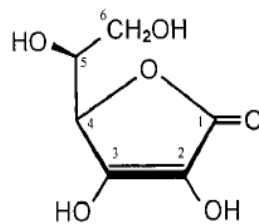
Oksidacijski stres definira se kao pomak ravnoteže u staničnim oksido-redukcijskim reakcijama prema oksidaciji, odnosno to je stanje prekomjernog stvaranja slobodnih radikala kisika što može rezultirati oštećenjem staničnih struktura (Bradamante i Lacković, 2002). Slobodni radikal je atom ili molekula koji ima nespareni elektron u vanjskoj ljusci što ih čini izuzetno reaktivnim. Reaktivne kisikove jedinice (engl. *Reactive Oxygen Species*, ROS) uključujući peroksilni radikal ( $\text{ROO}\cdot$ ), hidroksilni radikal ( $\cdot\text{OH}$ ), superoksidni radikal ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), vodikov peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) i singletni kisik ( $^1\text{O}_2$ ) nastaju kao nusprodukti normalnog staničnog metabolizma (Wang i sur., 2007). Njihova akumulacija u stresnim uvjetima može uzrokovati oksidativna oštećenja lipida, proteina i nukleinskih kiselina, a time i potaknuti smrt stanice (Wang i sur., 2007).

#### 2.1.2. Antioksidansi u voću

Antioksidans je bilo koja tvar koja prisutna u niskoj koncentraciji u odnosu na tvar koja se oksidira, značajno odgađa ili sprječava oksidaciju te tvari (Bradamante i Lacković, 2002). Molekula antioksidansa donira svoj elektron slobodnom radikalu, oksidira se, a pri tome je

manje nestabilna od slobodnog radikala. Najznačajniji antioksidansi u voću su askorbinska kiselina ili vitamin C i polifenoli.

L-askorbinska kiselina je oksolakton sa šest ugljikovih atoma (Slika 1), slična glukozi i ostalim heksozama. U čvrstom je stanju stabilna molekula, ali je kao otopina podložna reverzibilnoj oksidaciji. L-dehidroaskorbinska kiselina (DHA), oksidacijski produkt također pokazuje biološku aktivnost (Lee i Kader, 2000).



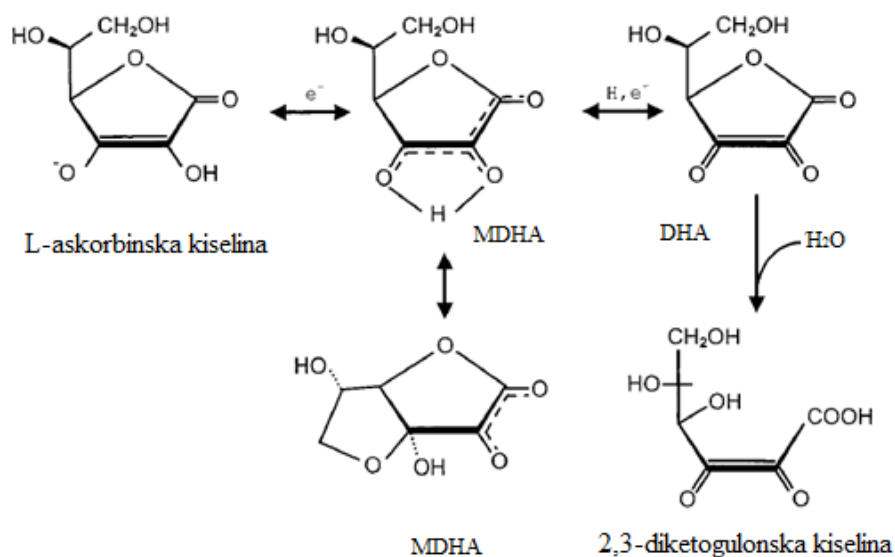
**Slika 1.** Struktura L- askorbinske kiseline

(Davey i sur., 2000).

Davey i suradnici (2000) predložili su mehanizam oksidacije L-askorbinske kiseline (Slika 2). Prvi oksidacijski produkt je monodehidroaskorbatni radikal (MDHA), poznat i kao poludehidroaskorbat ili askorbat slobodni radikal. Dvije molekule MDHA se zatim disproportioniraju do L-askorbinske kiseline i DHA. DHA je u vodenoj otopini nestabilna te hidrolizom ireverzibilno prelazi u 2,3-diketogulonsku kiselinu koja ne pokazuje biološku aktivnost. Stopa oksidacije L-askorbinske kiseline i hidrolize DHA pod utjecajem je čimbenika kao što su koncentracija, temperatura, svjetlo, pH i dr.

Općenito postoje tri glavna tipa biološke aktivnosti L-askorbinske kiseline: kofaktor enzima, hvatač (engl. *scavenger*) slobodnih radikala, donor/akceptor elektrona u elektron-transportnom lancu bilo u plazma membrani ili u kloroplastima (Davey i sur., 2000).

Szeto i suradnici (2002) proveli su istraživanje na nekoliko vrsta voća kako bi odredili ukupnu antioksidacijsku aktivnost i doprinos askorbinske kiseline toj aktivnosti (Tablica 1). Dokazano je kako jagode imaju 10 puta veći antioksidacijski kapacitet od ostalog ispitivanog voća. Šljive, naranče, kivi i grejp imaju visoki antioksidacijski kapacitet iako su šljive vrlo siromašne askorbinskom kiselinom. Jabuke, kruške, grožđe i banane također imaju nisku koncentraciju askorbinske kiseline.



**Slika 2.** Mehanizam oksidacije L-askorbinske kiseline

(Davey i sur., 2000).

**Tablica 1.** Ukupna antioksidacijska aktivnost i sadržaj askorbinske kiseline u vodenom ekstraktu različitog voća (Szeto i sur., 2002).

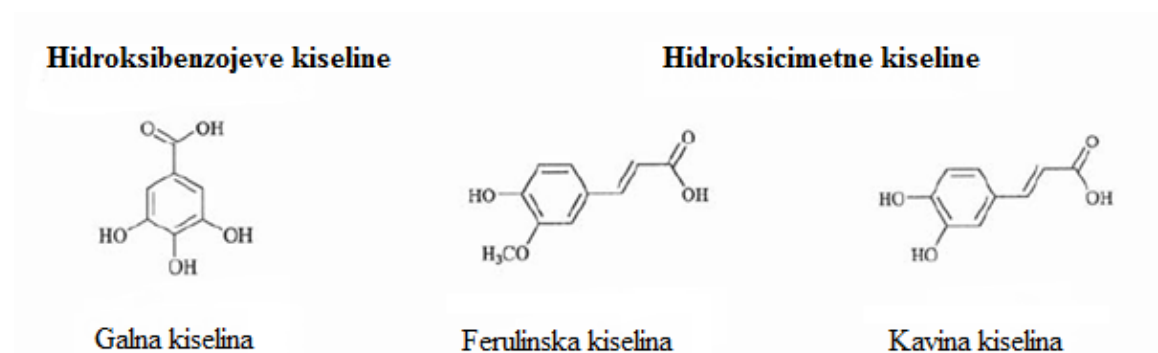
VOĆE	mg/kg svježe tvari
Jagoda	540
Limun	420
Šljiva	10
Naranča	330
Kivi	520
Grejp	390
Persimon	80
Jabuka (zelena)	<50
Jabuka (crvena)	<10
Mandarina	240
Mango	210
Grožđe (zeleno)	20
Grožđe (crveno)	<10
Banana	<10

Lee i suradnici (2000) utvrdili su kako sadržaj askorbinske kiseline nije konstantan u tkivima i različitim sortama jagode. Tako je izmjeren raspon od 19,3 do 71,5 mg askorbinske kiseline/100g svježe tvari u šest sorti jagoda s četiri različita područja. Također, tkivo na

površini ploda ima najveći sadržaj askorbinske kiseline jer štiti plod od stresa uzrokovanog svjetlom i oksidacijom.

Fenolni su spojevi najzastupljeniji sekundarni metaboliti u biljnom carstvu. Danas se sve više istražuju upravo zbog antioksidacijskih svojstava i preventivnog djelovanja na bolesti povezane s oksidacijskim stresom kao što su razni tumori. Biljni polifenoli uključuju fenolne kiseline, flavonoide i tanine, ali i manje uobičajene lignane i stilbene (Dai i Mumper, 2010). Fenolne kiseline (Slika 3) mogu se podijeliti u dvije skupine (Dai i Mumper, 2010):

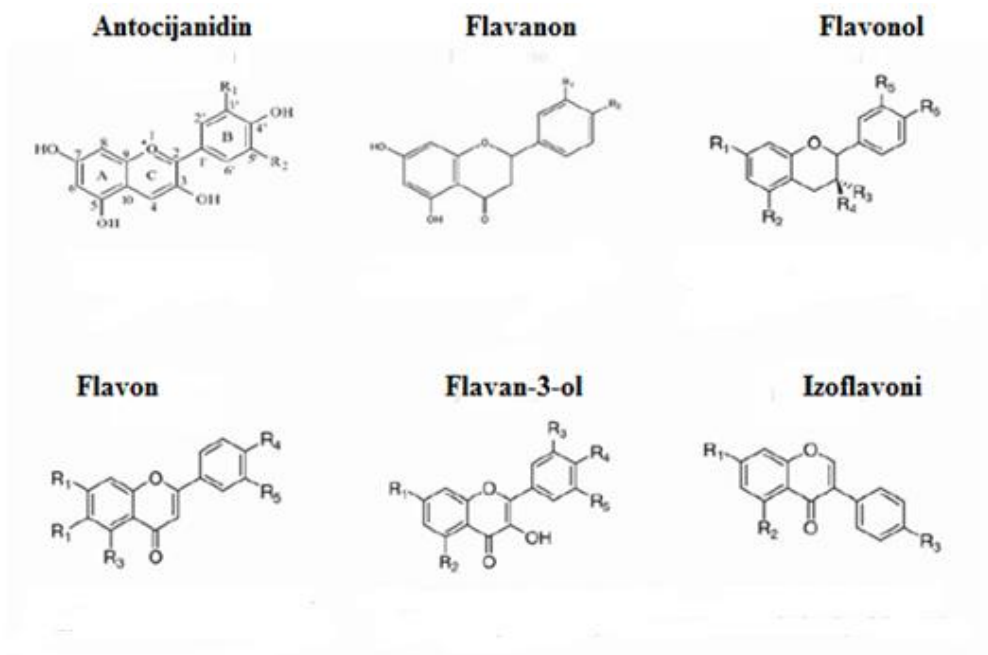
1. derivati benzojeve kiseline (npr. galna kiselina)
2. derivati cimetne kiseline (npr. kumarinska, kavina i ferulinska kiselina).



**Slika 3.** Struktura fenolnih kiselina  
(Dai i Mumper, 2010).

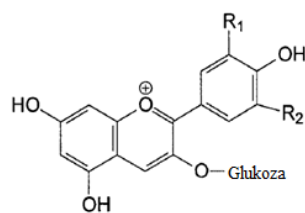
Do danas je opisano više od 6000 različitih flavonoida, a sam broj iz dana u dan raste. Flavonoidi se u biljaka mogu sintetizirati iz aromatskih aminokiselina fenilalanina i tirozina, kao i iz malonata (Pietta, 2000). Osnovna struktura je flavan jezgra, koja sadrži 15 C-atoma raspoređenih u 3 prstena (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>). Prema oksidacijskom stanju središnjeg C-prstena, podijeljeni su u nekoliko skupina: flavonoli, flavoni, flavan-3-oli, izoflavoni, flavanoni i antocijanidini (Slika 4) (Dai i Mumper, 2010). Većina navedenih spojeva u biljaka se javlja u obliku glikozida. Biološka aktivnosti tih spojeva, uključujući antioksidacijsko djelovanje, ovisi podjednako i o strukturnim razlikama i o načinima glikozilacije (Tsao, 2010).





**Slika 4.** Struktura flavonoida  
(Dai i Mumper, 2010).

Antocijanini (grč. *anthos*-cvijeće, *kyanos*-plav) pripadaju skupini flavonoida i jedna su od najvažnijih skupina u vodi topljivih pigmenta koji cvijeću, voću i povrću daju plavu, purpurnu i crvenu boju (web 1). Antocijanini su glikozidi antocijanidina (flavonoida), a njihova nijansa i struktura ovise o pH vrijednosti i prisutnost kopigmenata (Clifford, 2000). Postoji šest osnovnih antocijanidina: cijanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin i malvidin, a najčešće vezani šećeri na osnovni kostur antocijanidina su glukoza, ramnoza, galaktoza i arabinoza.



R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Antocijanin
H	H	Pelargonidin-3-glukozid
OH	H	Cijanidin-3-glukozid
OH	OH	Delphinidin-3-glukozid
OCH <sub>3</sub>	H	Peonidin-3-glukozid
OCH <sub>3</sub>	OH	Petunidin-3-glukozid
OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	Malvidin-3-glukozid

**Slika 5.** Struktura antocijanina  
(Clifford, 2000).

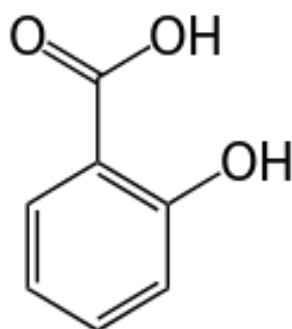
Mnogobrojnim je istraživanjima utvrđeno da bobičasto tamno obojeno voće koje pripada porodicama *Rosaceae* (višnja, kupina, jagoda, malina), *Ericaceae* (borovnice), *Saxifragaceae* (ribiz) sadrži veće količine polifenolnih spojeva od povrća, žitarica i nekih drugih vrsta voća (Halvorsen i sur., 2002). Budući da fenolni spojevi značajno doprinose antioksidacijskoj aktivnosti, ovo voće predstavlja važan izvor prirodnih antioksidansa.

## 2.2. Utjecaj različitih tretmana na antioksidacijsku aktivnost u voću tijekom skladištenja

Kako bi voće tijekom skladištenja zadržalo kvalitetu potrebno je usporiti respiraciju i proizvodnju etilena koji ima vrlo važnu ulogu u starenju i dozrijevanju (web 2). Respiraciju i dozrijevanje nemoguće je zaustaviti, ali se može značajno usporiti prikladnim skladištenjem. Nekoliko se tretmana, kao što su kontrolirana temperatura i atmosfera, toplinska obrada, zračenje te otopina metil-jasmonata i salicilne kiseline, pokazalo učinkovitim u održavanju kvalitete plodova tijekom skladištenja (Wang, 2007).

### 2.2.1. Tretman salicilnom kiselinom

Salicilna kiselina (SA, 2-hidroksibenzojeva kiselina) pripada raznolikoj skupini fenolnih spojeva. Sastoji se od aromatskog prstena s hidroksilnom skupinom ili njezinim funkcionalnim derivatom, a sintetiziraju je biljke (Slika 6). Aspirin, trgovački naziv za acetilsalicilnu kiselinu (ASK) hidrolizom spontano prelazi u salicilnu kiselinu (Popova i sur., 1997). Unatoč činjenici da aspirin nije definiran kao prirodni proizvod brojni ga znanstvenici koriste u svojim istraživanjima jer vanjskom primjenom brzo prelazi u salicilnu kiselinu (Popova i sur., 1997).



**Slika 6.** Struktura salicilne kiseline (web 3).

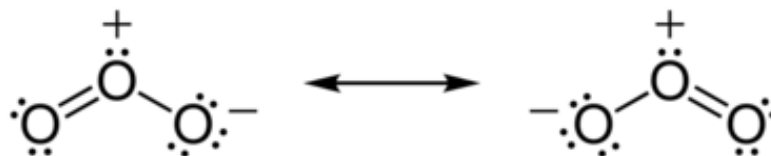
Chan i suradnici (2009) opisali su sintezu salicilne kiseline iz cinamata koji nastaje iz fenilalanin-amonij-lijaze (PAL), a kao neposredni prekursor u sintezi uključen je benzoat. Salicilna kiselina važan je posrednik u obrambenom odgovoru biljaka na patogene. Prvi dokazi o ovoj ulozi dobiveni su tretiranjem listova duhana otopinom aspirina. Kod biljaka je poboljšana

otpornost na virus mozaika duhana (TMV) te smanjen broj i veličina nekrotičnih lezija (Popova i sur., 1997). Salicilna kiselina je endogeni regulator cvjetanja te je uključena u mnoge procese u biljkama uključujući biosintezu lignina, regulaciju odgovora na abiotički stres i otpornost na bolesti (Popova i sur., 1997). Salicilna kiselina prepoznata je kao regulator biljnog rasta jer prilikom vanjske primjene utječe na broje fiziološke procese.

Salicilna kiselina i njezini derivati odgađaju zrenje voća, vjerojatno inhibicijom biosinteze etilena, te tako održavaju kvalitetu plodova nakon berbe (Asgharia i Aghdam, 2010). Asgharia i Aghdam (2010) zaključili su kako primjena salicilne kiseline potiče aktivaciju obrambenih sustava i otpornost na patogene i bolesti koji se javljaju tijekom skladištenja. Dokazano je kako tretman salicilnom kiselinom prije berbe potiče otpornost kruške na patogene i smanjuje razvoj bolesti kod trešnje (Shafiee i sur., 2010). Uz to, salicilna kiselina poboljšava učinke ostalih tretmana kao što su toplinski tretmani, stoga bi kombinacija ovih tretmana mogla dati najbolje rezultate u očuvanju plodova nakon berbe (Asgharia i Aghdam, 2010).

### 2.2.2. Tretman ozonom

Ozon je alotropska modifikacija kisika čija se molekula sastoji od tri atoma kisika i zbog svoje strukture (Slika 7) vrlo je snažan oksidans. Brojna su područja primjene ozona u industriji: dezinfekcija vode i prostorija, uništavanje bakterija na hrani ili na površinama s hranom i dr. Značajne prednosti ozona u vodi su da se brzo razgrađuje na kisik, ne ostavljajući ostatke i ima veću djelotvornost protiv bakterija, virusa i gljivičnih spora za razliku od hipoklorita (Smilanick i sur., 1999).



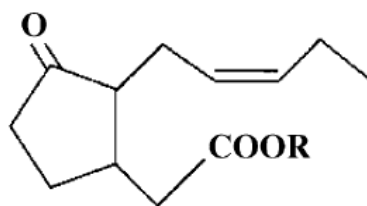
**Slika 7.** Struktura molekule ozona (web 4).

Danas je sve više istraživanja o upotrebi ozona u prehrambenoj industriji prvenstveno kako bi se zadržala kvaliteta i nutritivna vrijednost prehrambenih proizvoda. Ozon se u prehrambenoj industriji preporučuje zbog antimikrobnog djelovanja i za uklanjanje etilena (Skog i Chu, 2001). Ozon ima antimikrobno djelovanje zahvaljujući sposobnosti oksidacije glikolipida, glikoproteina i aminokiselina u stijenkama bakterija što mijenja propusnost i

uzrokuje lizu samnih stanica (Furlan i sur., 2011). Brojna su istraživanja koja preporučuju korištenje ozona kao bi se spriječilo truljenje proizvoda i produžilo razdoblje skladištenja. Jedno od takvih istraživanja proveli su Skog i Chu (2001) koji su pokazali kako tretman ozonom koncentracije  $0,4 \text{ ml L}^{-1}$  značajno smanjuje razinu etilena u skladištima jabuka i krušaka. Furlan i suradnici (2011) proveli su istraživanje na kupini (*Rubus* spp. L.) kako bi odredili utjecaj ozona kao dezinfekcijskog sredstva i njegov utjecaj na boju, sadržaj fenolnih spojeva i antioksidacijsku aktivnost te su utvrdili da ozon nije negativno djelovao na antioksidacijsku aktivnost u kupinama.

### 2.2.3. Tretman metil-jasmonatom

Glavnu ulogu u reakcijama biljaka na abiotički i biotički stres imaju fitohormoni kao što su jasmonska kiselina (JA) i metil-jasmonat (MJ) (Slika 8). Njihova biosinteza započinje s linolenskom kiselinom i odvija se kroz niz stadija uključujući lipooksidaciju, ciklizaciju i  $\beta$ -oksidaciju (Wang i sur., 2008).



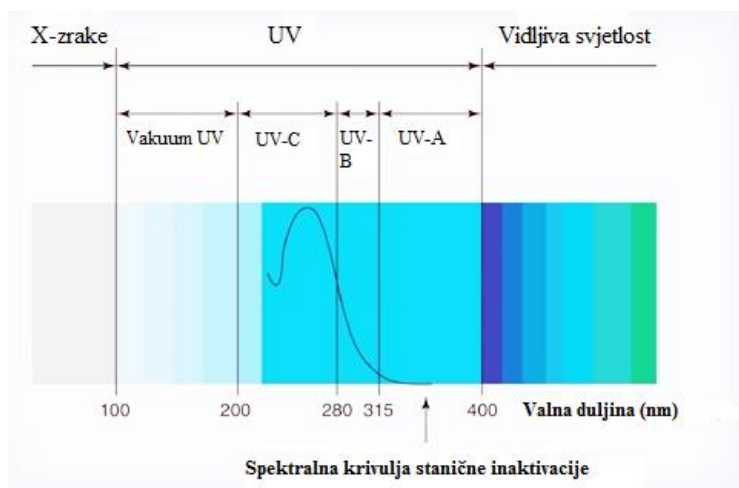
**Slika 8.** Kemijska struktura jasmonata. Jasmonska kiselina (R = H), metil-jasmonat (R = CH<sub>3</sub>) (Wang i sur., 2008).

Jasmonska kiselina i metil-jasmonat su endogeni fitohormoni i elicitori koji imaju ključnu ulogu u rastu biljaka i brojnim fiziološkim i biokemijskim procesima (Wang i sur., 2008). Također, utječu na brojne procese kao što su dozrijevanje, proizvodnja peludi, rast korijena, namatanje vitica i otpornost biljaka na kukce i patogene (Creelman i Mullet, 1997). Pri izloženosti stresnim utjecajima kao što su ranjavanje ili napad patogena, biljka proizvodi jasmonsku kiselinu i metil-jasmonat (Farmer i Ryan, 1990). Metil-jasmonat bilo u obliku pare ili kao emulzija smanjuje mikrobne kontaminacije paprike, sprječava razvoj zelene plijesni kod grejpa i kontrolira razvoj sive plijesni kod ruža (Lolaei i sur., 2013). Također, dokazano je da stimulira sintezu sekundarnih metabolita kao što su stilben u lišću i bobicama vinove loze, antocijanini u sadnicama soje, izdancima breskve te plodovima jabuke i jagode (Wang i sur., 2007). Lolaei i suradnici (2013) utvrdili su kako je tretman metil-jasmonatom značajno

poboljšao ukupan sadržaj antocijanina i vitamina C u jagodama. Također, povećanje koncentracije metil-jasmonata od 0.25 do 1 Mm rezultiralo je povećanjem antioksidacijskog kapaciteta. Voće tretirano metil-jasmonatom kasnije propada, a stupanj dozrijevanja u reverznom je odnosu s koncentracijom metil-jasmonata. Kod kupina (*Rubus* sp.) tretiranih metil-jasmonatom došlo je do značajnog povećanja ukupnog sadržaja antocijanina i fenolnih spojeva te antioksidacijske aktivnosti (Wang i sur., 2008).

#### 2.2.4. Tretman UV-C zračenjem

Ultraljubičasto (UV) zračenje je elektromagnetsko zračenje s valnom duljinom (100-400 nm) manjom od vidljive svjetlosti (400-700 nm), a većom od X-zraka (<100 nm). UV zračenje podijeljeno je u četiri odvojena područja spektra, uključujući UV vakuum (100-200nm), UV-C (200-280 nm), UV-B (280-315 nm) i UV-A (315-400 nm) (Slika 9) (Dai i sur., 2012). UV-C zračenje ima antimikrobna svojstva, a sam antimikrobni mehanizam uključuje oštećenje genetskog materijala ili nukleinskih kiselina virusa (Dai i sur., 2012). Smrtonosni, germicidan učinak kratkovalnog ultraljubičastog zračenja (UV-C)(200-280 nm) odavno se koristi kao učinkovita metoda za dezinfekciju vode te dezinfekciju površina i ambalaže u prehrambenoj industriji (Allothman i sur., 2009).



**Slika 9.** Spektar ultraljubičastog zračenja

(Dai i sur., 2012)

Erkan i suradnici (2008) ispitali su djelovanje tri UV-C zračenja u različitom trajanju (1, 5 i 10 minuta) i jačinama (0,43, 2,15 i 4,30 kJ m<sup>-2</sup>) na antioksidacijski kapacitet, aktivnost antioksidacijskih enzima i stopu propadanja jagoda. Dokazano je kako su svi tretmani povećali antioksidacijski kapacitet i enzimske aktivnosti te značajno smanjili propadanje jagoda tijekom

skladištenja na 10°C pri čemu su UV-C zračenja u trajanju od 5 i 10 min pokazala najbolje rezultate. Smanjena stopa propadanja vjerojatno je posljedica izravne inhibicije rasta mikroba pod UV-C osvjetljenjem. Također, različite vrste stresa, kao što su osvjetljenje UV-C zrakama mogu aktivirati obrambeni odgovor u voću i na taj način smanjiti kolonizaciju patogena (Erkan i sur., 2008). Nadalje, sve su jačine UV-C zračenja povećale sadržaj fenola i antocijanina u jagodama.

### **3. Zaključak**

Voće je bogat izvor fenolnih spojeva i askorbinske kiseline koji u ljudskom organizmu djeluju kao važni antioksidansi. Redovita i pravilna konzumacija voća osigurava djelotvornu zaštitu od brojnih bolesti. Kvaliteta i nutritivna vrijednost voća smanjuje se tijekom skladištenja, no različiti tretmani mogu očuvati kvalitetu voća i antioksidacijsku aktivnost. Svi opisani tretmani (salicilna kiselina, ozon, metil jasmonat i UV-C zračenje) pozitivno su djelovali na kvalitetu voća tijekom skladištenja što se očitovalo u održavanju visokih koncentracija fenolnih spojeva i askorbinske kiseline.

#### 4. Literatura

- Alothman M, Bhat R, Karim AA. 2009. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innov food sci emerg technol* 10: 512-516.
- Asgharia M, Aghdam MS. 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends Food Sci Tech* 21: 502-509.
- Bradamante V, Lacković Z. 2002. *Oksidativni stres i djelotvornost antioksidansa*. Medicinska naklada, Zagreb, 120 pp.
- Chen Z, Zheng Z, Huang j, Lai Z, Fan B. 2009. Biosynthesis of salicylic acid in plants. *Plant Signal Behav* 4(6): 493-496.
- Clifford MN. 2000. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden. *J Sci Food Agric* 80: 1063-1072.
- Creelman RA, Mullet JE. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 48: 355-81.
- Dai J, Mumper RJ. 2010. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules* 15: 7313-7352.
- Dai T, Vrahas MS, Murray CK, Hamblin MR. 2012. Ultraviolet C irradiation: an alternative antimicrobial approach to localized infections. *Expert Rev Anti Infect Ther* 10(2): 185-195.
- Davey MW, Van Montagu M, Inze D, Sanmartin M, Kanellis A, Smirnoff N, Benzie IJJ, Strain JJ, Favell D, Fletcher J. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J Sci Food Agric* 80: 825-860.
- Erkan M, Wang SY, Wang CY. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biol Tec* 48: 163-171.
- Farmer EE, Ryan CA. 1990. Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. *Proc Natl Acad Sci* 87: 7713-7716.
- Furlan VJM, Corrêa APA, Carbonera N, Espírito Santo MLP, Zambiasi RC and Luvielmo M. 2011. Total Phenols, Antioxidant Activity and Microbiological Quality of Ozone Sanitized Blackberry (*Rubus spp.* L.). *Adv J Food Sci Technol* 3(6): 436-441.
- Halvorsen BL, Holte K, Myhrstad MCW, Barikmo I, Hvattum E, Remberg SF, Wold A, Haffner K, Baugerød H, Andersen LF, Moskaug JØ, Jacobs DR, Blomhoff R. 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J Nutr* 132: 461-471.
- Lee SK, Kader AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol Tech* 20: 207-220.
- Lolaei A, Zamani S, Ahmadian E, Mobasheri S. 2013. Effect of Methyl Jasmonate on the Composition of Yield and Growth of Strawberry (Selva and Queen Elisa). *Intl J Agri Crop Sci* 5 (3): 200-206.

- Pietta PG. 2000. Flavonoids as Antioxidants. *J Nat Prod* 63: 1035-1042.
- Popova L, Pancheva T, Uzunova A. 1997. Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. *Bulg J Plant Physiol* 23(1-2): 85-93.
- Shafiee M, Taghavi TS, Babalar M. 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Sci Hort* 124: 40-45.
- Skog LJ, Chu CL. 2001. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Can J Plant Sci* 81: 773-778.
- Smilanick JL, Crisosto C, Mlikota F. 1999. Postharvest Use of Ozone on Fresh Fruit. *Perishables Handling Quarterly Issue* 99: 10-14.
- 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.
- Tsao R. 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. *Nutrients* 2: 1231-1246.
- Wang H, Cao G, Prior RL. 1996. Total Antioxidant Capacity of Fruits. *J Agric Food Chem* 44: 701-705.
- Wang SY. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of berry fruits as affected by genotype, preharvest conditions, maturity, and postharvest handling. U: Berry fruits. CRC Press 147-186 pp.
- Wang SY, Lewers KS, Bowman L, Ding M. 2007. Antioxidant Activities and Anticancer Cell Proliferation Properties of Wild Strawberries. *J Amer Soc Hort Sci* 132(5): 647-658.
- Wang SY, Bowman L, Ding M. 2008. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. *Food Chemistry* 107: 1261-1269.

## Web izvori

- Web 1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthocyanin> preuzeto: 11.9.2015.
- Web 2. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/rezimi-cuvanja-voca-i-povrca-u-komorama-sa-kontroliranom-atmosferom> preuzeto: 16.9.2015.
- Web 3. [https://bs.wikipedia.org/wiki/Salicilna\\_kiselina](https://bs.wikipedia.org/wiki/Salicilna_kiselina) preuzeto: 11.9.2015.
- Web 4. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ozon> preuzeto: 14.9.2015.



