

Utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na antioksidacijske pokazatelje u plodu jabuke sorte Idared

Nuić, Jasminka

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:181:931391>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički

Jasminka Nuić

**Utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na antioksidacijske
pokazatelje u plodu jabuke sorte Idared**

Diplomski rad

Osijek, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

**UTJECAJ REFLEKTIRAJUĆE FOLIJE I SKLADIŠTENJA NA ANTIOKSIDACIJSKE POKAZATELJE U
PLODU JABUKE SORTE IDARED**

Jasminka Nuić

Rad je izrađen: u Laboratoriju za biokemiju na Odjelu za biologiju Sveučilišta u Osijeku

Mentor: dr.sc.Ivna Štolfa Čamagajevac, docent

Komentor: dr.sc. Zorana Katanić, docent

Kratki sadržaj diplomskog rada: Dosadašnja istraživanja provedena na različitim sortama jabuka pokazala su da upotreba reflektirajućih materijala pozitivno utječe na antioksidativna svojstva ploda jabuke nakon berbe i skladištenja u određenim kontroliranim uvjetima. Cilj ovog istraživanja je bio ispitati utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na antioksidacijske pokazatelje u plodu jabuke sorte Idared: sadržaj ukupnih topivih fenola, antocijana i ukupnu antioksidacijsku aktivnost u pokožici ploda jabuke te sadržaj askorbinske kiseline u tkivu ploda. Korištenje reflektirajuće polietilenske metalizirane folije tijekom dozrijevanja plodova jabuka sorte Idared imalo je pozitivan učinak na sadržaj antocijana u pokožici ploda jabuka nakon branja i nakon skladištenja, dok nije imao značajan učinak na sadržaj polifenola i askorbinske kiseline te na ukupnu antioksidacijsku aktivnost. Pozitivan učinak reflektirajuće folije, kao jedne od pristupačnih agrotehničkih metoda u voćnjaku, na sadržaj antocijana nakon berbe i nakon skladištenja jabuka u konačnici omogućuje dobivanje kvalitetnijeg ploda koji je konkurentniji na tržištu.

Broj stranica:50

Broj slika:6

Broj literaturnih navoda:109

Broj priloga:1

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi:reflektirajuća folija, skladištenje, antioksidacijski pokazatelji, jabuke

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr.sc. Selma Mlinarić, docent
2. Dr.sc. Zorana Katanić, docent
3. Dr.sc. Irena Labak, docent
4. Dr.sc. Ljiljana Krstin, docent

Rad je pohranjen: na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

BASIC DOCUMENTATION CARD**Master Thesis****Josip Juraj Strossmayer University of Osijek****Department of Biology****Graduate university study programme in Biology and Chemistry Education****Scientific area:** Natural science**Scientific Field:** Biology**THE IMPACT OF REFLECTIVE FOIL AND STORAGE ON THE ANTIOXIDATIVE INDICATORS IN THE FRUIT OF APPLE CV. IDARED****Jasminka Nuić****Thesis performed at:** Laboratory for Biochemistry, Department of Biology University of Osijek**Supervisor:** Ivna Štolfa Čamagajevac, assistant professor**Cosupervisor:** Zorana Katanić, assistant professor

Short abstract: Previous studies conducted on different apple cultivars have shown that the use of reflective foil has a positive effect on the antioxidant properties of apple fruit after harvest and storage under controlled conditions. The aim of this study was to investigate the effect of reflective foil and storage on the antioxidative indicators in the fruit of the apple cv. Idared: the content of total soluble phenols, anthocyanins and total antioxidant activity in the cuticle of the apple fruit and the content of ascorbic acid in the tissue of the fruit. The use of reflective polyethylene metallized foils during the ripening of the apple fruits cv. Idared had a positive effect on the anthocyanin content in the apple fruit after harvesting and after storage, while it had no significant effect on the polyphenol and ascorbic acid content and on the overall antioxidant activity. The positive effect of reflective foil, as one of the affordable agrotechnical methods in the pomiculture, on the anthocyanin content after harvesting and after storage, enables the production of better quality fruit that is more competitive on the market.

Number of pages: 50**Number of figures:** 6**Number of references:** 109**Original in:** Croatian**Keywords:** reflective foil, storage, antioxidant indicators, apples**Date of thesis defence:****Reviewers:**

1. Ph.D. Selma Mlinarić, docent
2. Ph.D. Zorana Katanić, docent
3. Ph.D. Irena Labak, docent
4. Ph.D. Ljiljana Krstin, docent

Thesis deposited: on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb.

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc.dr.sc. Ivni Štolfi Čamagajevac koja mi je svojim stručnim i znanstvenim savjetima pomogla u izradi ovog diplomskog rada te na ukazanom povjerenju, prijateljskoj podršci i iznimnoj suradnji tijekom izrade rada.

Isto tako, zahvaljujem komentorici doc. dr.sc. Zorani Katanić na pruženoj pomoći i dostupnosti pri izradi ovog rada.

Također, zahvaljujem prof.dr.sc. Aleksandru Stanisavljeviću s Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek na ustupanju postavljenog eksperimenta za izradu ovog diplomskog rada.

Zahvala svim profesorima i ostalim djelatnicima Odjela za biologiju na susretljivosti i pruženoj pomoći tijekom studiranja. Posebna zahvala Vedrani Aračić na nesebičnoj pomoći i susretljivosti.

Veliko hvala mojoj obitelji, suprugu Vladi, kćeri Eli i sinu Luki koji su mi bili najveća podrška tijekom studiranja.

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
1.1.	Proizvodnja najzastupljenijih sorti jabuka u Republici Hrvatskoj.....	1
1.2.	Ekološki uvjeti koji utječu na uzgoj jabuke	2
1.3.	Utjecaj reflektirajuće folije na kvalitetu plodova jabuke	4
1.4.	Utjecaj skladištenja na kvalitetu plodova jabuke	6
1.5.	Antioksidansi u jabuci	8
1.6.	Cilj istraživanja	11
2.	MATERIJALI I METODE	12
2.1.	Sorta u pokusu	12
2.2.	Postavljanje pokusa i tretmani	13
2.3.	Priprema jabuka za analizu	13
2.4.	Određivanje ukupnog sadržaja monomernih antocijanina	13
2.5.	Određivanje ukupnog sadržaja vitamina C	14
2.6.	Određivanje ukupnog sadržaja polifenola	14
2.7.	Određivanje ukupne antioksidacijske aktivnosti	15
2.8.	Statistička obrada podataka	15

3.	REZULTATI	16
3.1.	Utjecaj primjene folije i skladištenja na ukupni sadržaj antocijana	16
3.2.	Utjecaj primjene folije i skladištenja na ukupni sadržaj askrobinske kiseline	17
3.3.	Utjecaj primjene folije i skladištenja na sadržaj ukupnih topljivih polifenola	18
3.4.	Utjecaj primjene folije i skladištenja na ukupnu antioksidacijsku aktivnost	19
4.	RASPRAVA	20
5.	ZAKLJUČCI	25
6.	LITERATURA	26
7.	PRILOZI	39
7.1.	Prilog 1. Metodčki dio	39

1. UVOD

Proizvodnja jabuka u EU 2017. godine iznosila je 10 106 442 tone na površini od 526 302 hektara. Među deset najboljih proizvođača Poljska prednjači u proizvodnji jabuka, zatim slijede Italija, Francuska, Njemačka, Španjolska, Mađarska, Rumunjska, Austrija, Nizozemska i Portugal (prema podacima iz FAO-a 2019. godine (WEB 1)).

1.1. Proizvodnja najzastupljenijih sorti jabuka u Republici Hrvatskoj

Prema ukupnoj svjetskoj proizvodnji voća, jabuka zauzima treće mjesto, odmah iza banana i grožđa (WEB 2). U Hrvatskoj jabuka je najvažnija voćarska vrsta koja zauzima 22% ukupnih površina pod voćem i 36% ukupne proizvodnje voća. Uzgaja se u kontinentalnom i mediteranskom dijelu Hrvatske (Čagalj i Strikić, 2017).

Proizvodnja jabuka u Hrvatskoj 2016. godine iznosila je 44 781 tonu, a 2017. godine 56 570 tona (DZS, 2018). Postoje velike oscilacije u proizvodnji domaćih jabuka zbog klimatskih utjecaja (temperature, oborine, vjetrovi, vlaga, elementarne nepogode), što je najbolje vidljivo iz podataka u klimatološki nepogodnoj 2012. godini kada je proizvedeno 37 414 tona jabuka. U 2013. godini proizvedeno je 121 738 tona, a u 2015. godini 96 182 tone (Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2017).

Najzastupljenije sorte jabuka u Hrvatskoj su Idared, Zlatni Delišes, Golden Spur, Jonagold, Granny Smith, Gala, Florina, Braeburn (DZS, 2016). Na domaćem tržištu, najzastupljenije su jabuke proizvedene na području Zagrebačke županije, Međimurja te Slavonije.

Obzirom da se u Hrvatskoj ne proizvede dovoljna količina jabuka, velika količina ih se uvozi. Jabuke se najčešće uvoze iz Poljske, Italije, Austrije i Slovenije, a najviše ih se uveze u razdoblju od 21. veljače do 14. rujna što je uzrokovano smanjenom ponudom domaćih jabuka u tom periodu. Razlog je ograničena mogućnost skladištenja, sortiranja i pakiranja jabuka (Črep, 2010).

1.2. Ekološki uvjeti koji utječu na uzgoj jabuke

Ekološki uvjeti obuhvaćaju prirodne čimbenike koji djeluju na rast i razvoj voćaka. Najvažniji čimbenici u proizvodnji voća su klima, položaj, tlo i čovjek (Brzica, 1991). Ekološki su uvjeti u voćarstvu osnovna smjernica koja upućuje na to može li se u određenom proizvodnom području intenzivno uzgajati određena voćna vrsta (Krpina i sur., 2004). Visoki i redoviti urodi plodova dobre kvalitete mogu se očekivati samo ako je izbor sorti napravljen u skladu s postojećim uvjetima okoliša (Keserović i sur., 2013). Pouzdana ocjena prikladnosti ekoloških uvjeta (klimatski čimbenici, kakvoća tla i reljefni položaj) nekog područja za uspješan uzgoj jabuka dobije se iscrpnim proučavanjem klimatskih elemenata: njihov povoljan ili štetan utjecaj na rast i rodnost jabuke, utjecaj svakog klimatskog elementa pojedinačno (temperature, insolacije, oborina, relativne vlažnosti zraka, vjetrova, tuče) i višestruki utjecaj dvaju ili više tih elemenata u pozitivnom ili negativnom smislu (Krpina i sur., 2004). Klimatski faktori koji najviše utječu na vegetativni razvoj i rodnost voćaka su svjetlost, temperatura, oborine i vjetar (Keserović i sur., 2013).

Jabuci odgovara srednja godišnja temperatura zraka 8 – 12 °C (Mišić, 1978) i prosječne temperature zraka u vegetaciji 14,5 – 19,5°C (Adamič, 1980; Krpina i sur., 2004). Bez težih posljedica podnosi vrlo niske temperature zraka od -25 do -28°C u vrijeme dubokog zimskog mirovanja. Za uspješno okončanje fiziološkog mirovanja jabuka treba nakupiti 2 300 – 3 680 sati fiziološki negativnih temperatura zraka ispod 7°C (Štampar, 1966; Krpina i sur., 2004), a početak cvatnje jabuke u sjeverozapadnoj Hrvatskoj nastupa kod temperatura 11-16-18°C (Miljković, 1991). Temperatura utječe na intenzitet važnih fizioloških procesa (fotosinteza, disanje, transpiracija itd.) i na fenofazu voćaka (pupanje, cvjetanje, listanje, oprašivanje, oplođivanje, porast mladica, razvitak plodova, itd). Visoke temperature tijekom ljeta uzrokuju velika oštećenja (ožegotine) na plodovima jabuke, listovima i mladica. Otpornost prema niskim temperaturama ovisi o sorti. Cvjetni pupoljci jabuke otporniji su na mraz u odnosu na druge voćne vrste (Keserović i sur., 2013).

Kako bi se voćkama omogućila dovoljna količina svjetla prilikom podizanja nasada mora se paziti na položaj, ekspoziciju terena, pravac pružanja redova, sustav uzgoja, uzgojni oblik i rezidbu. U uvjetima nedovoljne osvjetljenosti listovi su blijedozelene boje,

sitniji, a plodovi su sitniji i slabije obojeni (Keserović i sur., 2013). Količina svjetla koja pada na površinu jabuka od svih vanjskih uvjeta ima najveći utjecaj na sintezu antocijana u plodovima jabuke (Ritenour i Khemira, 1997). U nezrelom voću sinteza antocijana je potisnuta zbog endogenih regulatora rasta, giberelinske kiseline (GA) (Saure, 1990). Na obojanost ploda utječe i intenzitet svjetla (Creasy, 1968), posebno UV svjetlo (Chalmers i Faragher, 1977). Svjetlost i temperatura imaju najveći utjecaj na ukupnu koncentraciju askorbinske kiseline u plodovima jabuke (Davey i sur., 2000; 2007; Dumas i sur., 2003). Plodovi jabuke izloženi svjetlu imaju veću koncentraciju antocijana i askorbinske kiseline, otporniji su na biotički i abiotički stres u odnosu na plodove koji su rasli u sjeni (Davey i sur., 2004; 2007).

Jabuka traži ukupnu količinu godišnjih oborina oko 1000 mm, a u vegetaciji oko 500 mm. Jabuka je osjetljiva na tuču u svako doba vegetacije, manje u početku vegetacije kada su plodovi sitniji i lakše im zacjeljuju rane, nego pri svršetku vegetacije kada su krupniji, što ovisi o učestalosti, jačini i trajanju tuče. Pogoduje joj snježni pokrivač u doba velikih hladnoća (Krpina i sur., 2004). Pojava mraza u periodu kretanja vegetacije može nanjeti velike štete vegetativnim i reproduktivnim organima. Proljetni mrazovi kod jabuke uglavnom ne predstavljaju veliki problem, jer jabuka postepeno otvara cvjetove i sve sorte koje se sade na suvremenim plantažama cvjetaju u drugoj polovici travnja do početka svibnja (Keserović i sur., 2013). Uzgoju šteti visoka relativna vlažnost zraka od sredine kolovoza (zbog pojačanog napada bolesti), ali joj pogoduje umjerena relativna vlaga (do 60%) tijekom ljeta zbog smanjenja prekomjerne transpiracije, pogotovo uz vrlo visoke temperature zraka i suhe vjetrove i nešto povišenija relativna vlaga (oko 75%) zbog kvalitetnijeg dozrijevanja plodova (Krpina i sur., 2004).

Blaga zračna strujanja u doba povećane vlažnosti zraka ili jakih ljetnih žega su povoljna za uzgoj jabuka, ali im štete topli i suhi vjetrovi u vrijeme oplodnje, te snažni, rušilački vjetrovi u svako doba vegetacije, osobito u fazi dozrijevanja plodova (Krpina i sur., 2004).

Ilovasta tla su najbolja za jabuku jer imaju pogodan vodni i zračni odnos. Za jabuku su najpogodnija slabo kisela tla čiji je pH 5,5 – 6,0 (Brzica, 1995.). Tlo treba sadržavati oko 3% humusa, 15 mg P₂O₅/100g suhe zemlje i oko 25 mg K₂O (Keserović i sur., 2013). Zadovoljavajuća nadmorska visina terena za uzgoj zimskih jabuka u kontinentalnom

području Hrvatske je između 120 i 600 m. Bolja kakvoća plodova zimskih sorata jabuka postiže se na sjevernim nego na južnim ekspozicijama. Najpogodniji nagib terena bio bi oko 4° jer omogućuje najpovoljniju primjenu slojeva, lako otjecanje površinske vode i suvišne vode tla, dobru osvjetljenost krošnje, dobru regulaciju temperature zraka (zimi za iznimno niskih temperatura, u hladno proljeće u vrijeme cvatnje i ljeti za vrijeme jakih žega), a ne izaziva eroziju tla (Krpina i sur., 2004).

1.3. Utjecaj reflektirajuće folije na kvalitetu plodova jabuke

Postoje različite metode za poboljšanje obojenosti plodova jabuka: kemijske metode (koriste se kemijske tvari: tiocijanat (Tuzet), daminozid (Alar), paklobutrazol (Cultar), Etephon), folijarna primjena kalija, orošavanje plodova, reflektirajući materijali, umjetno osvjetljenje, prekrivanje plodova vrećicama. Etephon i gnojivo Seniphos (SLS) pojačavaju obojenost plodova i koncentraciju flavonoida djelujući na enzime u biosintetskom putu fenola. Etephon je povećao aktivnost enzima halkon-izomeraze (CHI), dok je aktivnost enzima fenilalanin amonij-lijaze (PAL) bila umjerena. Seniphos je povećao aktivnost PAL enzima, a aktivnost CHI enzima bila je umjerena (ZhengHua i sur., 2001).

Kombinirana folijarna primjena kalija i kalcija kod sorti jabuka Red Delicious u uvjetima suhog i toplog ljeta te velikih temperaturnih razlika južnog Irana, značajno povećava težinu ploda, koncentraciju šećera i antocijana (Solhjo i sur., 2017).

Navodnjavanje mikroprskalicama znatno snižava temperaturu u voćnjaku kada se primjenjuje u podne i navečer. Dovodi do povećanja intenziteta crvene boje ploda i koncentracije antocijana. Također ovisno o sezoni, dolazi do povećanja veličine i tvrdoće ploda, te do povećanja koncentracije suhe tvari (Iglesias i sur., 2005).

Danas se u suvremenom voćarstvu koriste različite tehnike za povećanje kvalitete i prinosa, a jedna od njih je i korištenje reflektirajućih folija u cilju postizanja optimalne distribucije svjetla po cijelom nasadu (Iglesias i Alegre, 2009) (Slika 1.).



Slika 1. Reflektirajuća folija (WEB 3)

Materijali s različitim fizikalnim i optičkim svojstvima koriste se kao reflektirajući malčevi ili podloge u proizvodnji jabuka. Reflektirajući malč ili podloga omogućuje biljkama veću iskoristivost Sunčeve energije koju bi inače apsorbiralo tlo (Toye, 1995). Različite studije su pokazale da upotreba reflektirajućih materijala poboljšava količinu, distribuciju i iskoristivost sunčeve svjetlosti unutar krošnji drveća, ali rezultati se razlikuju ovisno o sorti jabuka, reflektirajućim materijalima, vremensko-prostornim faktorima, vegetaciji, geografskom položaju i klimi (Green i sur. 1995; Miller i Green, 2003). Reflektirajući materijali postavljaju se 4 do 6 tjedana prije berbe, napravljeni su od metalizirane plastike, bijele plastike te folije. Osobito su korisni kod korištenja crnih protugradnih mreža čije korištenje može dovesti do slabije kvalitete i obojanosti ploda (Meinhold i sur., 2011). Upotreba reflektirajućih malčeva poboljšava fotosintezu u usjevima, solarni prijenos topline, unos hranjivih sastojaka, očuvanje vlage u tlu, razvoj korijena i cvijeća, razvoj voća, zrelost i obojanost voća, prinos i kontrolu bolesti. U uzgoju jabuka upotreba reflektirajućih malč folija povećava količinu iskorištene svjetlosti, što dovodi do veće obojanosti jabuke, povećanja veličine ploda, te do većeg sadržaja suhe tvari. Ju i suradnici (1999) su pokazali da reflektirajući filmovi povećavaju prodiranje svjetlosti u krošnje nasada jabuke, što dovodi do povećanja koncentracije antocijana u kori ploda (Ju i sur. 1999.). Slične rezultate dobili su Award i sur. (2001) kod sorti Jonagold i Elstar. Razvoj crvene boje u plodu jabuke reguliran je svjetlošću (Lancaster, 1992). Svjetlost inducira aktivnost određenih enzima u plodu, UFGalT (engl. *UDP Galactose: flavonoid-3-o-glucosyltransferaze*) (Saure, 1990; Ju i sur., 1995). Upotreba Extenday reflektirajuće folije u nasadima jabuke sorte Gala povećala je ukupnu relativnu razinu PAR (engl. *photosynthetically active radiation*) unutar gornjeg, središnjeg i donjeg dijela

krošnje, što je pozitivno utjecalo na formiranje pupoljaka, prinos i kvalitetu plodova (Prive, 2008).

Iglesias i Alegre (2009) utvrdili su da upotreba reflektirajućeg filma (Extenday TM i Solarmate TM) učinkovito povećava intenzitet svjetlosti unutar krošnje, povećavajući obojanosti plodova jabuke. Također se povećala fotosintetska aktivnost za 34% korištenjem Solarmate TM filma i 54% upotrebom Extenday TM filma. Primjena folije nije utjecala na čvrstoću, veličinu ploda i sadržaj suhe tvari. Mika i sur. (2007) proveli su istraživanje utjecaja reflektirajuće podloge na osvjetljenje krošnje i na kvalitetu plodova jabuka sorte Pinova, Jonagold i Jonagored u trajanju od 3 godine. Korišten je polipropilenski tekstil prekriven aluminijskom folijom. Rezultati su pokazali bolje osvjetljenje unutar krošnje kod sve tri sorte. Kod sorata Jonagold i Jonagored obojanost ploda bila je prisutna u svim zonama drveta, dok kod sorte Pinova samo u donjoj zoni krošnje. Andris i sur. (1993) su pokazali da korištenje reflektirajuće aluminijske folije i metalizirane polietilenske folije između redova stabala značajno povećava postotak crvene boje plodova bez smanjenja kvalitete ploda u lošim i dobrim uvjetima u voćnjaku. Korištenje reflektirajuće folije na sorti Gala Mondijal značajno je povećalo osvjetljenost krošnje, plodovi brže dozrijevaju, smanjila se koncentracija škroba, plodovi su bili crveniji, a primjena folije nije utjecala na tvrdoću ploda i sadržaj šećera (Overbeck i sur., 2014).

1.4. Utjecaj skladištenja na kvalitetu plodova jabuke

Osim agrotehničkih mjera, značajan učinak na antioksidacijsku aktivnost u plodu imaju način i dužina skladištenja plodova nakon berbe. Bioaktivne komponente mogu se očuvati skladištenjem pri niskim temperaturama, što rezultira visokom nutritivnom kvalitetom plodova jabuke (Golding i sur., 2001; Van der Sluis i sur., 2001).

Priprema jabuka za skladištenje počinje već njihovom pravovremenom berbom. Vrijeme berbe ovisi o sorti, načinu dozrijevanja, namjeni jabuka, podneblju i udaljenost od tržišta. Jabuka dozrijeva i nakon berbe, tijekom transporta ili u skladištu (zato se berba planira 3 – 5 dana prije pune zrelosti ploda). Etilen ubrzava sazrijevanje koje omekšava plodove i uzrokuje skraćivanje vremena skladištenja. Jabuke se pohranjuju u hladnom, tamnom i vlažnom prostoru. Budući da je sastav zraka u takvim skladištima nekontroliran, poznate su kao hladnjače s prirodnom atmosferom (NA, engl. *naturalatmosphere*).

Početak 30-ih godina 20. stoljeća profesor Robert Smock s Cornell University, SAD, razvio je revolucionarnu tehniku pohranjivanja jabuka u kontroliranoj atmosferi (CA, engl. *controlatmosphere*). Kontroliranom se atmosferom usporava disanje jabuka, što posljedično usporava njihovo sazrijevanje. Kontrolirana atmosfera omogućuje produženje pohrane plodova sve do kasnog proljeća. Tijekom 50-ih i 60-ih godina prošlog stoljeća CA skladištenje se proširilo SAD-om i Europom te se nekoliko desetljeća razvilo u ULO (engl. *ultralowoxxygen*) tip skladištenjakod kojeg je smanjena količina kisika na 0,8 – 1,0 %, odnosno CO₂ na 0,5 – 2,0 %. U takvoj se atmosferi određene sorte jabuka mogu skladištiti čak 12 mjeseci. Dinamički kontrolirana atmosfera (DCA) je tehnika skladištenja najzastupljenija od svih danas poznatih tehnologija. Podrazumijeva skladištenje voća u promjenjivoj koncentraciji kisika i ugljikovog dioksida koja se prilagođava potrebama skladištenog voća. Komore za dinamičnu atmosferu trebaju zadovoljavati održavanje temperature, tlaka i relativne vlažnosti uz vrlo mala regulacijska odstupanja od zadanog stanja. Uspostavljanje i održavanje odgovarajuće koncentracije O₂, CO₂ i etilena radi na istim principima kao i kod konvencionalnog CA skladištenja. Tim se postupkom godišnje diljem svijeta pohranjuje više od 350.000 tona jabuka (Argentina, Brazil, Čile, SAD, Velika Britanija, Austrija, Njemačka, Švicarska, Poljska, Slovenija, Hrvatska, Srbija, Izrael, Francuska, Španjolska, Portugal, Južna Afrika i Novi Zeland), a broj DCA komora je još uvijek u porastu (Stajniko, 2015).

Brzo rashlađivanje plodova nakon berbe vrlo je važno, jer se na taj način usporava proces zrenja i smanjuje se pojava fizioloških bolesti. Vrijeme od berbe do rashlađivanja treba biti što kraće tj. istog dana kada su plodovi ubrani. Kako ne bi došlo do smanjenja mase i smežuranosti plodova u rashladnoj komori potrebno je održavati visoku relativnu vlažnost zraka. Preporučena relativna vlažnost zraka je 90 – 92% za većinu sorti, dok je za sorte Golden Deliciou, Prinova i Topaz 92 – 94%. Relativna vlažnost zraka viša od 95% povećava rizik od pojave parazitskih i neparazitskih bolesti, smanjuje razvoj arome, itd. Ljetne sorte se čuvaju kraće (2 – 3 mjeseca), a pojedine zimske sorte se mogu čuvati i duže od godinu dana (Keserović i sur., 2013).

Van der Sluis i sur.(2001) usporedili su koncentraciju flavonola, katehina, phloridizina, klorogenične kiseline i antioksidacijski status u četiri sorte jabuka (Jonagold, Golden Delicious, Cox's Orange i Elstar) skladištene na različite načine. Jabuke sorte Jonagold, Golden Delicious i Elstar skladištene su u uvjetima kontrolirane atmosfere (CA)

na 1,5°C, 12 % O₂ i 2,5% CO₂, a jabuke sorte Cox's Orange na 4,0%, 1,2% O₂ i 0,7% CO₂. Jabuke sorte Jonagold imale su najveću koncentraciju flavonoida i antioksidacijski status. Otkriveno je da dugotrajno skladištenje, kako na temperaturi hladnjaka, tako i u uvjetima kontrolirane atmosfere ne utječe na koncentraciju flavonoida ili antioksidacijsku aktivnost.

Burda i sur. (1990) otkrili su metodom visokotlačne plinske kromatografije (HPLC, engl. *highperformance liquidchromatographhy*) da su glavni fenolni spojevi u tkivu ploda i kori tri sorte jabuke (Golden Delicious, Empire i Rhode Island Greening) epikatehin i procijanidin B₂, a ne klorogenična kiselina. Koncentracija pojedinačnih fenola u jabuci naglo se smanjuje tijekom rane faze razvoja, a zatim ostaje relativno konstantna tijekom sazrijevanja i skladištenja plodova. Jabuke sorte Golden Delicious i Empire su čuvane u normalnim hladnim uvjetima skladištenja na 0°C, a Rhode Island Greening na 2°C tijekom 6 mjeseci. Jabuke sorte Rhode Island Greening su imale najveću tendenciju posmeđivanja tijekom sazrijevanja i skladištenja zbog visoke koncentracije fenolnih spojeva. Plodovi sorte Empire su brže smeđili od plodova Golden Delicious jabuka iako sadrže manje fenolnih kiselina. Utvrđeno je da enzimsko posmeđivanje ploda jabuke ne ovisi samo o fenolnim kiselinama već i o sadržaju epikatehina i procijanidin B₂ u tkivu i kori jabuke.

Matthes i Schmittz-Eiberger (2009) proveli su istraživanje antioksidacijskog kapaciteta u odabranim sortama jabuka i različitim načinima skladištenja nakon berbe (skladištenje na 20°C kao u domaćinstvu i hladno skladištenje na 1°C, 4,5 mjeseca). Hladno skladištenje povećalo je antioksidativnu aktivnost i sadržaj polifenola u većini kultivara dok je skladištenje na 20°C smanjilo sadržaj polifenola i antioksidativni kapacitet. Skladištenje u kontroliranoj atmosferi dovelo je do malog porasta i antioksidacijskog kapaciteta i sadržaja polifenola. Pokusi su pokazali da se u optimalnim uvjetima skladištenja može održati visok sadržaj polifenola i antioksidanata koji mogu imati pozitivne učinke na zdravlje.

1.5. Antioksidansi u jabuci

Voće sadrži tri glavne skupine prirodnih antioksidansa (fenoli, vitamini i karotenoidi) koje plodovima daje boju i okus. Fenolni spojevi su najraznolikija i najrasprostranjenija skupina prirodnih spojeva u biljkama koji uklanjaju slobodne radikale te djeluju antioksidacijsko antialergijsko, antimutageno, protuupalno i antimikrobno

(Alesiani i sur., 2010; Lu i sur., 2016). Općenito, koncentracija antioksidanasa u jabuci ovisi o sorti, zrelosti ploda, agrotehničkim prilikama, uvjetima skladištenja i intenzitetu sunčeve svjetlosti (Podsędek i sur., 2000; Van der Sluis i sur., 2001; Kondo i sur. 2002; McGhie i sur.2005; Duda-Chodak i sur. 2011).

Fenolni spojevi u jabuci su hidroksibenzojeve kiseline (p-hidroksibenzojeva kiselina, galna kiselina, siringična kiselina, gentisična kiselina), hidroksicimetne kiseline i njihovi derivati (p-kumarinska kiselina, kofeinska kiselina, ferulinska kiselina), flavonoidi (kvercetin glikozid), dihidrokalkoni (floridzin i njegovi derivati), antocijanidi (cijanidini i njegovi glikozidi), monomerni flavonoidi (epikatehin, katehin) i oligomerni flavonoidi (procijanidini), (Kalinowska i sur., 2014).

Koncentracija pojedinih fenolnih spojeva u jabuci nije konstantna. Ovisi o sorti, zrelosti ploda, uvjetima uzgoja, berbi, skladištenju i bolestima. Postoje razlike u sastavu fenola u kori i tkivu jabuke. Fenolni spojevi se u biljkama rijetko nalaze u slobodnom obliku, uglavnom dolaze u obliku glikozida ili esterificiranih karboksilnih kiselina. Fenolni spojevi mogu se vezati na masne kiseline, sterole i stanične stijenke i biti u obliku depsida. Iz navedenog se može zaključiti da jabuke u odnosu na drugo jestivo voće imaju na raspolaganju najveću količinu slobodnih fenola koja se može apsorbirati u krvotok (Boyer i Lui, 2003-2004; Sun i sur., 2002). Općenito, sadržaj polifenola u plodu kreće se između 19,6 – 55,8 mg (flavan-3-oli), 17,7–33,1 mg (flavonoli) i 10,6–80,3 mg (klorogena kiselina) po 100 g ploda; najniže vrijednosti zabilježene su za floridzin (1,0–9,3 mg po jabuci) i antocijanin (0,1– 6,5 mg po jabuci) (McGhie i sur., 2005).

U sjemenkama ploda jabuke najzastupljeniji od fenolnih spojeva je floridizin, u tkivu klorogena kiselina, epikatehin i procijanidin B_{2,a} u kori glikozidi kvercetina. Sjemenka ima najsnažnije antioksidacijsko djelovanje u odnosu na koru i tkivo jabuke. Sazrijevanjem se u plodu smanjuje sadržaj polifenola i antioksidacijska svojstva. Prema tome, nezrele jabuke, sjemenke i kora predstavljaju važan izvor polifenola (Duda-Chodak i sur., 2011). Također, jabuke s korom imaju veću ukupnu antioksidacijsku aktivnost u odnosu na jabuke bez kore (Eberhardt i sur. 2000). Jabuke u usporedbi sa drugim voćem (brusnica, crveni grejp, jagode, breskve, limun, kruške, banana, naranča, grejp i ananas) su na drugom mjestu po antioksidativnom djelovanju (iza brusnica) , a također su i na drugom mjestu po ukupnoj koncentraciji fenolnih spojeva. Međutim jabuke imaju najviši udio

slobodnih fenola u odnosu na drugo voće (Sun i sur., 2002). Antioksidativna aktivnost varira ovisno o različitim sortama jabuka. Postoji povezanost između sadržaja fenola u jabukama i antioksidativnog djelovanja. Sorte jabuka s većim sadržajem fenola imaju i veće antioksidativno djelovanje (Boyer i Hai Lu, 2003-2004). Escarpa i Gonzalez (1998) usporedili su antioksidativne spojeve sorte Golden Delicious, Reinata, Red Delicious i Granny Smith. Najniža koncentracija flavonoida utvrđena je u sorti Golden Delicious, sorta Reinata imala je najviše flavonoida, dok su sorte Granny Smith i Red Delicious imale također visoku koncentraciju flavonoida. Hammerstone i sur. (2000) ustanovili su najveću koncentraciju procijanidina u sortama Granny Smith i Red Delicious, dok su sorte McIntosh i Golden Delicious imale najnižu koncentraciju. Van der Sluis i sur. (2001) analizirali su sorte Jonagold, Golden Delicious, Cox's Orange i Elstar i ustanovili su varijacije u fitokemijskom sadržaju između navedenih sorti jabuka. Sorta Jonagold sadržavala je najveću koncentraciju kvercetina, glikozida, katehina i klorogenične kiseline u odnosu na druge tri sorte. Golden Delicious imao je drugu najveću koncentraciju, dok su Cox's Orange i Elstar imali najniže koncentracije. Wolfe i sur. (2003) analizirali su sadržaj fenola, flavonoida i antocijanina u mesu i kori četiri sorte jabuka (Rome Beauty, Idared, Cortland i Golden Delicious). Najveći sadržaj ukupnih fenola bio je u kori sorti Idared i Rome Beauty. Kora jabuke Idared imala je šest puta veću koncentraciju flavonoida nego u tkivu ploda. Antocijanini su utvrđeni samo u kori kod sorte Golden Delicious i Idared.

Osim sorte jabuka na antioksidativnu aktivnost utječu razvoj i zrenje plodova. U sortama Jonagold i Elstar koncentracije kvercetina, floridizina, katehina i klorogena bile su najveće početkom sezone, a smanjivale su se tijekom procesa zrenja. Koncentracija antocijanina u sortama Elstar i Jonagold početkom sezone se povećala, u sredini sezone se smanjila, ali prije sazrijevanja se naglo povećala samo kod plodova uzgojenih u vanjskom dijelu krošnje izložene svjetlu, a ne u unutarnjem dijelu. Količine kvercetina u obje sorte također su bile veće u plodovima uzgojenim u vanjskom dijelu krošnje (Awad i sur., 2001). Izloženost plodova jabuke svjetlu povećava proizvodnju određenih fitokemikalija (antocijanina i kvercetina), dok nema značajan utjecaj na koncentraciju floridzena, katehina i klorogenične kiseline (Boyer i sur., 2003-2004).

1.6. Cilj istraživanja

Dosadašnja istraživanja provedena na različitim sortama jabuka pokazala su da upotreba reflektirajućih materijala pozitivno utječe na antioksidacijska svojstva ploda jabuke nakon berbe i skladištenja u određenim kontroliranim uvjetima.

Stoga je cilj ovog istraživanja bio ispitati utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na antioksidacijske pokazatelje (koncentraciju askorbinske kisleine, antocijana i ukupnih topivih polifenola) u plodu jabuke sorte Idared.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Sorta u pokusu

Pokus je proveden na sorti Idared (Slika 2). Ova sorta nastala je križanjem sorte Jonathan i sorte Wagener. Kao nova sorta predstavljena je 1942. godine u američkoj državi Idaho. Cilj je bio dobiti sortu jabuka koja će biti jako dobra za preradu (za sušenje, za sok i slično), koja će se moći dugo čuvati u svježem stanju i koja će biti jednostavna za uzgoj, te redovito rodna. Novonastala sorta uglavnom je odgovarala zahtjevima. Pozitivne strane ove sorte su širok kut grananja, smiren porast u odnosu na druge sorte, što rezultira relativno redovitom rodnosti. Također se može čuvati jako dugo, do proljeća, u siromašnim uvjetima čuvanja, bez kontrolirane atmosfere. Negativna karakteristika sorte je neusklađenost okusa (slatko-kisela jabuka, bez posebnih sortnih aroma), neujednačenost oblika i veličine ploda, te mekano meso (Krpina, 2004).

Idared sazrijeva u prvoj polovici listopada. Prema upotrebi plodova ubraja se u kasno zimske sorte jabuka, jer su plodovi pogodni za upotrebu tek od prosinca do svibnja. Plod je srednje velik, krupniji od Jonathana, loptasto spljošten, s izraženim rebrima. Boja pokožice je žućkastozelena, a kasnije nakon berbe prelazi u jarko crvenu boju. Okus je kiselkast. Vrlo se dobro čuva zimi, čak i u slabijim uvjetima. Sočnost i okus se poboljšava stajanjem (Brzica, 1995). Idared je visokoproduktivna plantažna sorta koja se lako održava, redovite rodnosti. Jedna je od najraširenijih sorti u uzgoju u Republici hrvatskoj (Vujević i sur., 2011).



Slika 2. Jabuka sorte Idared. (WEB 4)

2.2. Postavljanje pokusa i tretmani

Eksperiment je postavljen u voćnjaku Poljoprivrednog centra d.o.o. u Valpovu, ukupne površine 35 ha. Kao reflektirajući materijal korištena je polietilenska metalizirana folija postavljena i s istočne i sa zapadne strane reda. Raspored tretmana je postavljen po split-plotmetodi, s 4 ponavljanja po 6 stabala. Nakon 20 dana od postavljanja reflektirajuće folije izvršena je berba i mjerenje antioksidacijskih pokazatelja (antocijani, polifenoli, ukupnaantioksidacijska aktivnost) u pokožici ploda jabuke i sadržaj askrobinske kiseline u tkivu ploda jabuke sorte Idared. Nakon 3 mjeseca skladištenja u hladnjači s kontroliranom atmosferom sva mjerenja su ponovljena. Svi pokazatelji određeni su spektrofotometrijskim metodama: ukupni sadržaj monomernih antocijanina metodom prema Giusti Wrolstad (2001), askrobinske kiseline metodom prema Benderitter i sur. (1998), polifenola metodom prema Singleton i Rossi (1965) te ukupna antioksidacijska aktivnost metodom prema Brand-Williams i sur. (1995).

2.3. Priprema jabuka za analizu

Plodovi jabuka su oprani u 5%-tnoj octenoj kiselini, a zatim vodovodnoj i nakon toga u destiliranoj vodi kako bi se s plodova uklonile sve nečistoće. Nakon toga se plodovi gule, a s pokožice se dobro ostružu komadići usplođa. Tako dobivena pokožica i komadići usplođa odvajaju se u zasebne keramičke tarionike, preliju se tekućim dušikom, te se postupkom maceracije usitnjavaju u prah koji se koristi za daljnje analize.

2.4. Određivanje ukupnog sadržaja monomernih antocijanina

Ukupni sadržaj monomernih antocijanina određen je spektrofotometrijskom metodom prema Giusti i Wrolstad (2001). Metoda se zasniva na činjenici da promjenom pH vrijednosti dolazi do strukturne promjene antocijanina. Različiti pH dovodi i do različite apsorpcije svjetlosti pri 520 nm valne duljine. Nakon maceracije tekućim dušikom u dvije plastične epruvete od 15 ml odvagano je oko 0,5 g tkiva pokožice. U jednu je dodano 10 ml pufera I pH 1,0 (0,05 M KCl), a u drugu 10 ml pufera II pH 4,5 (0,4 M CH₃COONa). Obje se suspenzije nakon ekstrakcije uz povremeno miješanje na vrtložnoj mješalici centrifugiraju 30 min na 4000 g pri 4°C. Prije mjerenja na UV-VIS spektrofotometru supernatanti obje suspenzije filtrirani su pomoću filtera za špricu 0,2 µm poroznosti.

Mjerenje apsorpcije supernatanta je obavljeno spektrofotometrom u staklenim kivetama na 520 i 700 nm (zbog korekcije zamućenja) valne duljine. Rezultati su izraženi u mg g^{-1} svježe tvari.

2.5. Određivanje ukupnog sadržaja vitamina C

Ukupni sadržaj vitamina C određen je spektrofotometrijskom metodom prema Benderitter i sur. (1998). Nakon maceracije tekućim dušikom u dvije plastične epruvete od 15 ml odvagano je oko 0,5 g usitnjenog tkiva usplođa te je dodano 10 ml destilirane vode. Nakon ekstrakcije uzorci su centrifugirani 15 minuta na 4000 g pri 4°C. Zatim je u označene epruvete od 2 mL pipetirano 300 μL supernatanta i dodano je 100 μL 13,3% trikloroctene kiseline, 25 μL destilirane vode i 75 μL 2,4-dinitrofenilhidrazin (DNPH) reagensa te se smjesa dobro promiješala. U drugu skupinu uzoraka (slijepa proba) dodana je navedena reakcijska smjesa, ali bez DNPH reagensa. Obje su skupine inkubirane 1,5 h pri 37°C u vodenoj kupelji. Nakon inkubacije u drugu skupinu uzoraka je dodano 75 μL DNPH reagensa. U obje skupine je dodano još 500 μL 65%-tne H_2SO_4 , kako bi se otopio nastali talog.

Koncentracija askrobinske kiseline određena je spektrofotometrijski mjerenjem apsorpcije na 520 nm, a sadržaj vitamina C u uzorcima je izračunat pomoću standardne krivulje dobivene s različitim koncentracijama vitamina C.

2.6. Određivanje ukupnog sadržaja polifenola

Za određivanje ukupnog sadržaja polifenola koristi se alkoholni ekstrakt fenolnih spojeva pokožice jabuke. Metoda se temelji na reakciji Folin-Ciocalteu (FC) reagensa (kompleks fosfomolibdenske-fosfovolframske kiseline) i reducirajućeg reagensa (fenolni spoj) pri čemu dolazi do pojave plavog obojenja čiji se intenzitet obojenja mjeri pri valnoj duljini 725 nm (Singleton i Rossi, 1965).

U kivetu je dodano 100 μL alkoholnog ekstrakta tkiva, 700 μL vode i 100 μL FC reagensa te pomiješano na kružnoj mješalici. Nakon inkubacije tijekom 5 min, u reakcijsku smjesu dodano je 150 μL zasićene otopine Na_2CO_3 . Uzorci su zatim inkubirani 60 min pri 37°C u vodenoj kupelji. Nakon inkubacije izmjerena je apsorpcija pri valnoj duljini od

765 nm u odnosu na slijepu probu. Koncentracija ukupnih PHE određena je iz baždarne krivulje za koju je kao standard korištena galna kiselina (GA). Koncentracija ukupnih topljivih fenolnih spojeva u biljnom tkivu izražena je u mg ekvivalenata galne kiseline (GAE) po gramu svježe tvari ($\text{mg}_{\text{GAE}} \text{g}^{-1} \text{sv.t.}$).

2.7. Određivanje ukupne antioksidacijske aktivnosti

Ukupna antioksidacijska aktivnost određena je metodom prema Brand-Williams i sur. (1995). Ova metoda temelji se na redukciji DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikala. Uklanjanje radikala prati se smanjenjem apsorbancije pri valnoj duljini od 515 nm.

Reakcija započinje miješanjem 20 μl etanolnog ekstrakta i 980 μl otopine DPPH radikala u čvrsto zatvorenim kivetama uz lagano miješanje pri 20 °C tijekom 15 minuta. Nakon reakcije izmjerena je apsorbancija otopine pri valnoj duljini od 515 nm. Ukupna antioksidacijska aktivnost uzorka određena je iz standardne krivulje apsorbancije otopina poznate koncentracije Trolox-a (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karbonska kiselina) i izražena u ekvivalentima Troloxa.

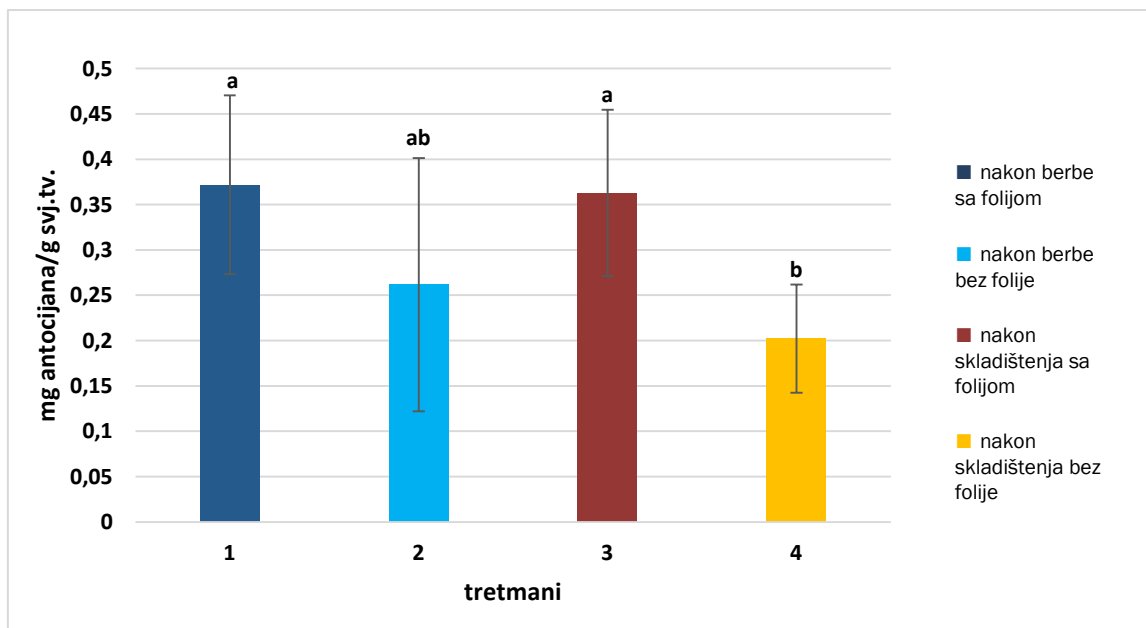
2.8. Statistička obrada podataka

Dobiveni podaci obrađeni su u statističkom programu Statistica 13.3 (TIBCO Inc., SAD). Rezultati su izraženi kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija (SD). Normalnost distribucije testirana je Shapiro-Wilksovim testom, a homogenost varijanci Levene testom. S obzirom na normalnu distribuciju i homogenost varijanci korištena je jednofaktorska analiza varijance (engl. *One-way ANOVA*), kako bi se utvrdilo postojanje razlika između tretmana. Nakon što je utvrđeno postojanje razlika, proveden je LSD (engl. *Least Significant Difference*) post hoc test kako bi se odredilo između kojih skupina postoji razlika. Svi testovi provedeni su na razini značajnosti od 5% ($p < 0,05$).

3. REZULTATI

3.1. Utjecaj primjene folije i skladištenja na ukupni sadržaj antocijana

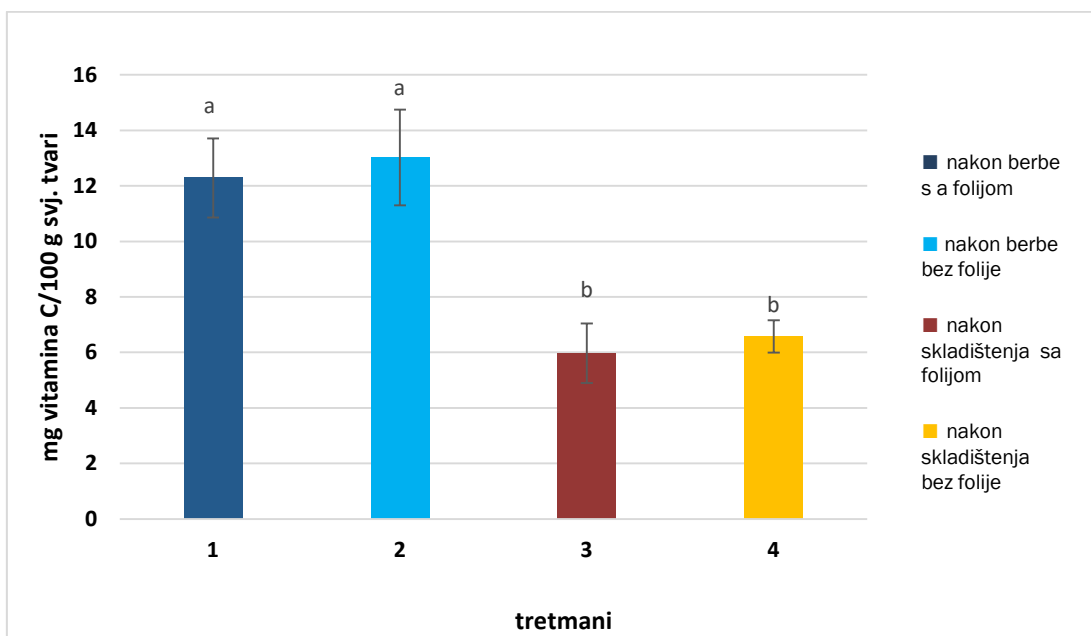
Ukupni sadržaj antocijana u plodovima nakon berbe sa i bez folije, te nakon skladištenja plodova koji su uzgojeni sa i bez folije prikazan je na Slici 3. Utvrđeno je da prisustvo reflektirajuće folije ima pozitivan učinak na sadržaj antocijana u plodovima jabuke (0,37 mg/g svj.tv.) koji su u odnosu na plodove koji su dozrijevali bez folije (0,26 mg/g svj.tv.) imali 30% veći sadržaj, iako dobivena razlika nije bila statistički značajna. Također plodovi koji su skladišteni nakon berbe plodova koji su dozrijevali uz prisustvo folije (0,36 mg/g svj.tvari) imali su 44,5% veći sadržaj antocijana nego plodovi koji su dozrijevali bez folije (0,20 mg/g svj.tvari).



Slika 3. Utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na ukupni sadržaj antocijana uplođu jabuke sorte Idared. Tretmani: 1- nakon berbe sa folijom, 2 – nakon berbe bez folije, 3 – nakon skladištenja sa folijom, 4- nakon skladištenja bez folije. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija. Razlike između skupina testirane LSD post hoc testom, pri čemu različita slova (a,b,c) označavaju statistički značajnu razliku između tretiranih skupina ($p < 0,05$).

3.2. Utjecaj primjene folije i skladištenja na ukupni sadržaj askorbinske kiseline

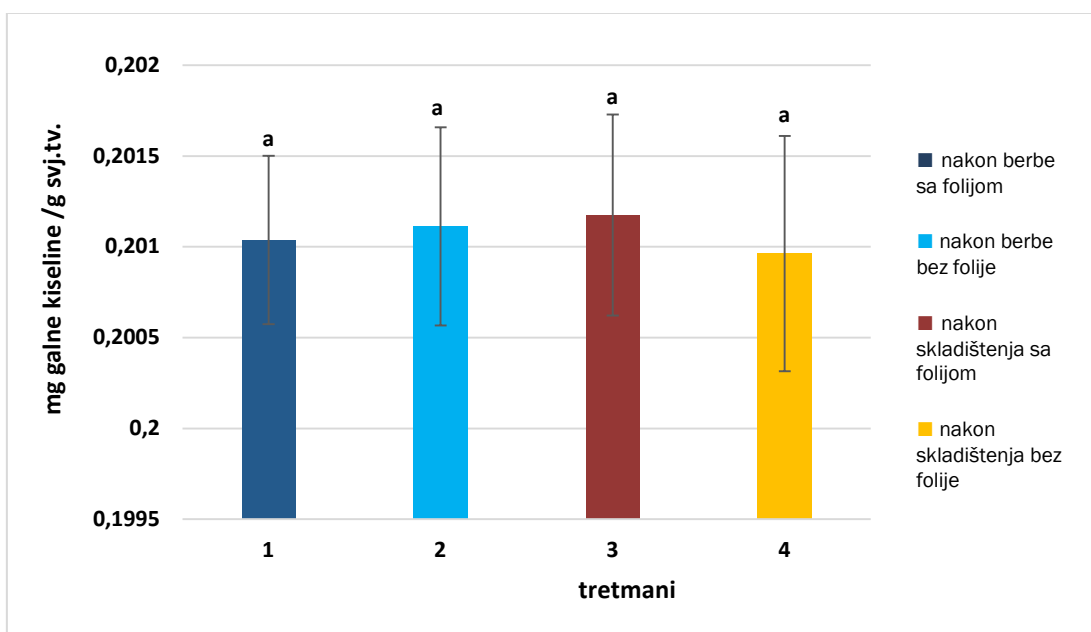
Ukupni sadržaj askorbinske kiseline u plodovima nakon berbe sa i bez folije, te nakon skladištenja plodova koji su uzgojeni sa i bez folije prikazan je na Slici 4. Utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u ukupnom sadržaju askorbinske kiseline kod plodova koji su dozrijevali uz prisustvo reflektirajuće folije (12,29 mg/100 g svj. tvari) i plodova koji su dozrijevali bez reflektirajuće folije (13,02 mg/100 g svj. tvari). Međutim, utvrđena je statistički značajna razlika nakon berbe i nakon skladištenja, tj. skladištenjem se znatno smanjila koncentracija vitamina C u plodovima koji su dozrijevali s folijom (51,5%) i bez nje (49,5%).



Slika 4. Utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na ukupni sadržaj askorbinske kiseline u plodu jabuke sorte Idared. Tretmani: 1- nakon berbe sa folijom, 2 – nakon berbe bez folije , 3 – nakon skladištenja sa folijom, 4- nakon skladištenja bez folije. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija. Razlike između skupina testirane LSD post hoc testom, pri čemu različita slova (a,b,c) označavaju statistički značajnu razliku između tretiranih skupina ($p < 0,05$).

3.3. Utjecaj primjene folije i skladištenja na sadržaj ukupnih topljivih polifenola

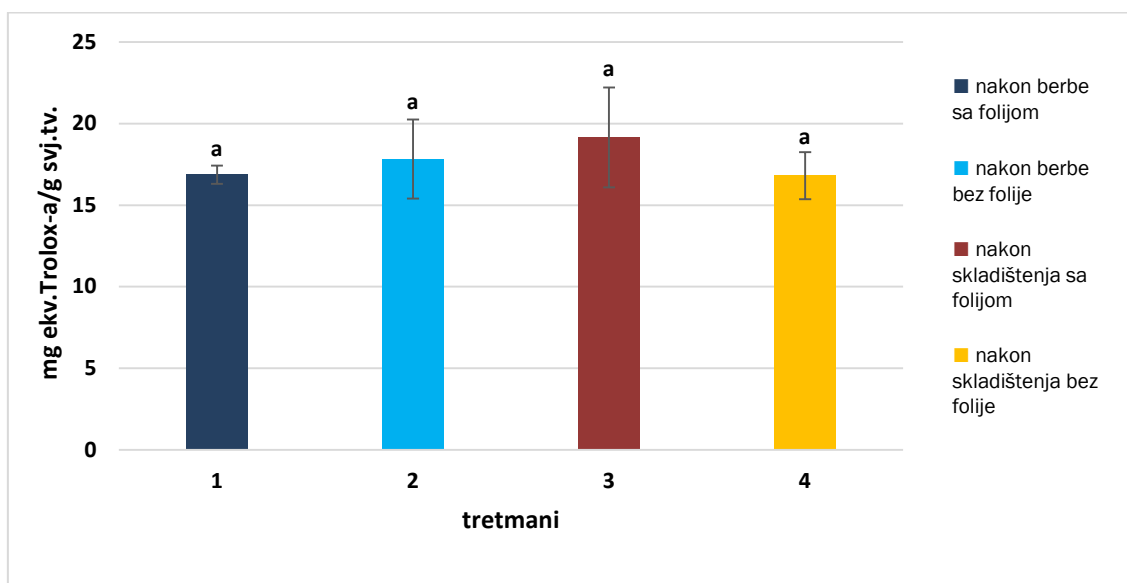
Slika 5. prikazuje sadržaj ukupnih topljivih polifenola u plodovima nakon berbe sa i bez folije te nakon skladištenja plodova koji su uzgojeni s i bez folije. Analizom je utvrđeno da nema statistički značajne razlike u koncentraciji ukupnih topljivih polifenola kod plodova koji su dozrijevali s (0,2 mg/g svj. tvari) i bez reflektirajuće folije (0,2 mg/g svj. tvari). Također je ustanovljeno da skladištenje značajno ne utječe na koncentraciju polifenola u plodovima jabuke Idared.



Slika 5. Utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na sadržaj ukupnih topljivih polifenola u plodu jabuke Sorte Idared. Tretmani: 1- nakon berbe sa folijom, 2 – nakon berbe bez folije, 3 – nakon skladištenja sa folijom, 4- nakon skladištenja bez folije. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija. Razlike između skupina testirane LSD post hoc testom, pri čemu različita slova (a,b,c) označavaju statistički značajnu razliku između tretiranih skupina ($p < 0,05$).

3.4. Utjecaj primjene folije i skladištenja na ukupnu antioksidacijsku aktivnost

Ukupna antioksidacijska aktivnost u plodovima nakon berbe s i bez folije, te nakon skladištenja plodova koji su uzgojeni s i bez folije prikazana je na Slici 6. Primjena folije nije značajno utjecala na antioksidativnu aktivnost u plodovima jabuke sorte Idared nakon berbe i nakon skladištenja.



Slika 6. Utjecaj reflektirajuće folije i skladištenja na ukupni sadržaj antioksidanasa u plodu jabuke sorte Idared. Tretmani: 1- nakon berbe sa folijom, 2 – nakon berbe bez folije , 3 – nakon skladištenja sa folijom, 4- nakon skladištenja bez folije. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija. Razlike između skupina testirane LSD post hoc testom, pri čemu različita slova (a,b,c) označavaju statistički značajnu razliku između tretiranih skupina ($p < 0,05$).

4. RASPRAVA

Najvažniji spojevi koji plodu jabuke daju crvenu boju su antocijani, koji se nalaze u pokožici ploda i čiji se sadržaj povećava više od pet puta tijekom dozrijevanja kod nekih sorti (Ritenour i Khemira, 1997). U okviru ovog istraživanja je u plodovima jabuka koji su dozrijevali uz prisustvo reflektirajuće folije utvrđen povećan sadržaj antocijana u odnosu na plodove koji su dozrijevali bez folije pri čemu samo skladištenje nije značajno utjecalo na sadržaj antocijana u plodovima (Slika 3). Slične rezultate dobili su Overbeck i sur. (2014) koji su utvrdili da kod sorte Gala Mondial korištenjem reflektirajuće folije dolazi do puno većeg osvjetljenja krošnje (8 – 9 puta) što rezultira boljom obojenošću plodova za 14% u odnosu na plodove koji su uzgajani bez folije. Također, Andris i suradnici (1993) su utvrdili da plodovi sorte Fuji imaju bolju obojenost plodova kada su pri uzgoju korišteni reflektirajući materijali. Andris i Crisosto (1996) utvrdili su da su plodovi jabuke sorte Fuji, ako se koristi aluminijska folija s platnom, za 36,1% crveniji u odnosu na kontrolu, dok su uz primjenu metalizirane polietilenske folije plodovi crveniji za 30%. Osim intenzivnijeg obojenja plodova, plodovi su ranije sazreli te su bili krupniji i bolje kvalitete. Slične rezultate na istoj sorti dobili su i Zhiqiang i sur. (1999) koji su utvrdili da korištenje aluminijske folije s platnom, aluminijske metalizirane polipropilenske folije i polipropilenske folije uzrokuje značajno povećanja koncentracije antocijana i smanjenje sadržaja klorofila, te povećanje postotka crvene boje u plodu. U istraživanju Funke i Blanke (2004) je reflektirajuća folija povećala refleksiju svjetla te na taj način dovela do bolje obojanosti plodova jabuke sorte Braeburn, osobito na plodovima koji su na donjim granama i u sjeni. Plodovi unutar krošnje na dijelu bez folije imali su 66° obojenosti, dok su oni na tretmanu folijom imali 48° na skali obojenosti. Kod mjerenja zelene strane ploda oni na dijelu bez folije imali su 95° obojenosti, a plodovi na foliji 73°. Biosinteza antocijanina je proces koji uključuje koordiniranu ekspresiju različitih transkripcijskih faktora (TFs) i strukturalnih gena (Dixon i Steele, 1999; Takos i sur., 2006). Transkripcijski faktori MdMYB i MdMYBA kojireguliraju biosintezu antocijanina su izolirani iz kore jabuke, a utvrđeno je da je njihova ekspresija snažno inducirana svjetlošću (Takos i sur., 2006; Ban i sur., 2007; Wang i sur., 2016). Za njihove regulatorne aktivnosti potrebni su MdbHLH3 i MdbHLH 33 (Espley i sur., 2007). Osim genotipa, vanjski faktori (svjetlost i temperatura) imaju presudnu ulogu u akumulaciji antocijanina i endogenih hormona (Chandler i sur., 1989; Quattrocchio i sur., 1993; Borevitz i sur., 2000; Solfanelli i sur., 2006). Svjetlost

visokog intenziteta u kori jabuke može potaknuti ekspresiju MdMYB1 gena i pospješiti nakupljanje antocijanina (Takos i sur., 2006). Niske temperature i UV-B zračenje mogu značajno povećati ekspresiju srodnih gena koji potiču nakupljanje antocijana u kori ploda jabuke (Ubi i sur., 2006). Visoke temperature inhibiraju ekspresiju MdMYB1 gena rezultirajući smanjenjem biosinteze i akumulacije antocijanina (Lin-Wang i sur., 2011).

Rezultati ovog istraživanja su pokazivala nema statistički značajne razlike u ukupnom sadržaju vitamina C kod plodova koji su dozrijevali uz prisustvo reflektirajuće folije i plodova koji su dozrijevali bez reflektirajuće folije (Slika 4). Sadržaj askorbinske kiseline ovisi o vrsti, sorti ili kultivaru iste vrste (Darvey i sur., 2000). Uzrok tome je utjecaj različitih vanjskih faktora na plodove, a abiotički čimbenici, svjetlost i temperatura najviše utječu na sadržaj askorbinske kiseline u voću (Gautier i sur., 2008; Zechmann i sur., 2011; Suzuki i sur., 2014), tako što imaju važnu ulogu u antioksidacijskom staničnom sustavu (Jimenez i sur., 2002). Jači intenzitet svjetlosti dovodi do pojačane biosinteze askorbinske kiseline kod biljaka, a slabiji intenzitet uzrokuje smanjenu sintezu (Asada, 1999). Intenzitet svjetlosti, a ne trajanje svjetlosnog perioda utječe na akumuliranje askorbinske kiseline u voću (El-Gizawi i sur., 1993). Davies i Hobson (1981) su utvrdili da svjetlost i fotosinteza utječu na sadržaj askorbinske kiseline u rajčicama, odnosno povezanost fotosinteze i biosinteze askorbinske kiseline. Također je utvrđeno da zasjenjenje plodova smanjuje ekspresiju gena ili enzima uključenih u metabolizam askorbinske kiseline (Gautier i sur., 2009). Međutim, skladištenje je negativno utjecalo na ukupni sadržaj askorbinske kiseline u plodovima koji su dozrijevali uz prisustvo folije i bez folije (Slika 4). Kevers i suradnici (2011) utvrdili su značajno smanjenje (80%) sadržaja askorbinske kiseline nakon 3 mjeseca skladištenja plodova jabuka sorte King Jonagold u različitim uvjetima čuvanja: na 1°C u zraku, na 1°C u kontroliranoj atmosferi (ULO engl. *ultralowoxxygen*), 0,9% kisika i 1,2% ugljikovog dioksida), te u istoj kontroliranoj atmosferi nakon predobrade s 1-metilciklopropenom (1-MCP). Fawbush i sur. (2009) također su utvrdili smanjenje koncentracije askorbinske kiseline u plodovima jabuke koje su čuvane na zraku 4,5 i 9 mjeseci, ali do smanjenja nije došlo u plodovima koji su bili skladišteni u uvjetima ULO. Također Davey i Keulemans (2004) su u pokusima na 31 komercijalnoj sorti jabuka utvrdili da se sorte značajno razlikuju u održavanju koncentracije askorbinske kiseline tijekom skladištenja. Kod sorata koje su imale manji sadržaj askorbinske kiseline prije skladištenja, tijekom skladištenja došlo je do većeg gubitka u odnosu na sorte koje su imale veći sadržaj. Nepovoljni uvjeti i produljeno skladištenje, povišena temperatura, snižena vlažnost i oštećenje ploda dovode do oksidacije

askorbinske kiseline pomoću enzima askorbat-oksidge u dehidroaskorbinsku kiselinu (DHA) uz prisustvo kisika (Saari i sur., 1995). Zubeckis (1962) utvrdio je da se sadržaj u plodu jabuke može smanjiti i do 50% tijekom hladnog skladištenja nakon 6 mjeseci kao posljedica smanjene koncentracije atmosferskog kisika i povišenog sadržaja ugljikovog dioksida (Agari sur., 1999). Skladištenjem u kontroliranoj atmosferi (CA) može se smanjiti gubitak vitamina C (Paradis i sur., 1996). U ovom istraživanju prisutnost reflektirajuće folije i skladištenje nisu imali značajan učinak na sadržaj ukupnih fenola (Slika 5). Kevers i sur. (2011) utvrdili su da se koncentracija ukupnih fenola povećala u plodovima jabuke sorte King Jonagold nakon tri mjeseca skladištenja u kontroliranoj atmosferi ULO, a kod dužeg skladištenja se smanjivala u svim uvjetima skladištenja (na 1° C u zraku, na 1° C u kontroliranoj atmosferi (ULO, 0,9% kisika i 1,2% ugljikovog dioksida), te u istoj kontroliranoj atmosferi nakon predobrade s 1-metilciklopropenom (1-MCP). Burda i suradnici (1990) utvrdili su da tijekom sazrijevanja i skladištenja nije došlo do promjene sadržaja fenola u plodovima triju sorata jabuka (Golden Delicious, Empire, Rhode Island Greening). U sve tri sorte sadržaj pojedinačnih fenola bio je najviši tijekom stadija razvoja, zatim se koncentracija brzo smanjivala, dok je tijekom sazrijevanja i skladištenja ostala jednaka razina fenola. Navedeno potvrđuju i ostala istraživanja (Harel i sur., 1966; Mosel i Herman, 1974; CoSeteng i Lee, 1987). Tarrozi i suradnici (2004) utvrdili su niže koncentracije fenola u kori ploda jabuke nakon tri mjeseca hladnog skladištenja, dok skladištenje nije utjecalo na koncentraciju galne kiseline u pulpi ploda. Inače, upotreba organskih malčeva (piljevina bora) povećava refleksiju svjetla što dovodi do povećanja sadržaja fenolnih spojeva (katehin, flavoni) i askorbinske kiseline. Osrečak i suradnici (2015) proveli su dugogodišnje istraživanje utjecaja uklanjanja listova (LR engl. *leaf removal*) i reflektirajućih malč folija (RM engl. *reflective mulch*) na fenolni sastav u bijelim vinima dobivenih iz grožđa zagrebačkih vinograda na sjeverozapadu Hrvatske. LR i RM testirani su odvojeno i u kombinaciji (LR+RM) na vinovoj lozi *Traminer*, *Riesling italico* i *Manzoni bianco* tijekom 2008 i 2009 godine. Navedeni tretmani nisu imali utjecaj na sadržaj šećera u moštu i na kiselost vina, ali je došlo do povećanja sadržaja fenolnih spojeva i pojedinačnih flavon-3-ola u svim vinima, osim u *Tramineru*, pri čemu je tretman samo su RM imao je najmanji učinak na fenolni sastav vina. Osnovni princip djelovanja takvih reflektirajućih folija u vinogradarstvu leži u činjenici da se na ovaj način reflektira barem 20% više Sunčeve svjetlosti i energije nego što je uobičajeno (Hostetler i sur., 2007) značajno unaprjeđujući ukupnost fizioloških procesa (Robin i sur., 1996). Petogodišnjim istraživanjem na kultivaru Syrah dokazano je da se primjenom folije temperatura u zoni

grožđa prosječno povećava za 1,5- 2 °C, što je rezultiralo značajno višim sadržajem šećera i boljom obojenošću vina u svim godinama (Robin i sur., 1996). Osrečak i suradnici (2016) utvrdili su da je korištenjem LR i LR+RM došlo do povećanja ukupnih fenola, ukupnih antocijanina i ukupnih flavan-ola u Teran vinima zbog boljih svjetlosnih uvjeta, što je presudan faktor za biosintezu fenolnih spojeva (Morrison i Noble, 1990; Price i sur., 1995). Ovaj pozitivan učinak na ukupnu koncentraciju fenola ovisi o svjetlosti i temperaturi u zoni grozdamože izravno utjecati na aktivnosti enzima PAL koji je uključen u biosintezu svih fenolnih spojeva (Di Profio i sur., 2011); Morrison i Noble, (1990). Još uvijek postoje pitanja u vezi sa složenim osnovnim molekularnim mehanizmom regulacije metabolizma fenolnih spojeva koji je pod utjecajem svjetlosti. Sun i suradnici (2017) su analizirali transkripcijski i metabolički profil biosinteze fenolnih spojeva u grožđu *Cabernet Sauvignon* pod različitim tretmanima izlaganja suncu tijekom razvoja bobica. Uklanjanje lišća ili pomicanje lišća u različitim fazama razvoja bobičastog voća nisu pokazali konzistentne učinke na akumulaciju flavan-3-ola, antocijana ili ukupnih flavonoida u bobicama grožđa tijekom tri sezone. Međutim, koncentracije HC (engl. *Hydroxycitric acid*) i flavonola bile su umjereno i drastično povećane u bobicama vinove loze koja je bila izložena suncu, što je povezano s promjenama u transkripciji gena PAL, 4CL (engl. *4-kumaroil-CoA-liaza*, F3H (engl. *flavonon-3-hidroksilaza*) i FLS (engl. *flavonol synthase*), kao i velike količine regulatornih gena. Nadalje, utvrđeno je da su transkripcijske promjene gena potrebne za biosintezu i transdukciju signala auksina, etilena i apcizinske kiseline točno u skladu s nakupljanjem fenola u bobicama koje su bile izložene svjetlu tijekom razvoja, potvrdile važnost fitohormona u biosintezi fenolnih spojeva u grožđu kao odgovor na utjecaj svjetla. Dobiveni rezultati omogućuju razumijevanje složene regulatorne mreže biosinteze folnih spojeva u bobicama grožđa osjetljivih na sunčevu svjetlost.

Također, u različitim kultivarima jagode utvrđeno je da pojačan intenzitet svjetla uslijed korištenja reflektirajućih malč folija inducira aktivnost ključnog enzima, UDPGal: flavonoid-3-o-glikoziltransferaze (UFGalT) koji sudjeluje u sintezi antocijanina (Saure, 1990, Jui i sur., 1995). Navedene reflektirajuće folije značajno povećavaju ukupnu koncentraciju elaginske kiseline i askrobinske kiseline (Atkison i suradnici, 2006). Ovim istraživanjem utvrđeno je da se antioksidacijska aktivnost u plodovima jabuka koji su dozrijevali uz prisustvo reflektirajuće folije ili bez nje nakon skladištenja nije značajno razlikovala (Slika 6). Van der Sluis i suradnici (2001) usporedili su koncentraciju flavonola, katehina, phloridizina i klorogenične kiseline i antioksidacijsko djelovanje u

četiri sorte jabuka (Jonagold, Golden Delicious, Cox's Orange i Elstar). Utvrdili su da dugotrajno hladno skladištenje u uvjetima kontrolirane atmosfere značajno ne utječe na koncentraciju flavonoida i na antioksidacijsku aktivnost. Suprotno navedenom Burda i suradnici (1990) utvrdili su smanjenje sadržaja katehina, ali je ukupna koncentracija fenola ostala ista. U okviru istraživanja Leja i suradnika (2003) utvrđeno je smanjenje sadržaja antocijana uz istodobno povećanje sadržaja fenola. Isti autori također su utvrdili da je i nakon četiri mjeseca skladištenja u hladnoj komori u uvjetima kontrolirane atmosfere došlo do porasta ukupnog sadržaja fenola i udvostručenja antioksidacijske aktivnosti.

Kod sorte jabuka Annurca nakon hladnog skladištenja došlo je do izrazitog povećanja klorogenske kiseline i katehina, dok je porast epikatehina zabilježen kod sorata Golden Delicious (GD), Red Delicious (RD) i Empire. Polifenoli prisutni u tkivnim ekstraktima jabuke su odgovorni za antioksidacijsku aktivnost naričito katehin i floridzin, ali ne i klorogena kiselina (Napolitano i sur., 2004). Postoje istraživanja koja nisu utvrdila povezanost antioksidacijskog djelovanja i koncentracije pojedinačnih fenolnih spojeva u ekstraktima jabuke (van der Sluis i sur. 2001; Kahkonen i sur., 1999; Mareczek i sur., 2000), dok druga istraživanja pokazuju jaku povezanost antioksidacijskog kapaciteta i ukupnih fenola (Kalt i sur., 1999; Wang i sur. 2000). To se odstupanje vjerojatno pojavljuje zbog različitih metodologija koje se koriste za mjerenje antioksidacijske aktivnosti i različitih postupaka ekstrakcije koje su korištene u različitim istraživanjima. Napolitano i suradnici (2004) su utvrdili da pojedinačna koncentracija flavonoida kao i antioksidacijsko djelovanje značajno raste kod sorte Annurca zbog antioksidacijskog djelovanja metanola (M-AA), dok je kod sorte Empire došlo do povećanja nakon 3 mjeseca skladištenja i smanjivanja nakon 4 mjeseca. Kod sorti Golden Delicious (GD) i Red Delicious (RD) parametri su ostali postojani tijekom skladištenja s neznatim povećanjem za 4 mjeseca kod GD. De Ancos i suradnici (2000) su utvrdili kod četiri sorte malina smanjenje antioksidacijske aktivnosti koju oni objašnjavaju razgradnjom askrobinske kiseline za vrijeme hladnog skladištenja. Drugi mogući razlog je polimerizacija slobodnih fenola u manje topljive polimerne spojeve (Guyot i sur., 2001).

5. ZAKLJUČCI

- Korištenje reflektirajuće polietilenske metalizirane folije tijekom dozrijevanja plodova jabuka sorte Idared imalo je pozitivan učinak na sadržaj antocijanina u pokožici ploda jabuka nakon branja, dok nije imao značajan učinak na sadržaj polifenola i askorbinske kiseline te na ukupnu antioksidacijsku aktivnost.
- Nakon skladištenja je primjena reflektirajuće folije rezultirala značajno većim sadržajem antocijana u odnosu na plodove jabuka koje nisu uzgajane u prisutnosti folije.
- Skladištenje je značajno smanjilo sadržaj askorbinske kiseline, dok na ostale pokazatelje nije značajno djelovalo.
- Pozitivan učinak reflektirajuće folije, kao jedne od pristupačnih agrotehničkih metoda u voćnjaku, na sadržaj antocijana nakon berbe i nakon skladištenja jabuka u konačnici omogućuje dobivanje kvalitetnijeg ploda koji je konkurentniji na tržištu.

6. LITERATURA

Adamič, F.(1980). Ekološke in ekonomske osnove rajonizacije v Sloveniji. Sodobno kmetijstvo, Ljubljana.

Agar, I.T., Massantini, R., Hess-Pierce, B., Kader, A.A. (1999). Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *Journal Food Science* 64: 433–440.

Alesiani, D.,Canini, A.,D'abrosca, B.,Dellagreca, M.,Fiorentino, A.,Mastellone, C.,Pacifico, S. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of phytochemicals from Quince (*Cydonia vulgaris*) peels. *Food Chemistry* 118: 199–207.

Andris, H.L., Crisosto, C.H., Grossman, Y.L.(1993). The use of reflective films to improve the apple fruit red color. *California Agriculture*50:27-30.

Andris, H.L., Crisosto, C.H. (1996) Reflective materials enhance “Fuji” apple color. *California Agriculture* 50: 27-30.

Asada, K. (1999).The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual Review of Plant Biology* 50: 601–639.

Atkison, C.J., Dodds, P.A.A., Ford, Y.Y., Le Miere, J., Taylor, J.M., Blake, P.S., Paul, N. (2006).Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. *Annals Botanic* 97: 429-441.

Awad, M., de Jager, A., van der Plas, L., van der Krol, A. (2001). Flavonoid and chlorogenic acid changes in peels of Elstar and Jonagold apples during development and ripening. *Science Horticultural* 90 : 69-83.

Ban, Y., Honda, C., Hatsuyama, Y., Igarashi, M., Bessho, H., Moriguchi, T. (2007). Isolation and functional analysis of a MYB transcription factor gene that is a key regulator for the development of red coloration in apple skin. *Plant Cell Physiology* 48:958–970.

Benderitter, M., Maupoli, V., Vergely, C., Dalloz, F., Briot, F., Rochette, L. (1998). Studies by electron paramagnetic resonance of the importance of iron in the hydroxyl scavenging properties of ascorbic acid in plasma: Effects of iron chelators. *Fundamental Clinical Pharmacology* 12: 510-516.

Borevitz, J.O., Xia, Y., Blount, J., Dixo, R.A., Lamb, C. (2000). Activation tagging identifies a conserved MYB regulator of phenylpropanoid biosynthesis. *Plant Cell* 12: 2383–2393.

Boyer, J., Hai Lu, R. (2003-2004). *Antioxidans of Apples*. New York state Horticultural Society, New Yourk Fruit Quarterly 11:11-15.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 28: 25-30.

Brzica, K. (1991). *Voćarstvo za svakog*. Naprijed, Zagreb.

Burda, S., Oleszek, W., Lee, C.Y. (1990). Phenolic Compounds and Their Changes in Apples during Maturation and Cold Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38: 945-948.

Chalmers, D.J., Faragher, J.D. (1977). Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. I. Comparison of the effects of cycloheximide, ultraviolet light, wounding, and maturity. *Functional Plant Biology* 4:111-121.

Chandler, V.L., Radicella, J.P., Robbins, T.P., Chen, J., Turks, D. (1989). Two regulatory genes of the maize anthocyanin pathway are homologous: isolation of B utilizing R genomic sequences. *Plant Cell* 1: 1175–1183.

CoSeteng, M. Y., Lee, C. Y. (1987). Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science* 52: 985-989.

Creasy, L. (1968). The role of low temperature in anthocyanin synthesis in „McIntosh“ apple. *Proceedings American Society Horticultural Science* 93: 716-724.

Čagalj, M., Strikić, F. (2017). Analiza tržišta jabuka u Republici Hrvatskoj. U: Dugalić, K., Strikić, F. (ur) *Zborniksažetaka*, 12. Znanstveno-stručno savjetovanje hrvatskih voćara s međunarodnim sudjelovanjem, Hrvatska voćarska zajednica, Zagreb, 68-68.

Črep, R. (2010). Psihografska segmentacija zagrebačkog tržišta jabuka. Magistarski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Davey, M.W., Auwerkerken, A., Keulemans, J.(2007). Relationship of apple vitamin C and antioxidant concentrations to harvest date and postharvest pathogen infection. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:802-813.

Davey, M.W., Dekempeneer, E., Keulemans, J.(2003). Rocket-powered high-performance liquid chromatographic analysis of plant ascorbate and glutathione. *Analytical Biochemistry* 316:74-81.

Davey, M.W., Keulemans J. (2004). Determining the potential to breed for enhanced antioxidant status in *Malus*: mean inter- and intravarietal fruit vitamin C and glutathione contents at harvest and their evolution during storage. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 52: 8031–8038.

Davey, M.W., Van Montag, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie I.J.J., Strain, J.J., Favell, D., Fletcher, J.(2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:825-860.

Davies, J.N., Hobson, G.E. (1981). The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition, and genotype. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 15: 205–280.

Di Profio, F., Reynolds, A.G., Kasimos, A. (2011). Canopy management and enzyme impacts on Merlot, Cabernet franc, and Cabernet sauvignon II. Wine composition and quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 62: 152–168.

Dixon, R.A., Steele, C.L. (1999). Flavonoids and isoflavonoids—a gold mine for metabolic engineering. *Trends in Plant Science* 4:394–400.

Duda-Chodak, A., Tarko, T., Tuszyński, T. (2011). Antioxidant activity of apples—An impact of maturity stage and fruit part. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 10: 443–454.

Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P.(2003).Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant concentration of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*83: 369-382.

Eberhardt, M., Lee, C., Liu, R. H. (2000). Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* 405: 903-904.

El-Gizawi, A.M., Abdallah, M.M.F., Gomaa, H.M., Mohamed, S.S. (1993). Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. *Acta Horticulturae* 323: 349–354.

Escarpa, A.; Gonzalez, M. (1998). Highperformance liquid chromatographywith diode-array detection for the performance of phenoliccompounds in peel and pulp fromdifferent apple varieties. *Journalof Chromatography A* 823: 331-337.

Espley, R., Hellens, R., Putterill, J., Stevenson, D.A., Allan A.C. (2007). Red colouration in apple fruit is due to the activity of the MYB transcription factor, MdMYB10. *The Plant Journal* 49:414–427.

Fawbush, F., Nock, J.F., Watkins, C.B. (2009). Antioxidant contents and activity of 1-methylcyclopropene (1-MPC) – treated “Empire” apples in air and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology Technology* 52: 30-37.

Fidler, J.C., North, C.J. (1967). The effect of conditions of storage on the respiration of apples. *Journal of Horticultural Science* 42: 207-221.

Funke, K, Blanke, M. (2004). Can reflective ground cover enhance fruit quality and colouration? *Journal of Food Agriculture and Environment* 3: 203-206.

Gautier, H., Capucine, M., Stevens, R., Serino, S., Genard, M. (2009). Regulation of tomato fruit ascorbate content is more highly dependent on fruit irradiance than leaf irradiance. *Annals of Botany* 103: 495-504.

Gautier, H., Diakou-Verdin, V., Bénard, C., Reich, M., Buret, M., Bourgaud, F. (2008). How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 1241–1250.

Giusti M. M., Wrolstad R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 00(1), F1.2.1.-F1.2.13. doi: 10.1002/0471142913.faf0102s00.

Green, S.R., Mc Naughton, K.G., Greer, D.H., Mc Leod, D.J. (1995). Measurement of the increased PAR and net all-wave radiation absorption by an apple tree caused by applying a reflective ground covering. *Agricultural and Forest Meteorology* 76: 163-183.

Guyot, S., Marnet, N., Drilleau, J. (2001). Thiolytic-HPLC characterization of apple procyanidins covering a large range of polymerization states. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 14-20.

Hammerstone, J., Lazarus, S., Schmitz, H. (2000). Procyanidin content and variation in some commonly consumed foods. *The Journal of Nutrition* 130: 2086S-2092S.

Harel, E., Mayer, A. M., Shain, Y. (1966). Catechol oxidase, endogenous substrates and browning in developing apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 17:389-392.

- Hostetler, G.L., Merwin, I.A., Brown, M.G., Padilla-Zakour, O. (2007). Influence of geotextile mulches on canopy microclimate, yield, and fruit composition of cabernet franc. *American Journal Enology Viticulture* 58: 431-442.
- Iglesias, I., Alegre, S. (2009). The effects of reflective film on fruit color, quality, canopy light distribution, and profitability of 'Mondial Gala' Apples. *HortTechnology* 19: 488-498.
- Iglesias, I., Salvia, J., Torguet, L., Montserrat, R. (2005). The evaporative cooling effects of overtree microsprinkler irrigation on Mondial Gala apples. *Scientia Horticulturae* 103: 267-287.
- Jimenez, A., Creissen, G., Kular, B., Firmin, J., Robinson, S., Verhoeyen, M. (2002). Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta* 21: 4751-758.
- Ju, A., Duan, Y., Ju., Z. (1999). Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in 'Fuji' apples. *Scientia Horticulturae* 82:47-56.
- Ju, Z., Liu, C., Yuan, Y. (1995). Activities of chalcone synthase and UDPGal : flavonoid-3-o-glycosyltransferase in relation to anthocyanin synthesis in apple. *Science Horticulturae* 63: 175-185.
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Raucha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 3954-3962.
- Kalinowska, M., Bielawska, A., Lewandowska-Siwkiewicz, H., Priebe., W., Lewandowski, W. (2014). Content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiology and Biochemistry* 84: 169-188.

Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A., Prior, R. (1999). Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:4638-4644.

Keserović, Z., Magazin, N., Injac, M., Totis, F., Milić, B., Dorić, M., Petrović, J. (2014). *Integralna proizvodnja jabuke*. Topograf, Zagreb.

Kevers, C., Pincemail J., Tabart J., Defraigne J.O., Dommes J. (2011). Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 6165–6171.

Kondo, S., Truda, K., Muto, N., Ueda, J. (2002). Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development on selected apple cultivars. *Scientia Horticulturae* 96: 177-185.

Krpina, I., Vrbanek, J., Asić, Antonija, Ljubičić, M., Ivković, F., Ćosić, T., Štambuk, S., Kovačević, I., Perica, S., Nikolac, N., Zeman, I., Zrinščak, V., Cvrlje, M., Janković-Čoko, D. (2004). *Voćarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb.

Lancaster, J.E. (1992). Regulation of skin color in apples. *Critical Reviews in Plant Sciences* 10: 487–502.

Leja, M., Mareczek, A., Ben, J. (2003). Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry* 80: 303–307.

Lin-Wang, K., Micheletti, D., Palme, J., Volz, R., Lozano, L., Espley, R., Hellens, R.P., Chagne, D., Rowan D.D, Troggo, M., Iglesias, I., Allen, A.C. (2011). High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanin regulatory complex. *Plant, Cell Environ.* 34: 1176–1190.

Lu, Z., Zhang, Z., Wu, H., Zhou, Z., Yu, J. (2016). Phenolic composition and antioxidant capacities of Chinese local pummelo cultivars' peel. *Horticultural Plant Journal* 2: 133–140

Mareczek, A., Leja, M., Ben, J. (2000). Total phenolics, anthocyanins and antioxidant activity in the peel of the stored apples. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 8: 59-64.

Matthes, A., Schmitz-Eiberger, M. (2009) Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 82: 152-157.

McGhie, T.K., Hunt, M., Baret, L.E. (2005). Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.53: 3065–3070.

Meinhold, T., Damerow, L., Blanke, M. (2011). Reflective materials under hailnet improve orchard light utilization, fruit quality and particular fruit colouration. *Scientia Horticulturae* 127: 447-451.

Mika, A., Treder, W., Buler, Z., Rutkowski, K., Michalska, B. (2007). Effects of orchard mulching with reflective mulch on apple tree canopy irradiation and fruit quality. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* Vol. 15: 41-53.

Miller, S.S., Green, G.M. (2003). The use reflective film and ethephon to improve red skin color of apples in the mid- Atlantic region of the United States. *HortTechnology* 13: 90-99.

Miljković, I. (1991). *Suvremeno voćarstvo*. Nakladni zavod Znanje, Zagreb.

Mišić, P.D. (1978) *Jabuka*. Nolit, Beograd.

Morrison, J.C., Noble, A.C. (1990). The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *American Journal of Enology and Viticulture* 41: 193–200.

Mosel, H., Herman, K. (1974). Changes in catechins and hydroxycinnamic acid derivatives during development of apples and pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25: 251-256.

Napolitano, A., Cascone, A., Graziani, G., Ferracane, R., Scalfi, L., Di Vaio, C., Ritieni, A., Fogliano, V. (2004). Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 : 6526-6531.

Osrečak, M., Karoglan, M., Kozina, B. (2016). Influence of leaf removal and reflective mulch on phenolic composition and antioxidant activity of Merlot, Teran and Plavac mali wines (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae* 209: 261-269.

Osrečak, M., Karoglan, M., Kozina, B., Preiner, D. (2015). Influence of leaf removal and reflective mulch on phenolic composition of white wines. *Journal International Sciences Vigne Vin*. 49: 183–193.

Overbeck, V., Blanke, M. M., Schmitz-Eiberger, M.A. (2014). Healthier fruit with extenday? *Acta Horticulturae* 1058, ISHS 2014.

Paradis, C., Castaigne, F., Desrosiers, T., Fortin, J., Rodrigue, N., Willemot, C. (1996). Sensory, nutrient and chlorophyll changes in broccoli florets during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Quality* 19: 303–316.

Podsędek, A., Wilska-Jeszka, J., Anders, B., Markowski, J. (2000). Compositional characterization of some apple varieties. *European Food Research Technology* 210: 368-372.

Price, S.F., Breen, P.J., Valladao, M., Watson, B.T. (1995). Cluster sun exposure and quercetin in Pinot noir grapes and wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 46: 187–194.

Prive, J.P., Russell, L., Leblanc, A. (2008). Use of Extenday reflective groundcover in production of „Gala“ apples (*Malus Domestica*) in New Brunswick, Canada: 1. Impact on

conopy microclimate and leaf gas exchange. *New Zealand Journal of Crop and Science Horticulturae* 36: 221-231.

Quattrocchio, F., Wing, J.F., Lepp, H., Mol, J., Koes, R.E. (1993). Regulatory genes controlling anthocyanin pigmentation are functionally conserved among plant species and have distinct sets of target genes. *The Plant Cell* 5:1497–1512.

Ritenour, M., Khemira, H. (1997). Red colour development of apple: a literature review. Postharvest Information Network. Wenatchee, WA, Tree Fruit Research and Extension Center, Washington State University. 10 p.

Robin, J.P., Suvage, F.X., Boulet, J.C., Sanard, B., Flanzy, C. (1996). Reinforcement of the radioactive and thermic stress on the grape vine in field conditions using a reflective soil cover. Repercussions on the must and on the wine quality. IVth International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology. Rochester, NY, USA.

Saari, N.B., Fujita, S., Miyazoe, R., Okugawa, M. (1995). Distribution of ascorbate oxidase activities in the fruits of family cucurbitaceae and some of their properties. *Journal of Food Biochemistry* 19 : 321–327.

Saure, M.C. (1990) External control of anthocyanin formation in apple. *Scientia Horticulturae* 42: 181–218.

Singleton, V. L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry a total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.

Solfanelli, C., Bartolin, S., Vitagliano, C., Lorenzi, R. (2006). Immunolocalization and quantification of IAA after self- and free-pollination in *Olea europaea* L. *Scientia Horticulturae* 110: 345–351.

Solhjo, S., Gharaghani, A., Fallahi, E. (2017). Calcium and Potassium Foliar Sprays Affect Fruit Skin Color, Quality Attributes, and Mineral nutrient Concentrations of „Red Delicious“ Apples. *International Journal of Fruit Science* 17: 358-373.

Stajanko, D. (2015). Dinamičko kontrolirano skladištenje jabuka. *Glasnik zaštite bilja* 5: 32-39.

Statistički ljetopis Republike Hrvatske, Statistical yearbook of the Republic of Croatia GOLDEN SLRHED, ISSN 1333-3305. Godina 50, Year Zagreb 2018, Decembar.

Sun, J., Chu, Y., Wu, X., Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7449-7454.

Sun, R.-Z., Cheng, G., Li, Q., He, Y.-N. , Wang, Y., Lan, Y.-B., Li, S.-Y., Zhu, Y.-R. , Song, W.-F. , Zhang, X., Cui, X.-D. , Wu Chen, W., Wang, J. (2017). Light-induced variation in phenolic compounds in Cabernet Sauvignon Grapes (*Vitis vinifera* L.) involves extensive transcriptome reprogramming of biosynthetic enzymes, transcription factors, and phytohormonal regulators. *Frontiers in Plant Science* 8: 1-18.

Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist* 203: 32–43.

Štampar, K., (1966). Opće voćarstvo. Interna skripta. Poljoprivredni fakultet, Zagreb.

Takos, A.M., Jaffé, F.W., Jacob, S.R., Jochen, B., , S.P., Walker, A.R. (2006). Light-induced expression of a MYB gene regulates anthocyanin biosynthesis in red apples & nbsp. *Plant Physiology* 142:1216–1232.

Toye, J. (1995). Reflective mulches-New Zeland leads the way. *The Orchardist* 68: 58-60.

Ubi, B., Honda, C., Bessho, H., Kondo, S., Wada, M., Kobayashi, S.T. (2006). Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: effect of UV-B and temperature. *Plant Science* 170: 571–578.

Van der Sluis, A., Dekker, M., De Jager, A., Jongen, W.M.F. (2001). Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: Effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 3606-3613.

Vujević, P., Milinović, B., Jelačić, T., Halapija Kazija, D., Čiček, D. (2011). Sorte voćnih vrsta 2011. Pokušalište Donja Zelina. JABUKA • KRUŠKA. Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zagreb.

Wang, S. Y., Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 140- 146.

Wang, N., Zhang, Z., Jiang, S., Xu, H., Wang, Y., Feng, S., Chen, X. (2016). Synergistic effects of light and temperature on anthocyanin biosynthesis in callus cultures of red-flashed apple (*Malus sieversii f. niedwetzkyana*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 127: 217-227.

Wolfe, K., Wu, X., Liu, R.H. (2003). Antioxidant Activity of Apple Peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 609-614.

Zechmann, B. (2011). Subcellular distribution of ascorbate in plants. *Plant Signaling & Behavior* 6:360–363.

ZhengHua, L., Hiroshi, G., Shuichi I. (2001). Stimulation of „Fuji“ apple skin color by ethephon and phosphorus-calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scientia Horticulturae* 94: 193-199.

Zhiqiang, J., Yousheng, D., Zhiguo, J. (1999). Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in Fuji apples. *Scientia Horticulturae*, 82: 47-56.

Zubeckis, E., (1962). Ascorbic acid content of fruit grown at Vineland, Ontario. Report of the Horticultural Experiment Station and Products Laboratory, Vineland, Ont., Canada, pp. 90–96.

WEB IZVORI

WEB 1 FAOSTAT (2019) : <http://faostat.fao.org/site> (13.8.2019.).

WEB 2 Apple Industry Key Facts

<http://www.e-belrose.com/AppleIndustryKeyFacts09.htm>(13.8.2019.).

WEB 3 Reflektirajuće folije za kvalitetnije plodove jabuke

<https://gospodarski.hr/rubrike/vocarstvo-vinogradarstvo/reflektirajuce-folije-za-kvalitetnije-plodove-jabuke/>(13.8.2019.).

WEB 4 Idared

<http://www.vrtovi-voca.hr/hr/sorte-jabuka/idared/>(13.8.2019.).

7. PRILOZI


Prilog 1. Metodički dio

PLAN NASTAVNOG SATA

Ime i prezime nastavnika	Škola	Datum
Jasminka Nuić	Prehrambeno-tehnološka škola	

Nastavna jedinica /tema	Razred
Vitamini	1.razred tehničarnutricionist
Temeljni koncepti	Ključni pojmovi
Makrokoncept: Energija u živome svijetu Koncept 1: Iskorištavanje energije na razini ljudskog organizma Koncept 2: Povezanost energetske potrebe u različitim fiziološkim stanjima organizma	hranjive tvari, vitamini, topljivost vitamina, nedostatak/manjak i višak vitamina, poremećaji u organizmu
Cilj nastavnog sata (nastavne teme)	
Razumjeti potrebu vitamina za normalno odvijanje fizioloških funkcija u ljudskom organizmu.	

Ishodi učenja				
1. Objasniti važnost hrane kao izvora gradivnih tvari, energije i zaštitnih tvari. 2. Objasniti njihov utjecaj na zdravlje. 3. Povezati manjak ili višak vitamina s različitim poremećajima u organizmu.				
Br.	Razrada ishoda nastavne jedinice	Zadatak/ primjer ključnih pitanja za provjeru ostvarenosti ishoda	KR	PU
1.1.	Objasniti uloge hranjivih tvari u organizmu.	Koje hranjive tvari sudjeluju u izgradnji našeg organizma?(R1) Navedi uloge hranjivih tvari. (R1) Kada smo prehladeni pijemo čaj s limunom. Koja je važnost limuna u toj situaciji? (R2) Što bi savjetovao/la prijatelju da pojede neposredno prije utrke na 200m: sendvič s ribljim odreskom ili krišku kruha s medom?Objasni (R2)	R1 R2	
1.2	Povezati procese metabolizma s ulogom hranjivih tvari u organizmu.	Objasni proces izmjene tvari ili metabolizam. (R1) Za pravilan rast i razvoj našeg organizma potrebna je energija koja je u kemijskom obliku pohranjena u hranjivim tvarima. Energija je neophodna i za odvijanje važnih životnih procesa u stanicama. Kojim se procesima oslobađa energija u mitohondrijima stanica? (R1)	R1	
2.1.	Navesti vitamine topljive u mastima i vitamine topljive u vodi.	Nabroji vitamine topljive u mastima. (R1) Nabroji vitamine topljive u vodi. (R1)	R1 R2	

		<p>Objasni koja je razlika u apsorpciji vitamina topljivih u mastima i vitamina topljivih u vodi? (R1)</p> <p>Zašto je pri kuhanju juhe od mrkve važno u juhu dodati malo masnoće? Koja je uloga masnoće? Objasni. (R2)</p>									
2.2.	<p>Objasniti uloge vitamina u organizmu i navesti namirnice u kojima se nalaze.</p>	<p>Navedi svojstva i funkcije vitamina. (R1)</p> <p>Promotri slike i za svaki vitamin navedi namirnice u kojima se nalazi. (R1)</p>  <p>Koji vitamin sudjeluje u zgrušavanju krvi? (R1)</p> <ol style="list-style-type: none"> Vitamin A Vitamin K Vitamin D Vitamin B. <p>Naša koža ima sposobnost stvaranja vitamina D. Možemo li na neki način utjecati na našu kožu da stvara više vitamina D? (R2)</p> <p>Može li čovjek sam sintetizirati sve potrebne vitamine? Objasni. (R1)</p>	R1 R2								
		<p>Dopuni tablicu. (R1)</p> <table border="1" data-bbox="735 1563 1326 1765"> <thead> <tr> <th>vitamini</th> <th>manjak/nedostatak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>skorbut</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>pelagra, beri-beri</td> </tr> <tr> <td></td> <td>rahitis</td> </tr> </tbody> </table> <p>Koji su od navedenih vitamina topljivi u mastima? (R1)</p> <p>Objasni je li višak vitamina u organizmu štetan? (R1)</p>	vitamini	manjak/nedostatak	A	skorbut	E	pelagra, beri-beri		rahitis	R1
vitamini	manjak/nedostatak										
A	skorbut										
E	pelagra, beri-beri										
	rahitis										
<p>Kognitivna razina (KR): I. reprodukcija, II. konceptualno razumijevanje i primjena znanja, III. rješavanje problema Procjena uspješnosti učenja (PU): - odgovara manje od 5 učenika, +/- odgovara otprilike polovina učenika, + odgovara većina učenika</p>											

Tijek nastavnog sata						
Tip sata	Obrada novih nastavnih sadržaja	Trajanje	jedan sat (45 minuta)			
STRUKTURNI ELEMENT NASTAVNOG SATA	DOMINANTNA AKTIVNOST	BR. ISHODA	KORISTI U IZVEDBI	METODA	SOCIOLOŠKI OBLIK RADA	TRAJANJE (min)
UVODNI DIO (motivacija i najava teme)	N ⇒ Na početku sata pozdravlja učenike. Pita učenike : Zašto moramo jesti hranu bogatu vitaminima? Očekivani odgovor: jer nas štite od bolesti te sudjeluju u odvijanju brojnih životnih procesa. U ⇒ aktivno se uključuju u uvodni razgovor i iznose svoja mišljenja. N ⇒ Ako neki učenik zabunom odgovori da nam vitamini daju energiju započinje rasprava o podjeli i ulogama hranjivih tvari gledajući shemu podjele hranjivih tvari na PP-u. Nastavnik postavlja dodatno pitanje : Možemo li od vitamina kao sastojka hrane koji je potreban u vrlo malim količinama očekivati da će biti izvor energije? U ⇒ Uz pomoć nastavnika i dodatnog pitanja dolaze do zaključka da vitamini nisu izvor energije ali sudjeluju u oslobađanju energije u organizmu.		PP	R I	F	3
	N ⇒ Piše naslov na ploču. U ⇒ U bilježnicu zapisuju naslov "Vitamini" N ⇒ Upoznaje učenike s tijekom sata na kojem će navesti 13 poznatih vitamina, podjelu prema topljivosti, izvore u hrani, funkcije u organizmu te spomenuti poremećaje i bolesti koje se mogu razviti ako ih hranom ne unosimo ili ih unosimo previše.		P	R I	F	2
SREDIŠNJI DIO (obra- dovanih nastavnih sadržaja)	N ⇒ Pitanjima potiče učenike na razmišljanje o važnosti hranjivih tvari. U ⇒ Uz pomoć pitanja nastavnika navode razloge važnosti hranjivih tvari za organizam.	1.1. 1.2.		R I	F	2
	N ⇒ Pitanjima potiče učenike na razmišljanje o topljivosti vitamina u mastima i u vodi. U ⇒ Učenici uz pomoć nastavnika/ce, navode vitamine topljive u mastima i u vodi te zaključuju koja su njihova svojstva obzirom na topljivost. U ⇒ U bilježnicu zapisuju dio plana učeničkog zapisa vezano za vitamine topljive u mastima i vitamine topljive u vodi te njihova svojstva.	2.1		R I	F	3
	U ⇒ Pomoću slike na PP-u prepoznaju vitamine i za svaki vitamin navode namirnice u kojima se nalazi i na temelju postavljenih pitanja upoznaju neka svojstva i uloge vitamina. N ⇒ Uz pomoć PP-a navodi 13 poznatih vitamina, izvore u hrani, funkcije u organizmu te poremećaje i bolesti koji nastaju zbog nedostatka/manjka ili viška vitamina u organizmu. U ⇒ U bilježnicu zapisuju dio plana učeničkog zapisa vezanog za navedeno.	2.2.	PP	R I	F	3 4 4
	N ⇒ Podjeli učenike u 4 grupe (po 5,6 učenika). Svakoj grupi podjeli listić na kojem je slika u kružnom obliku sa napisanim vitaminima i namirnicama koje ih sadrže (Prilog 2.). Učenike usmeno upoznaje s uputama igre "Vitamin istine". U ⇒ Na listiću sa slikom rotiraju olovku. Kada se olovka zaustavi i vrhom pokaže na određeni vitamin u bilježnicu zapisuju odgovore na pitanja koji su na listiću. N ⇒ Tijekom trajanja grupnog rada obilazi grupe te kontrolira njihov rad. Usmjerava učenike, pruža pomoć i podršku.		RL	R T	G I F	9
	U ⇒ Predstavnik svake grupe izlazi ispred ostalih učenika te prezentira rad svoje grupe. Nakon što su svi predstavnici prezentirali odgovore zajedno s nastavnikom provjeravaju točnost odgovora. N ⇒ Nadopunjuje izlaganje učenika ukoliko je to potrebno.				I F	5
	N ⇒ Dijeli svakom učeniku radni listić za ponavljanje (Prilog 3.). Određuje vrijeme rješavanja zadatka. U ⇒ Rješavaju radni listić za ponavljanje. Nakon isteka vremena, čitaju odgovore. Ukoliko ne stignu riješiti zadatak tijekom nastavnog sata, učenici će ga riješiti za domaću zadaću. N ⇒ Proziva dobrovoljce ili samostalno proziva ako se nitko od učenika ne javi. Po potrebi postavlja dodatna pitanja ili nadopunjava odgovore.			RL	I I F	5 5

Nositelji aktivnosti: N – nastavnik, U – učenici (dodati i mijenjati uloge ukoliko je potrebno uz svaku aktivnost)
Koristi u izvedbi: RL – radni listić za učenike, UDŽ – udžbenik, RB – radna bilježnica, P – ploča, PM – prirodni materijal, E – pokus/eksperiment, MD – model, AP – aplikacija, PP – projekcija prezentacije, V – video zapis, A – animacija, I – igra, IU – igranje uloga, RS – računalna simulacija, M – mikroskop, L – lupa, F – fleks kamera, T – tablet, MO – mobitel, OP – organizator pažnje, AL – anketni listić TM – tekstualni materijali (dodati prema potrebi)
Metode: PR – praktični radovi, D – demonstracija, C – crtanje, I – usmeno izlaganje, R – razgovor, T – rad na tekstu i pisanje
Oblici rada: I – individualno, P – rad u paru, G – grupni rad, F – frontalno

Materijalna priprema

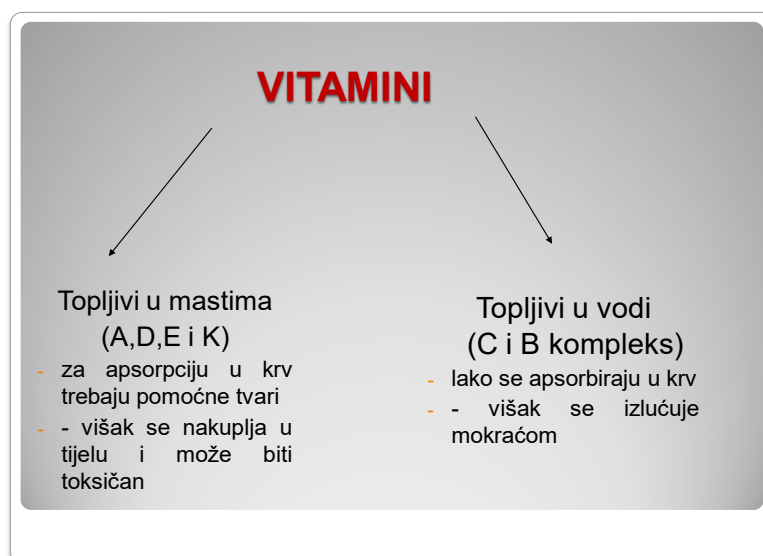
Računalo, LCD projektor, PPT prezentacija, radni listići za grupni rad, radni listići za ponavljanje, ploča, kreda.

Plan učeničkog zapisa

VITAMINI

VITAMINI-esencijalni mikronutrijenti

- Organske tvari
- Potrebni za normalno funkcioniranje organizma
- Djeluju na metabolizam
- Biokatalizatori
- Nemaju energetske vrijednosti
- Unose se hranom u organizam
- Nedostatak/manjak ili višak u organizmu izaziva poremećaje i bolesti
- **Poznato je 13 vitamina**



- **HIPOVITAMINOZA**- nedovoljna zastupljenost vitamina u prehrani
- **HIPERVITAMINOZA**- višak nekog vitamina u organizmu
- **AVITAMINOZA**- nedostatak vitamina koji uzrokuje bolesti (skorbut, beri beri, pelagra, rahitis...)

Prilagodba za učenike s posebnim potrebama

PRILAGOĐENI PROGRAM I REDOVNI PROGRAM UZ PRIMJENU INDIVIDUALIZIRANIH POSTUPAKA (ČL.4)

- Detaljna prilagodba nastavnih sadržaja, kao i postupci prilagođavanja opisani su u godišnjem prilagođenom planu i programu koji je izrađen za svakog učenika pojedinačno.
- Strategije i postupci podrške (metode i postupci prilagodbe/individualizacije te aktivnost učenika) opisani su u godišnjem individualiziranom planu i programu koji je izrađen za svakog učenika pojedinačno.

Prilozi

Prilog 1. PPT PREZENTACIJA

Prilog 2. Radni listić sa uputama za igru "Vitamin istine"

Prilog 3. Radni listić za ponavljanje

Prilog 1. PPT PREZENTACIJA

VITAMIN D (kalciferol)

- Važan je za kosti (veže kalcij u kosti i zube)
- Gdje ima vitamina D?
 - Plava morska riba, mlijeko, žumanjak
 - Nastaje u našoj koži kada se sunčamo
- **Manjak:** bolovi u kostima, prijelomi, slabost mišića
- **Nedostatak:** bolest – rahitis (djeca)

VITAMIN E (tokoferol)

- Djeluje kao antioksidans (sprečava starenje i uništavanje stanica)
- Važan za stvaranje eritrocita
- Gdje ga ima?
 - biljna ulja, margarin, jaja, zeleno lisnato povrće, cjelovito zrnje, pšenične klice
- **Nedostatak –rijedak**
- **Višak – problemi s vidom**
 - Povećava rizik raka prostate!

Vitamin K

- Nužan za normalno grušanje (koagulaciju) krvi
- Gdje ga ima?
 - jetra, jaja, karfiol, zeleno lisnato povrće
 - Sintetiziraju ga i probiotičke bakterije u našem debelom crijevu

Vitamin C (askorbinska kiselina)

- Bitan za:
 - razvoj i regeneracija tkiva, krvnih žila, kostiju i zuba
 - pomaže apsorbciju željeza
 - važan antioksidans
 - jačanje imuniteta
- Gdje ga ima?
 - limun, naranča, grejp- agrumi!
 - kivi, bobičasto voće,
 - zeleno lisnato povrće, brokula, krumpir, paprika
- Nedostatak: bolest – skorbut (rijedak)
- Manjak: pad imuniteta, krvarenje desni, ispadanje zubiju

Vitamin B1 (Tiamin)

- Bitan za:
 - oslobađanje energije iz ugljikohidrata
 - čuva zdravlje živčanog sustava (za mozak!)
- Gdje ga ima?
 - kruh od cjelovitog brašna, cjelovite žitarice, pšenične klice
 - mahunarke, orašasti plodovi,
 - meso, kvasac
- Nedostatak: bolest **beri-beri** (bol u udovima, promjene u boji kože) - alkoholičari

vitamin B2 (riboflavin)

- Bitan je za:
 - oslobađanje energije
 - čuva zdravlje kože
- Gdje ga ima?
 - mlijeko i mliječni proizvodi, meso
 - zeleno lisnato povrće, grašak
 - orašasti plodovi
- Nedostatak: ispucali uglovi usana, crven jezik, grebanje očiju, dermatitis, opadanje kose

Vitamin B3 (niacin)

- Potreban za:
 - oslobađanje energije
 - potpomaže sintezu bjelančevina, masti i DNA
 - čuva zdravlje kože i živčanog sustava
- Gdje ga ima?
 - meso, riba,
 - mahunarke,
 - cjelovito zrnje
 - orašasti plodovi
- Nedostatak: bolest **pelagra** (hrapava koža, proljevi, demencija)

Vitamin B5 (pantotenska kiselina)

- potpomaže metabolizam UH, P i M
- razni izvori ("sveprisutna")
- Nedostatak: rijedak
 - povraćanje, uznemirenost, bolove u trbuhu, žarenje stopala, grčenje mišića, infekcije gornjih dišnih organa.

Vitamin B6 (piridoksin)

- potpomaže metabolizam bjelančevina
- sinteza esencijalnih masnih kiselina
- stvaranje hemoglobina i eritrocita
- Gdje ga ima?
 - jetra, meso, riba
 - mahunarke
 - cjelovito zrnje
- Nedostatak: niski šećer u krvi te niska podnošljivost glukoze, ukočenost i grčenje u rukama i nogama, smetnje vida, gubitak kose

Vitamin B7 (biotin, vitamin H)

- Sudjeluje u metabolizmu masti, ugljikohidrata i bjelančevina
- Gdje ga ima?
 - Žumanjak jajeta,
 - Jetra
 - Zeleno lisnato povrće (blitva)
 - Sintetiziraju ga bakterije u našim crijevima
- Nedostatak: gubitak kose, konjuktivitis, dermatitis (osip oko sluznica na licu);
- neurološki poremećaji (depresija, halucinacije, letargija, trnci u nogama i rukama; rascjep nepca kod novorođenčadi)

Vitamin B9 (folna kiselina)

- Bitan je za:
 - rast novih stanica
 - stvaranje eritrocita
- Ima ga u:
 - zeleno lisnato povrće, mahunarke
- Vrlo bitan za normalan razvoj ploda u prvom djelu trudnoće!!!
- Nedostatak: kao i B12(anemija), slabi rast, razdražljivost, pojačan rast sijedih dlaka

Vitamin B12 (kobalamin)

- potpomaže metabolizam UH, P i M
- stvaranje eritrocita
- očuvanje živčanih stanica i stanica mozga
- Gdje ga ima?
 - meso, jaja, riba
- Isključivo u namirnicama animalnog podrijetla!
- Nedostatak: anemija, crveni jezik, rast sijedih dlaka

Prilog 2. Radni listić za igru "Vitamin istine".



1. Kojoj skupini vitamina pripada?
2. Koja mu je funkcija u organizmu?
3. Koje namirnice su izvor ovog vitamina?
4. Koje zdravstvene probleme izaziva nedostatak/manjak ili višak ovog vitamina?

Prilog 3. Radni listić za ponavljanje

Odgovori na pitanja:

1. Koje hranjive tvari sudjeluju u izgradnji našeg organizma?

2. Navedi uloge hranjivih tvari.

3. Objasni proces izmjene tvari ili metabolizama.

4. Nabroji vitamine topljive u mastima.

5. Nabroji vitamine topljive u vodi.

6. Objasni koja je razlika u apsorpciji vitamina topljivih u mastima i vitamina topljivih u vodi?

7. Navedi svojstva i funkcije vitamina.

8. Koji vitamin sudjeluje u zgrušavanju krvi? Zaokruži točan odgovor.

- a) Vitamin A
- b) Vitamin K
- c) Vitamin D
- d) Vitamin B.

9. Dopuni tablicu.

vitamini	manjak/nedostatak
A	
	skorbut
E	
	pelagra, beri-beri
	rahitis

10. Koji su od navedenih vitamina topljivi u mastima?

11. Objasni je li višak vitamina u organizmu štetan?

Literatura

Tanay, Lj., Hamel, D.: Prehrana i poznavanje robe, udžbenik za 1. razred hotelijersko-turističke škole i ugostiteljsko-turističke škole, Zagreb, Školska knjiga, 2009.

Horvat, B., Korač šubaša, A. : Biologija priručnik za pripremu ispita na državnoj maturi, Zagreb, Profil Klett, 2016.

Zabilježbe nakon izvedbe
