FIZIOLOŠKA I EKOLOŠKA ZNAČAJNOST FENOLNIH SPOJEVA U BILJCI

Lovrić, Stojan

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:216701

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Stojan Lovrić

Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Bilinogojstvo

FIZIOLOŠKA I EKOLOŠKA ZNAČAJNOST FENOLNIH SPOJEVA U BILJCI

Završni rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Stojan Lovrić

Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Bilinogojstvo

FIZIOLOŠKA I EKOLOŠKA ZNAČAJNOST FENOLNIH SPOJEVA U BILJCI

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Doc.dr.sc. Vladimir Jukić, predsjednik
2. Doc.dr.sc. Vesna Rastija, mentor
3. Doc.dr.sc. Krunoslav Karalić, član

Osijek, 2014.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. SEKUNDARNI BILJNI METABOLITI 2
3. FENOLNI SPOJEVI 4
3.1. Sinteza fenolnih spojeva 4
3.2. Klasifikacija fenolnih spojeva 5
3.3. Fenolni spojevi u kemotaksonomiji 7
3.4. Rasprostranjenost fenolnih spojeva u biljnom svijetu 8
3.4.1. Flavonoidi u glogovu listu i cvjetu 8
3.4.2. Antocijani 9
3.4.3. Tanini 11
3.4.4. Fenolne kiseline 13
3.4.5. Kumarini 14
3.4.6. Lignani 14
4. FIZIOLOŠKA I EKOLOŠKA ZNAČAJNOST FENOLNIH SPOJEVA U BILJCI 15
4.1. Zaštita od UV zračenja 15
4.2. Fenoli kao signalni spojevi 16
4.3. Fenoli kao pigmenti 16
4.4. Uloga fenola u rastu biljke 17
4.5. Zaštitna uloga fenolnih spojeva 17
4.5.1. Antifungalno djelovanje 17
4.5.2. Inducirana otpornost prema bolestima 17
4.5.3. Lignifikacija 17
4.5.4. Fitoaleksini 18
4.5.5. Uloga u vezi biljke s kukcima 18
5. ZAKLJUČAK 19
6. LITERATURA 20
7. SAŽETAK 26
8. SUMMARY 27
9. POPIS SLIKA 28

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 29

1. UVOD

Biljni fenoli su sekundarni metaboliti koji uključuju nekoliko strukturno različitih grupa prirodnih spojeva nastalih različitim biosintetskim putovima. Fenoli su skupina spojeva koji se sastoje od hidroksilne skupine (-OH) vezane izravno na aromatski ugljikovodik. Najjednostavniji takav spoj je fenol (C_6H_5OH). Iako slični alkoholima, imaju jedinstvena svojstva te se ne svrstavaju u alkohole (zbog toga što hidroksilna skupina nije vezana na zasićeni atom ugljika, već direktno na aromatski ugljikovodik).

Te se supstancije nalaze u vakuolama biljnih stanica gdje se općenito javljaju kao glikozidi topljivi u vodi, a šećerni ostaci i načini vezanja pokazuju veliku raznolikost. Za razliku od primarnih biljnih metabolita koji su neophodni za život i razvoj stanice, sekundarni metaboliti su spojevi koji ne sudjeluju izravno u fotosintezi i metabolizmu disanja. Dugo se smatralo da su sekundarni biljni metaboliti samo otpadni proizvodi primarnog metabolizma i da je njihovo nakupljanje u stanicama samo posljedica nedostatka učinkovitog sustava za izlučivanje. Danas postoje brojni znanstveni dokazi da su ti spojevi nužni za preživljavanje biljke u okolišu.

Cilj ovog završnog rada je istražiti i pismeno sažeti najnovija saznanja o ulozi fenolnih spojeva u biljci kao i njihovu prisutnost u pojedinom biljnim vrstama.

2. SEKUNDARNI BILJNI METABOLITI

Rast i razvoj biljke, kao i njezin opstanak te komunikacije s okolinom regulirani su velikim brojem molekula sintetiziranih u biljci, poznatih pod nazivom biljni metaboliti. Biljni metaboliti dijele se u dvije skupine: na primarne i sekundarne metabolite (Kliebenstein i Osbourn, 2012.). Jedan od najvećih problema u istraživanju sekundarnih metabolita jest nedostatak metoda za njihovu detekciju, kao i detekciju njihovih prekursora i derivata te nedostatak komercijalno dostupnih standarda. U posljednjih nekoliko godina veliki je napredak postignut u razvoju novih metoda visoke razlučivosti i osjetljivosti. Nažalost, u biljkama postoji velik broj sekundarnih metabolita prisutnih u količinama koje su još uvijek ispod granice detekcije postojećih modernih uređaja što otežava istraživanja njihovih biosintetskih puteva (Bednarek i Osbourn, 2009). Osim važnih uloga u biljci, upravo su mnogi sekundarni metaboliti odgovorni za blagotvoran i pozitivan učinak biljaka na zdravlje ljudi, stoga ih se često naziva i bioaktivnim komponentama, fitokemikalijama i neutraceutici. Do sada je otkriveno oko 100 000 različitih bioaktivnih spojeva, a ta brojka gotovo svakodnevno povećava (Ribera i Zuniga, 2012).

Sekundarni biljni metaboliti dijele se na tri velike skupine: fenole, terpene te spojeve s dušikom (alkaloide, glukozinolate i cijanohidrate) (Bourgaud i sur., 2001; Crozier i sur., 2006). (**Tablica 1**)

Predstavnici iz skupine fenolnih spojeva pristuni su u svim biljkama dok su npr. alkaloidi puno specifičniji za pojedinu vrstu ili kultivar (Bourgaud i sur., 2001) što ponajprije ovisi o njihovoj ulozi u samoj biljci. Fenolni spojevi su npr. uključeni u sintezu lignina, koji je prisutan u svim biljnim vrstama, dok se alkaloidi koji imaju puno specifičnije uloge sintetiziraju u specifičnim uvjetima i samo u pojedinim vrstama ili kultivarima. Još nije u potpunosti razjašnjeno zašto samo u nekim biljkama dolazi do sinteze specifičnih sekundarnih metabolita. Novija istraživanja upućuju na to da su odgovorni određeni geni čija je regulacija ekspresije još nedovoljno istražena (Kliebenstein i Osbourn, 2012). Nadalje, mjesto sinteze sekundarnih metabolita u biljci nije ujedno i mjesto njihovog nakupljanja. Tako se hidrofilni spojevi najčešće akumuliraju u vakuolama dok su lipofilni pretežno prisutni u smolnim kanalima, uljnim stanicama, trihomama te kutikuli (Engelmeier i Hadacek, 2006). Iako detaljni procesi biosinteze sekundarnih metabolita u biljkama još uvijek nisu razjašnjeni,

poznato je da biosinteza većine metabolita proizlazi iz putova šikiminske kiseline, acetilkoenzima A, mevalonske kiseline te deoksiksiluloze 5-P (Dewick, 2002).

Tablica 1. Podjela sekundarnih metabolita na skupine i podskupine (Crozier i sur., 2006)

Polifenoli	Flavonoidi: flavonoli flavoni flavan-3-oli antocijani flavanoni izoflavoni Neflavonoidi: fenolne kiseline hidroksicinamati stilbeni
Spojevi sa sumporom	Glukozinolati Izotiocijanati
Terpeni	Monoterpeni Diterpeni Seskviterpeni Triterpeni Karotenoidi
Alkaloidi	Benzilizokvinolini Tropan alkaloidi Nikotin Terpenoid indol alkaloidi Purinski alkaloidi Pirolizidinski alkaloidi Kvinolizidinski alkaloidi Steroidal glikoalkaloidi Konini Betalaini

3. FENOLNI SPOJEVI

Fenolni spojevi su najveća skupina sekundarnih metabolita. Do sada ih je otkriveno oko 8000, a obuhvaćaju jednostavne spojeve poput fenolnih kiselina, ali i velike polimerizirane spojeve kao što su kondenzirani tanini. Sastoje se od jednog ili više aromatskih prstenova koji posjeduju jednu ili više hidroksilnih grupa (Dai i Mumper, 2010). Iako se fenolni spojevi najčešće spominju kao spojevi s fenolnim prstenom oni su zapravo veoma raznolika skupina sekundarnih metabolita zbog čega su u literaturi prisutni mnogi načini njihove klasifikacije: prema strukturi, na temelju broja ugljikovih atoma u molekuli, na temelju biološke aktivnosti, biosintetskog puta i sl. (Tsao, 2010).

3.1. Sinteza fenolnih spojeva u biljkama

Biosintetski put fenolnih spojeva u biljci uključuje putove šikiminske kiseline, fenilpropanoida i flavonoida. Kao što je spomenuto, polifenoli podrazumijevaju veliku skupinu sekundarnih metabolita. Iako se u posljednjih nekoliko godina intenzivno istražuju, detaljni koraci biosintetskih putova nisu još uvijek potpuno razjašnjeni te se u literaturi često nailazi na oprečne rezultate. Većina fenolnih kiselina su derivati *trans*-cimetne kiseline formirane deaminacijom L-fenilalanina uz pomoć L-fenilalaninamonijliaze (PAL). Enzim PAL povezuje primarni (biosintetski put šikiminske kiseline) sa sekundarnim metabolizmom (fenilpropanoidni biosintetski put), te ima ključnu ulogu u regulaciji sinteze fenolnih sekundarnih metabolita zbog čega je godinama upravo PAL bio najviše istraživani biljni enzim (Boudet, 2007). U biosintetski put fenolnih spojeva uključeno je više od šesnaest enzima iz skupine citokroma P450 monooksigenaza. Prva među njima je izolirana cinamat 4-hidroksilaza (C4H), a njezina inaktivacija u transgenim biljkama uzrokuje smanjenje količine klorogenske kiseline, flavonoida i lignina (Ruegger i Chapple, 2001; Reddy i sur., 2005). Enzimi 3-hidroksilaze su uključene u sintezu kava kiseline iz *p*-kumarinske kiseline (Schoch i sur., 2001; Nair i sur., 2002; Franke i sur., 2002), a važne su kod sinteze klorogenske (Mahesh i sur., 2007) i ružmarinske kiseline (Morant i sur., 2007). Među 5-hidroksilazama važna je ferulat 5-hidroksilaza (F5H) koja ima centralnu ulogu u sintezi lignina (Reddy i sur.,2005). Također, u sintezi lignina sudjeluju i *p*-kumarat-CoAligaze (4CL), a enzimi iz te porodice sudjeluju i u biosintezi flavonoida (Hu i sur., 1998). U biosintetskom putu polifenola važnu

ulogu imaju i dvije cinamil alkohol dehidrogenaze: CAL1 i CAL2 koje su uključene u biosintezu lignina i lignana (Damiani i sur., 2005).

Osim PAL enzima, fenolni spoj oksidaza (PPO) i fenolni spoj peroksidaza (PPD), dva su enzima važna za regulaciju razine fenolnih spojeva u biljci zbog uloge u oksidativnoj degradaciji fenolnih komponenata, što je bitno kod uporabe biljaka bogatih fenolnim spojevima u prehrambenoj industriji (Tomas-Barberan i Espin, 2001). PPO je lokalizirana u plastidima viših biljaka te uz prisutnost kisika katalizira hidroksilacijumonofenola u *o*-difenole i oksidaciju *o*-difenola u *o*-kinone koji zatim spontano bez djelovanja enzima polimeriziraju u heterogene crne, smeđe ili crvene pigmente poznate pod nazivom melanini. Takvi procesi su bitni kod ozlijede biljnog tkiva gdje dolazi do aktivacije PPO koja stvarajući spomenute polimerizirane pigmente zatvara mjesto ozljede te na taj način sprečava daljnje oštećenje tkiva ili ulazak insekata (Stevenson i Hurst, 2007). PPO može djelovati i kao promotor PPD koji u prisutnosti vodikova peroksida katalizira oksidaciju polifenolnih komponenata. Aktivnost PAL, PPO i PPD ovisi o različitim vanjskim čimbenicima koji utječu na razinu polifenolnih komponenata u biljci (Tomas-Barberan i Espin, 2001).

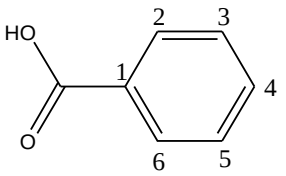
3.2. Klasifikacija fenolnih spojeva

Polifenoli su razvrstani u dvije osnovne skupine:

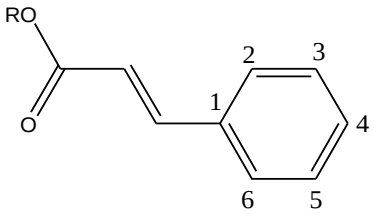
1. Fenolne kiseline
2. Flavonoidi

1. Fenolne kiseline

Razlikujemo dvije skupine fenolnih kiselina: derivate hidroksibenzojeve kiseline i derivate hidroksicimetne kiseline (**Slika 1**). U skupinu derivata hidroksibenzojeve kiseline ubrajamo: vanilinsku, siringičnu, galnu, *m*-hidroksibenzojevu, *p*-hidroksibenzojevu i gentizinsku kiselinu, dok u derivate hidroksicimetne kiseline ubrajamo: *o*-kumarinsku, *p*-kumarinsku, feruličnu, kavenu i klorogensku kiselinu.



a)



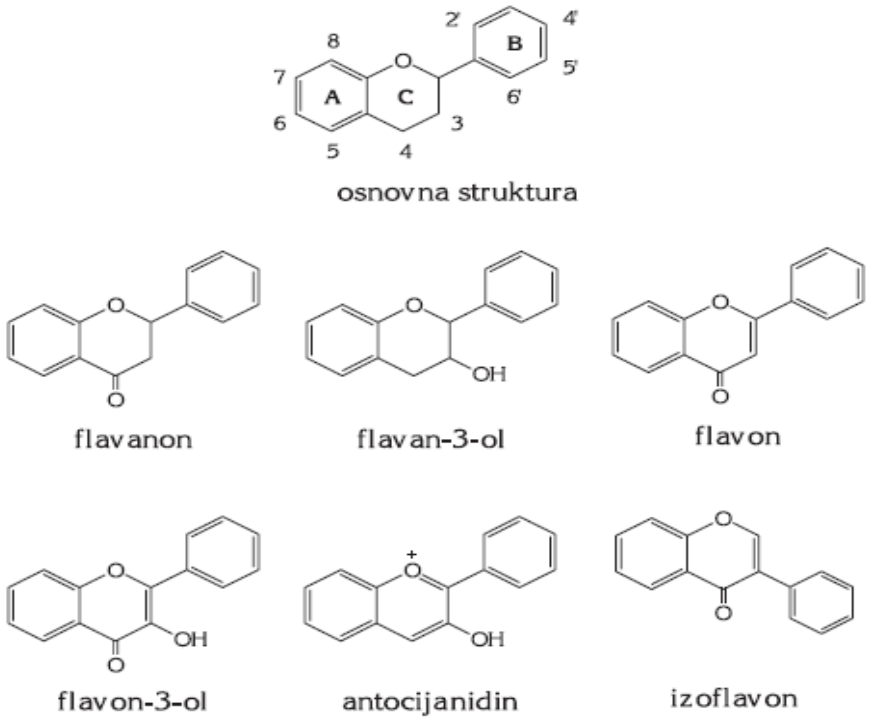
b)

Slika 1. Osnovna struktura: a) derivata hidroksibenzojeve kiseline i b) derivata hidroksicimetne kiseline

2. Flavonoidi

Flavonoidi su skupina fenolnih spojeva koji se nalaze u mnogim biljkama, koncentrirani u sjemenkama, koži ili kori voća, kori drveća, lišću i cvijeću. Velik broj ljekovitih biljaka sadrži flavonoide koji imaju izraženu antioksidacijsku i antiradikalsku aktivnost (Rice-Evans i sur.,1995; Bors i sur., 1984). Zato se flavonoidima pripisuju i mnoga terapijska djelovanja, npr. antibakterijsko, protuupalno, antialergijsko, antimutageno, antiviralno i antikancerogeno (Harborne, Williams, 2000; Havsteen, 1983), a znatno utječu na boju i okus hrane. Do danas je identificirano više od 6400 flavonoida.

Najraširenija je skupina flavonoida čija se temeljna struktura sastoji od C_{15} (C6-C3-C6) flavonskog kostura, odnosno dva benzenska prstena (A i B) povezana piranskim prstenom (C) koji sadrži kisik (**Slika 2).** Flavonoidi se međusobno razlikuju prema stupnju oksidacije centralnog piranskog prstena, izuzev halkona kod kojih je piranski prsten otvoren (Macheix i sur., 1990; Harborne, 1988). Prema topljivosti dijele se na lipofilne i hidrofilne flavonoide (Harborne i Baxter, 1999), a najčešće su prisutni u obliku *O*- i *C*- glikozida (Harborne, 1994).



Slika 2. Prikaz osnovne strukture i skupine flavonoida

3.3. Fenolni spojevi u kemotaksonomiji

Fenolni spojevi su mnogobrojna i diferencirana skupina sekundarnih metabolita prisutna u svim biljkama, iako njihova količina i sastav ovisi o raznim unutarnjim i vanjskim čimbenicima (Dai i Mumper, 2010). Kako fenolni spojevi sudjeluju u komunikaciji biljke s okolinom njihova količina uvelike ovisi o vanjskim uvjetima rasta. U biljkama se povećava udio polifenolnih komponenata uslijed stresnih uvjeta. Prijašnja istraživanja pokazala su da lokalitet rasta utječe na razinu fenolnih spojeva u ljekovitom i endemičnom bilju. Zbog činjenice da sastav i razina polifenola u nekoj biljci značajno ovisi o porodici kojoj pripada, u novije vrijeme fenolni spojevi se sve češće koriste kao biomarkeri u kemotaksonomskim istraživanjima (Kremer i sur., 2011; Jurišić Grubešić i sur., 2012). Malo je studija koje istovremeno istražuju korelacije između profila fitokemikalija i genetske varijabilnosti u biljkama ovisno o lokalitetu rasta. Rezultati takvih istraživanja ovise o biljnim vrstama i korištenim metodama te su često oprečni. Istraživanja na vrstama *Teucrium flavum* L., *Teucrium polium* L. i *Teucrium scorodonia* L. pokazala su da varijacije u sastavu i razini

eteričnih ulja više ovise o genetičkoj podlozi nego o lokalitetu rasta. Istraživanja na divljem hmelju (*Humulus lupulus* L.) nisu pokazala korelaciju između genetska varijabilnost i sastava fenolnih spojeva. Fenolni spojevi kao markeri u kemosistematici uspješno su korišteni u istraživanju 89 divljih i kultiviranih svojti čajevca (*Camellia sinensis* L.) gdje je pokazana dobra korelacija između razine fenolnih spojeva i genetske varijabilnosti (Li i sur., 2010). Zbog oprečnosti literaturnih podataka utjecaj genetske varijabilnosti na sintezu fenolnih spojeva unutar neke vrste još nije u potpunosti razjašnjen i zahtjeva dodatna istraživanja.

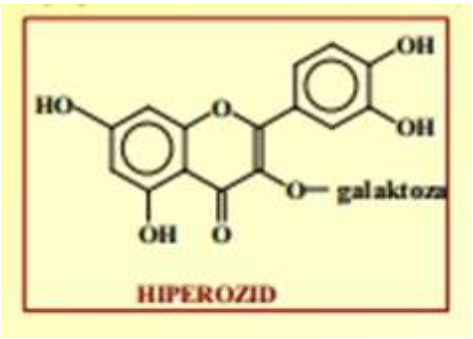
3.4. Rasprostranjenost fenolnih spojeva u biljnom svijetu

3.4.1. Flavonoidi u glogovu listu i cvijetu

Listovi i cvjetovi crvenog i bijelog gloga (**Slika 3**) sadrže flavonske i flavonolske glikozide. Među flavonolima prevladava hiperozid (**Slika 4**). Viteksin i njegovi derivati važni su predstavnici flavonskih C-glikozida.

Slika 3. *Crataegus levigata* L., bijeli glog

Izvor: http://nadiatalent.github.io/pentaploid%20large.jpg



Slika 4. Struktura hiperozida

3.4.2. Antocijani

Antocijani (antocijanini) su glikozidi koji se hidrolizom razgrađuju na aglikonantocijanidin i šećer koji je najčešće glukoza, galaktoza ili ramnoza (rjeđe ksiloza i arabinoza). Uzrokuju boju (crvenu, ljubičastu, plavu) cvjetova, listova, plodova, stabljike i kore. Najzastupljeniji aglikoni su pelargonidin, cijanidin i delfinidin. Šećer se najčešće veže preko OH-skupine na C-3, ali mogu biti i 3,5-diglikozidi. Dolaze od grčkih riječi anthos (cvijeće) i kyanos (plav). To su prirodni pigmenti topljivi u vodi širokog raspona boja. Nalazimo ih u lišću, plodovima voća i cvijeću. (V. Rastija, 2007).

Udio antocijana u svježem plodu borovnice (**Slika 5**) je oko 0,5 %, a danas neki fitopreparati sadrže oko 30 % antocijana. Najčešće su namijenjeni zaštiti i terapiji kapilarnog sustava. Antocijani se nalaze u epidermi i usplođu. To su glukozidi i galaktozidi delfindina, malvidina, cijanidina i dr. Borovničin plod sadrži i proantocijanidine (katehinske treslovine) – bezbojne tvari koje zagrijavanjem s mineralnim kiselinama daju obojene antocijanidine.

Hibiskusovi cvjetovi (**Slika 6**) sadrže hibiscin (delfinidin-3-ksiloglukozid), zatim delfinidin-3-glukozida, cijanidin-3-ksiloglukozida i cijanidin-3-glukozida.

Cvjetovi crnog sljeza (**Slika 7**) sadrže malvin (malvidin-3,5-diglukozid) te glukozide delfinidina.

Cvjetovi različka (**Slika 8**) sadrže pelargonidin-3,5-diglukozid, cijanidin3,5-diglukozid i dr. Plava boja potječe od kompleksa cijanidin-glikozida s Fe i Al.

Slika 5. *Vaccinium myrtillus* L., borovnica

Izvor: http://purebalance.crystaldetox.com.au/wp-content/uploads/2014/01/billberries.jpg

Slika 6. *Hibiscus sabdariffa* L., hibiskus

Izvor: http://eathealthylivefit.com/wp-content/uploads/2012/01/Herb-Hibiscus_Sabdariffa-e1325384254300.jpg

Slika 7. *Malva sylvestris* L., crni sljez

Izvor: http://www.agreengarden.com/plants/malva-sylvestris.asp

Slika 8. *Centaurea cyanus* L., različak

Izvor: https://gobotany.newenglandwild.org/species/centaurea/cyanus/

3.4.3. Tanini

Tanini su složeni, polifenolni i spojevi bez dušika. Na osnovu građevnih jedinica i kemijske prirode, mogu se izdvojiti dvije osnovne vrste tanina: hidrolizirajući (pirogalni) i kondenzirani (katehinski) tanini. Mješoviti tanini predstavljaju smjesu ove dvije vrste tanina. Pseudotanini nastaju od građevnih jedinica tanina, ali imaju manju molekulsku masu.

Tanini su vrlo rasprostranjeni u biljnom svijetu, a nalaze se u citoplazmi parenhimskih stanica različitih organa. Tanini biljkama predstavljaju zaštitu od insekata i ostalih štetočina. S jedne strane smatra se da su medijatori starenja tkiva jer učestvuju u procesu opadanja lišća, a s

druge strane postoji mišljenje da su pričuva šećera prisutni u mladim voćkama, čijim razlaganjem oslobođeni šećer doprinosi slasti zrelog voća. Odgovorni su za fenomen posmeđivanja. Tanini u voću su oporog okusa i stežu usta, sa svojstvom da uništavaju bjelančevine. Osim u voću ima ih i u drugim biljkama. Dobivaju se iz hrastove, cerove, jasenove, orahove i druge kore drveća i voća. Višegodišnje zeljaste biljke sadrže najviše tanina u podzemnim organima. Ima ih više u nezrelom voću. Tokom zrenja razgrađuje ih enzim tanaza. Nepoželjni su u voćnim sokovima, a imaju koloidna svojstva. Talože se s proteinima koji u otopini također posjeduju naboj. Uklanjaju se u procesu bistrenja. Tanini iz mušmula, divljih krušaka, jabuka i drugog divljeg voća važni su kao pomoć kod proljeva i za brže zarašćivanje rana, kod ujeda i slično. Za te svrhe koriste se i opore jabuke, orahove ljuske, kora i list, plodovi borovnice, kupine i maline, dunja, oskoruša i razno drugo oporo voće.

Visok udjel tanina se nalazi u čaju (*Camellia sinensis* L.), kojem daje tipičan "opori" okus, crnom vinu, naru (jestivom šipku), jagodama, brusnicama i borovnicama. Iako imaju jako antioksidativno djelovanje, ne treba pretjerivati s unosom tanina (izuzetak je čaj) jer djeluju kelatno, odnosno vežu neke od minerala (željezo) i time smanjuju njihovu bioiskoristivost u organizmu.

Kora hrasta lužnjaka (**Slika 9**) i hrasta kitnjaka sadrži 8-20 % tanina koji se sastoje od elagtanina, proantocijanidina i kompleksnih (miješanih) tanina.

Slika 9. *Quercus robur* L., hrast lužnjak

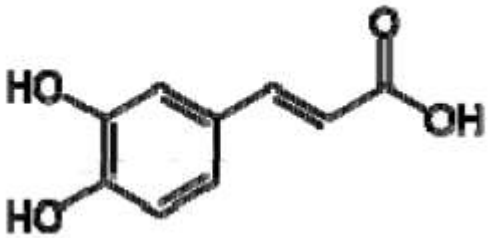
Izvor: https://gobotany.newenglandwild.org/species/quercus/robur/

Šiške ili gale su patološke izrasline na listu azijskog hrasta ili listovima ruja. To su azijske (*Gallae asiaticae* L.) i kineske (*Gallae sinensis* L.) šiške. Prve nastaju tako da osa odlaže

jajašca u lisnim pupoljcima maloazijskog hrasta (*Quercus infectoria Oliver*, Fagaceae), a u drugom slučaju lisne uši na mladim listovima ruja (*Rhussp*., Anacardiaceae). Razvijaju se larve, a biljka zbog podražaja stvara posebne tvari koje oblažu ličinku i služi im kao hrana. Šiške su bogate taninima. Mogu sadržavati i do75 % galotanina.

3.4.4. Fenolne kiseline

Biljke koje proizvode kavenu kiselinu uključuju voće kao što su kruške, grožđe i jabuke. Biljni izvori su kava, (**Slika 10**) bosiljak, majčina dušica, verbena, origano, estragon, kurkuma, maslačak, ružmarin, stolisnik, lavanda, matičnjak, kamilica i valerijane korijena. Ove biljke su popularni biljni lijekovi za promicanje smirenosti, smanjenje anksioznosti i spavanja.



Slika 10. Struktura kavene kiseline i slika biljke kave

Izvor: http://cvjecarnica.eu/wp-content/uploads/2013/09/kava.jpg

Galna kiselina posjeduje aktioksidativna, anifugalna i antiviralna svojstva. U suhoj mahuni vanilije (*Vanilla planifolia L.*) najvrijedniji sastojak je glukovanilin, a ima ga 0,75-2,90 posto, zatim glukovanilinski alkohol, tanin, vanilinska kiselina, smola, masti, gorke tvari, guma, šećer. Vanilija je kraljica među začinima za slatka jela. Najčešće se koristi za aromatiziranje kolača, pudinga, nabujaka, slatkih jela, napitaka i slatkih umaka. Dominantna je u kemijskoj i prehrambenoj industriji. Najviše se koristi vanilin šećer koji se danas proizvodi od umjetnog vanilina.

Slika 11. Vanilija biljka

Izvor:
http://www.zemljani.com/forum/viewtopic.php?t=634&sid=a55e491e8a7f5d1aeb56503ccfdd4915

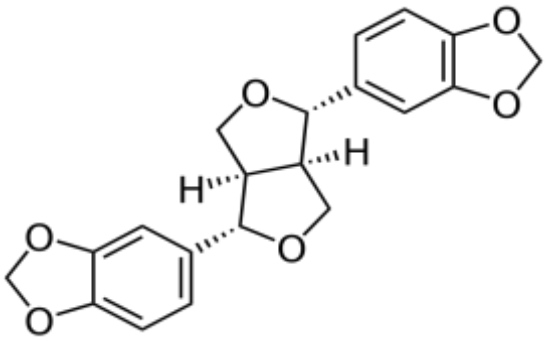
3.4.5. Kumarini

Bogat izvor kumarina su biljke iz obitelji: *Orhidaceae, Asteraceae, Leguminoceae, Rutaceae, Fabaceae, Umbelliferae i Lamiaceae.* Kumarini imaju gorak okus i jako fiziološko djelovanje. Pod djelovanjem mikroorganizama njihova količina u voću se povećava, uzrokujući gorak okus i truljenje ploda.

Kumarin se koristi kao: sredstva za fiksiranje i za fiksiranje i pojačavanje u parfemima; dodaje se sapunu i deterdžentima, pasti za zube, duhanskim proizvodima i nekim alkoholnim pićima, koristi se kao zaslađivač i dodatak hrani u kombinaciji s vanilinom. Biosinteza kumarina se odvija preko cimetne i *p*-kumarinske kiseline.

3.4.6. Lignani

Lignani su vrlo rasprostranjeni u biljnom svijetu: najviše ih ima u lanenim sjemenkama, pšeničnim klicama, sezamu, raži, jagodičastom voću, artičokama, brokulama, te drugom povrću i voću. Lignani iz sjemena lana (**Slika 12**) koji djeluju antiestrogeno i na taj način smanjuju rizik od raka dojke.



Slika 12. Sezamin s nalazi u sezamu

4. FIZIOLOŠKA I EKOLOŠKA ZNAČAJNOST FENOLNIH SPOJEVA U BILJCI

U poglavlju 3.3. (Fenolni spojevi u kemotaksonomiji) spomenuto je da biljne vrste imaju karakterističan fenolni profil koji poput otiska prsta pomaže pri određivanju biljke. Genetsko naslijeđeni fenolni profil posljedica je evolucije, odnosno promjena koje su bile nužne za opstanak biljke u okolišu. Biljke, koje se razliku od životinja ne mogu braniti od predatora kretanjem, morale su razviti neki drugi oblik obrane. Biljke stoga sintetiziraju puno veću količinu sekundarnih biljnih metabolita od životinja. Navedene činjenice daju naslutiti obrambenu ulogu fenolnih spojeva u biljci. Osim obrane od mikroorganizama, biljni fenoli biljci daju crvenu, plavu i ljubičastu boju, djeluju kao antioksidansi i kelatori metalnih iona, signalni posrednici između biljke i drugih organizama, i kao zaštita od ultra-ljubičastog (UV) zračenja. U daljnjem tekstu opisane su pojedine uloge fenolnih spojeva u biljci (Lattanzio i sur., 2006).

4.1. Zaštita od UV zračenja

Biljka sama sebe štiti od štetnog UV zračenja sintetizirajući fenolne spojeve u stanicama epiderme. Antioksidacijskom aktivnošću fenolni spojevi sprečavaju mutagenezu i smrt stanice dimerizacijom jedinica timina u DNA koji apsorbiraju svjetlost valne duljine 260 nm. Fenolni spojevi također sprečavaju razaranje koenzima nikotinamid adenin dinukleotid (NAD) i koenzima nikotinamid adenin dinukleotid fosfata (NADP) koji također maksimalno

apsorbiraju svjetlost valne duljine 260 nm. Flavonoidi imaju apsorpcijske maksimume u području od 250 – 270 nm i 335 – 360 nm, te tako štite od štetnog UV zračenja.

4.2. Fenoli kao signalni spojevi

Neka istraživanja ukazuju da fenolni spojevi utječu sadržaj i protok anorganskih i organskih hranidbenih tvari u tlu. Fenolni spojevi mogu izravno utjecati brzinu raspadanja i ciklus hranidbenih tvari. Različite vrste u vodi topljivih fenola, kao što su ferulična kiselina, galna kiselina i neki flavonoidi potiču ili inhibiraju nicanje spora i rast saprofitnih gljivica. Posebice osjetljive na fenolne spojeve su mikorizne gljivice, iako različite vrste fenolnih spojeve mogu imati potpuno različite efekte. Infekcija mikorizama, primanje hranidbenih tvari i rast biljke može se umanjiti specifičnim fenolnim spojem koje je oslobodio kompetitivni organizam.
Biljka ovisi o sposobnosti korijena da komunicira s mikrobima. Također, mnoge bakterije i gljivice ovise o biljci, a ta se povezanost najčešće regulira izlučevinama korijena. Primjerice, izoflavonoidi i flavonoidi prisutni u izlučevinama korijena leguminoznih biljaka aktiviraju *Rhizobium* gene odgovorne za proces stvaranja korjenovih kvržica i te su moguće odgovorni za *vesikularno*-arbuskularnu kolonizaciju mikorizama. Flavonoidni profil u izlučevinama korijena se znatno razlikuje kod različitih leguminoza i ta posebnost omogućuje mutualistima i korisnim bakterijama kao što su *Rhizobium* da razlikuju biljke domaćine od ostalih leguminoza.

4.3. Fenoli kao pigmenti

Flavonoidi imaju važnu ulogu u oprašivanju i rasprostranjivanju tako što utječu na boju cvjetova koji privlače životinje koje sudjeluju u oprašivanju ili na boju plodova koje životinje jedu, te kasnije izmetom rasprostranjuju neprobavljene sjemenke. Boja plodova je primarno određena genetski, ali također uvjeti u okolišu kao što su hranjive tvari, temperatura i svjetlost također mogu utjecati na sastav flavonoida i tako konačno na boju voća. Antocijanini su odgovorni za plavkastu, ljubičastu i crvenkastu boju voća. Kalkoni i auroni pridonose žutoj boji cvjetova u brojnim biljnim vrstama.
Varijacije položaja hidroksilnih skupina najzastupljenijih flavona i flavonola (apigenin, luteolin, kemferol, kvercetin i miricetin) stvaraju strukture koje daju bijelu, žutu ili boju slonovače, tkivu u kojemu su smješteni.

4.4. Uloga fenola u rastu biljke

Biljni fenoli djeluju kao unutarnji fizioloških regulatori ili kemijski glasnici. Fenoli utječu na rast biljke tako što: reguliraju širenje biljne stanice, utječu na aktivnost hormona rasta biljke, auksina, kontroliraju kretanje biljke utječući na turgor biljnih stanica, te također reguliraju klijanje sjemenja.

4.5. Zaštitna uloga fenolnih spojeva

4.5.1. Antifugalno djelovanje

Za biljke je od velike važnosti njihova povezanost s gljivicama koja je obično uzajamno korisna (saprofitne gljivice, mikorize i endofiti). Mali broj gljivica su razvili daljnju finu ravnotežu u obostranu korist za biljne patogene. Postoje značajni dokazi da su izvedene obrambene komponente otpora ne-domaćina, osobito u ne-pripitomljenih biljaka. Unaprijed pripravljeni antibiotski spojevi poput fenola i polifenolnih spojeva su sveprisutni u biljkama i igraju važnu ulogu u ne-domaćina u otpornosti na gljivice. Osim toga, mnogi flavoni i flavanoni su pokazali da su aktivni protiv gljivičnih patogena i obično se pojavljuju tijekom skladištenja voća i povrća, odnosno *Aspergillus sp., B. cinerea i F. oxysporum*. Fungicidalna aktivnost niza stilbena i srodnih spojeva je testirana protiv nekoliko gljiva, uključujući i neke patogene, koji inficiraju grožđe tijekom skladištenja.

4.5.2. Inducirana otpornost prema bolestima

Kad patogen uspije prevladati konstitutivne obrambene barijere, može biti prepoznat od strane citoplazmatske membrane biljne stanice. Aktivacija obrambenih reakcija dolazi uslijed prepoznavanja patogena na molekulskoj razini. Salicilna kiselina smatra se jednim od ključnih signalnih molekula koje aktiviraju obrambene reakcije biljaka protiv napada patogena.

4.5.3. Lignifikacija

Snažna povezanost lignifikacije i otpornosti na bolesti dokazana je nizom eksperimenata za razliku od osjetljivog bilja, otporne biljke polažu brže i više lignina.

4.5.4. Fitoaleksini

Fitoaleksini su antimikrobni sekundarni metaboliti niske molekulske mase, koji se sintetiziraju i akumuliraju se u biljnim stanicama, a rezultat međudjelovanja domaćina i gljivičnog parazita. Stoga je potrebna ekspresija enzima koji su uključeni u njihovu biosintezu.

4.5.5. Uloga u vezi biljke s kukcima

Insekti posjeduju brojne kemoreceptore (okusni i njušni kemoreceptivni sustavi), većinom na njihovim ticalima i ustima koji im omogućavaju razlikovanje brojnih vrsta kemijskih spojeva, često vrlo male koncentracije. Dijelovi biljku čine neukusnom su sekundarni metaboliti koji su prisutni u koncentraciji dovoljnoj da se obrani od napada insekata. Neke biljke se brane od insekata koji se njima hrane pojačanom sintezom pojedinih fenolnih otrova. Tako nakupljanje fenolnih spojeva u pojedinim dijelovima biljke predstavlja prepreku za hranjenje. Klorogenska kiselina, derivat fenilpropanoida posjeduje svojstva koja onemogućuje hranjenja. Zbog velike rasprostranjenosti u biljnom svijetu, taj je spoj je sve manje učinkovit zbog sve veće adaptacije i tolerancije kukaca na njega.

Sadržaj flavonoida u porodicama, rodovima i vrstama biljka razlikuje se poput otiska prsta. Kukci koji jedu biljke razlikuju porodice biljka po njihovom sadržaju flavonoida, tako da ti spojevi imaju ulogu u odabiru biljke domaćina. Flavonoidi utječu na ponašanje, razvoj i rast brojnih kukaca.

Flavonoidi često i pri malim koncentracijama stimuliraju hranjenje kukaca, što omogućava nekim kukcima pronalaženje nove hrane. Smatra se da su tanini odbijaju fitofagne kukce jer biljke čine manje ukusnima. Tanini stvaraju kompleksne spojeve koji smanjuju probavljivost i s bjelančevinama djeluju kao inaktivatori enzima.

5. ZAKLJUČAK

Nakon obrađene teme možemo zaključiti da fenolni spojevi imaju veliku ulogu u biljkama i široko su rasprostranjeni. Djeluju kao sastavnice podupirajućih i zaštitnih tkiva, obrambeni su signali, sudjeluju u razmnožavanju, kao atraktanti privlače oprašivače, te štite biljku od ultraljubičastog zračenja ali i također sudjeluju u interakciji biljke s okolinom. Dugo se smatralo da oni nisu neophodni za rast i razvoj biljaka, ali novija istraživanja sve više potvrđuju njihovu esencijalnu ulogu u razvoju biljaka, a posebno u prilagodbi i preživljavanju u nepovoljnim uvjetima. Biljni fenoli su sekundarni metaboliti uključeni u obrambeni mehanizam biljke protiv gljivičnih uzročnika bolesti i kukaca. Biljke reagiraju i na razne neprijatelje u okolišu koji koriste konstitutivne i inducirane fenolne tvari koje utječu na karakteristike osjetljivosti i otpornosti napadnute biljke.

Sadržaj fenolnih spojeva u porodicama, rodovima i vrstama biljka razlikuje se poput otiska prsta, te je njihova uloga od izuzetne važnosti pri određivanju biljnih vrsta i taksonomiji.

Genetsko uvjetovani specifični fenolni sastav poput otiska prsta omogućava biljci da bude prepoznata od strane živog svijeta koji je okružuje.

6. LITERATURA

Knjige:

Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H. (2006). Plant Secondary Metabolites - Occurrence, Structureand Role in the Human Diet. Blackwell Publishing Ltd., Oxford-Velika Britanija.

Dewick, P. M. (2001). Alkaloids, in Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.

Engelmeier, D., Hadacek, F. (2006). Antifungal Natural Products: Assays and Applications. In: Advances in Phytomedicine Series. Volume III: Naturally Occurring Bioactive Compounds. M. Rai and M. C. Carpinella (Eds.), chapter 17. Elsevier, Amsterdam.

Harborne, J.B., Baxter, H. (1999) The Hand book of Natural Flavonoids, John Wiley and Sons, Chichester.UK.

Harborne, J.B. (1980). Plant Phenolics. U: *Encyclopedia of Plant Physiology,* New Series, vol 8, (Eds. Bell, E.A., Charlwood, B.V.), Springer-Verlag, Berlin.

Harborne, J.B. (1988) The flavonoids: recent advances. U: *Plant Pigments*, (Ed. Goodwin, T.W.) Academic Press, London, UK, 299-343.

Jaganath, I.B., Crozier, A. (2010). Dietary flavonoids and phenolic compounds, IN: Plant phenolic sand Human health: Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology. Eds. Fraga, C.G.,Wiley & Sons, Inc.Hoboken, NJ, USA, 1–50.

Lattanzio, V., Lattanzio, V. M. T., Cardinali A. (2006) Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. Phytochemistry: Advances in Research, Ed. Imperato, F. 23-67.Research Signpost, Trivandrum, Kerala, India

Macheix, J.J, Fleuriet, A., Billot, J. (1990) Fruit Phenolics, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

D. Amić, (2008) Organska kemija za studente agronomske struke, Školska knjiga, Zagreb.

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

Radovi u časopisima:

Bednarek, P., Osbourn, A. (2009): Plant-microbe interactions: Chemical diversityin plant defense. *Science*, 324: 746-748.

Boudet, A.-M. (2007): Evolution and current status of research in phenolic compounds, *Phytochemistry*, 68: 2722-2735.

Bors, W., Michel, C., Saran, M. (1984): Inhibition of the bleaching of the carotenoid crocin: Arapid test for quantifying antioxidant activity. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Lipids and Lipid Metabolism, 796: 312-319.

Dai, J., Mumper, R.J. (2010): Plantphenolics: extraction, analysis and the antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15: 7313-7352.

Damiani, I., Morreel, K., Danoun, S., Goeminne, G., Yahiaoui, N., Marque, C., Kopka, J.,Messens, E., Goffner, D., Boerjan, W., Boudet, A.-M., Rochange, S. (2005): Metabolite profiling reveals a role for atypical cinnamyl alcohol dehydrogenase CAD1 in the synthesis of coniferyl alcohol in tobacco xylem. Plant Molecular Biology, 59: 753-769.

Djabou, N., Battesti , M.-J., Allali, H., Desjobert, J.-M., Varesi, L., Costa , J., Muselli, A. (2011): Chemical and genetic differentiation of Corsican subspecies of *Teucrium flavum* L. Phytochemistry, 72: 1390-1399.

Djabou, N., Muselli, A., Allali, H., El Amine Dib, M., Tabti, B., Varesi, L., Costa , J. (2012a): Chemical and genetic diversity of two Mediterranean subspecies of *Teucrium polium* L.,Phytochemistry, 74: 123–132.

Djabou, N., Allali, H., Battesti , M.-J., Tabti, B., Costa J., Muselli, A., Varesi, L. (2012b): Chemical and genetic differentiation of two Mediterranean subspecies of *Teucrium scorodonia* L. Phytochemistry, 83: 51-62.

Franke, R., Humphreys, J-M., Hemm, M-R., Denault, J-W., Ruegger, MO., Cusumano, J-C., Chapple, C. (2002): The Arabidopsis REF8 gene encodes the 3-hydroxylase of phenylpropanoid metabolism. Plant Journal, 30: 33-45.

Haslem, E. (2007): Vegetabletannins – Lessonsof a phytochemical lifetime. *Phytochemistry*, 68: 22-24.

Havsteen, B. W. (2002): The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 96: 67– 202.

Hu, W.J., Kawaoka, A., Tsai, C.J., Lung, J., Osakbe, K., Ebinuma, H., Chiang, V.L. (1998): Compartmentalized expression of two structurally and functionally distinct 4-coumarate: CoA ligase genes in aspen (Populus tremuloides). Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95: 5407-5412.

Jurišić Grubešić, R., Kremer, D., Vladimir-Knežević, S., Vuković Rodríguez, J. (2012): Analysis of polyphenols, phytosterols, and bitter principles in *Teucrium* L. species. Central European Journal of Biology, 7: 542-550.

Kliebenstein, D.J., Osbourn, A. (2012): Making new molecules – evolution of pathways for Novel metabolites in plants. Current Opinionin Plant Biology,15:415-23.

Kremer, D., Stabentheiner, E., Jurišić Grubešić, R., Oberländer, A., Vladimir-Knežević, S., Kosalec, I., Ballian, D. (2011a): A morphological and chemotaxonomic study of *Teucrium arduini* L. in Croatia, and Bosnia and Herzegovina. Plant Biosystems, 146: 402-412.

Kremer, D., Randić, M., Kosalec, I., Brkljačić, A., Lukač, G., Krušić, I., Ballian, D., Bogunić, F.,Karlović, K. (2011b): New localities of the subendemic species Berberis croatica, *Teucrium arduini* and *Micromeria croatica* in the Dinaric Alps. Acta Botanica Croatica, 70: 289-300.

Kremer, D., Stabentheiner, E., Jurišić Grubešić, R., Oberländer, A., Vladimir-Knežević, S.,Kosalec, I., Ballian, D. (2011a): A morphological and chemotaxonomic study of *Teucrium arduini* L. in Croatia, and Bosnia and Herzegovina. Plant Biosystems, 146: 402-412.

Li, J.-H., Nesumi, A., Shimizu, K., Sakata, Y., Liang, M.-Z., He, Q.-Y., Zhou, H.-J., Hashimoto, F.(2010): Chemosystematics of tea trees based on tea leaf polyphenols as phenetic markers, Phytochemistry, 71: 1342-1349.

Lule, S.U., Xia, W. (2005). Food Phenolics, Pros and Cons: A Review. *Food Reviews International*, 21: 367-388.

Mahesh, V., Million-Rousseau, R., Ullmann, P., Chabrillange, N., Bustamante, J., Mondolot, L.,Morant, M., Noirot, M., Hamon, S., De Kochko, A., Werck-Reichhart, D., Campa, C. (2007). Functional characterization of two p-coumaroyl 30-hydroxylase genes that are involved in chlorogenic acid biosynthesis in coffee trees. *Plant Molecular Biology*, 64: 145-159.

Morant, M., Schoch, G.A., Ullmann, P., Ertunc, T., Little, D., Olsen, C.E., Petersen, M., Negrel, J., Werck-Roichhart, D. (2007). Catalytic activity, duplication and evolution of the CYP98 cytochrome P450 family in wheat. *Plant Molecular Biology*, 63: 1-19.

Nair, R.B., Xia, Q., Kartha, C.J., Kurylo, E., Hirji, R.N., Datla, R., Selvaraj, G. (2002). Arabidopsis CYP98A3 mediating aromatic 3-hydroxylation. Developmental regulation of the gene, andexpression in yeast. *Plant Physiology*, 130: 210-220.

Patzak, J., Nesvadba, V., Henychova, A., Krofta, K. (2010). Assessment of the genetic diversity of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Europe using chemical and molecular analyses. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38: 136-256.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G. (1995). Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 20: 933-956.

Ribera, A.E., Zuñiga, G. (2012): Induced plant secondary metabolites for phytopatogenic fungicontrol: a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12: 893-911.

Ruegger, M., Chapple, C. (2001): Mutations that reduces in a poylmalate accumulation in *Arabidopsis thaliana* define loci with diverse roles in phenylpropanoid metabolism. Genetics, 159: 1741-1749.

Reddy, M.S.S., Chen, F., Shadle, G., Jackson, L., Aljoe, H., Dixon, R.A., (2005): Targeted down regulation of cytochrome P450 enzymes for forage quality improvement in alfalfa Proceedings of National Academy of Science of USA, 102: 16573–16578.

Schuster B., Herrmann K. (1985): Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. Phytochemistry, 24: 2761-2764.

Stevenson, D.E., Hurst, R.D. (2007). Polyphenolic phytochemicals – just antioxidants or much more? *Cellular and Molecular Life Sciences*, 64: 2900-2916.

Schoch, G., Goepfer, T.S., Morant, M., Hehn, A., Meyer, D., Ullmann, P., Werck-Reichhart, D.(2001). CYP98A3 from Arabidopsis thaliana is a 30-hydroxylase of phenolic esters, a missing 160 link in the phenylpropanoid pathway. *The Journal of Biological Chemistry*, 276: 36566-36574.

Šamec, D., Piljac-Žegarac, J., Bogović, M., Habjanič, K., Grúz, J. (2011). Antioxidant potency of white (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) and Chinese (*Brassica rapa* L. var. *Pekinensis* (Lour.)) cabbage: The influence of development stage, cultivar choice and seed selection. *Scientia Horticulturae*, 128: 78-83.

Tsao, R. (2010): Chemistryand biochemistry of dietary polyphenols. Nutrients, 2: 1231-1246.

Tomas-Barberan, F.A., Espin, J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes asdeterminants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 853-876.

Zovko Končić, M., Kremer, D., Gruz, J., Strnad, M., Biševac, G., Kosalec, I., Šamec, D., Piljac Žegarac, J., Karlović, K. (2010). Antioxidant and antimicrobial properties of *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb. flower, leaf and stem infusions. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 1537-1542.

Harborne, J.B. i Williams, C.A. 2000, *Phytochemistry*

P.Hollman i I.Arts, 2000, *Journal of Science of food and Agriculture*

Internet:

http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/taninske-tvari
http://www.coolinarika.com/magazin/prehrambeni-rjecnik/t/tanini/
www.hrleksikon.info/definicija/galna-kiselina
http://www.val-znanje.com/index.php/ljekovite-biljke/1123-vinova-loza-vitis-vinifera
file:///C:/Users/vno/Downloads/P9%20Fenolni%20spojevi%20I%20(1).pdf
file:///C:/Users/vno/Downloads/P10%20Fenolni%20spojevi%20II.pdf
http://goldbook.iupac.org/
http://nadiatalent.github.io/pentaploid%20large.jpg
http://purebalance.crystaldetox.com.au/wp-content/uploads/2014/01/billberries.jpg
http://eathealthylivefit.com/wp-content/uploads/2012/01/Herb-Hibiscus_Sabdariffa-e1325384254300.jpg
http://www.agreengarden.com/plants/malva-sylvestris.asphttps://gobotany.newenglandwild.org/species/centaurea/cyanus/https://gobotany.newenglandwild.org/species/quercus/robur/
http://cvjecarnica.eu/wp-content/uploads/2013/09/kava.jpghttp://www.zemljani.com/forum/viewtopic.php?t=634&sid=a55e491e8a7f5d1aeb56503ccfdd4915

7. SAŽETAK

Biljne vrste imaju karakterističan fenolni profil koji poput otiska prsta pomaže pri određivanju biljke. Genetsko naslijeđeni fenolni profil posljedica je evolucije, odnosno promjena koje su bile nužne za opstanak biljke u okolišu. Biljni fenoli su sekundarni metaboliti koji su uključeni u obrambeni mehanizam biljke protiv gljivičnih bolesti i štetnih kukaca. Fenolni spojevi su biljni pigmenti, djeluju kao antioksidansi i kelatori metalnih iona, signalni posrednici između biljke i drugih organizama, te kao zaštita od ultra-ljubičastog (UV) zračenja. Fenoli utječu na rast biljke tako što: reguliraju širenje biljne stanice, utječu na aktivnost hormona rasta biljke, kontroliraju kretanje biljke utječući na turgor biljnih stanica, te reguliraju klijanje sjemenja. Biljke također reagiraju i na razne neprijatelje u okolišu koji koriste konstitutivne i inducirane fenolne tvari koje utječu na karakteristike osjetljivosti i otpornosti napadnute biljke.

8. SUMMARY

Plant species have distinctive phenolic profile as a fingerprint helps in determining the plant. Genetically inherited phenolic profile is the result of evolution or changes that were necessary for the survival of plants in the environment. Plant phenols are secondary metabolites that are involved in the defence mechanism of plants against fungal diseases and harmful insects. Phenolic compounds are plant pigments, act as antioxidants and chelators of metal ions, signalling mediators between plants and other organisms, as well as protection from ultra-violet (UV) radiation. Phenols affect plant growth by: regulating plant cell expansion, affect the activity of plant growth hormone, control the movement of the plants by affecting the turgor of the plant cells, and regulate seed germination. Plants also respond to the various enemies in environments that use constitutive and induced phenolic compounds that affect the characteristics of sensitivity and resistance of host plants.

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Osnovna struktura a) derivata hidroksibenzojeve kiseline i b) derivata hidroksicimetne kiseline 6

Slika 2. Prikaz osnovne strukture i skupine flavonoida 7

Slika 3. *Crataegus levigata* L., bijeli glog 8

Slika 4. Struktura hiperozida 9

Slika 5. *Vaccinium myrtillus* L., borovnica 10

Slika 6. *Hibiscus sabdariffa* L., hibiskus 10

Slika 7. *Malva sylvestris* L., crni sljez 11

Slika 8. *Centaurea cyanus* L., različak 11

Slika 9. *Quercus robur* L., hrast lužnjak 12

Slika 10. Struktura kavene kiseline i slika biljke kave 13

Slika 11. Vanilija biljka 14

Slika 12. Sezamin se nalazi u sezamu 15

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Bilinogojstvo
Završni rad

Stojan Lovrić

Fiziološka i ekološka značajnost fenolnih spojeva u biljci

Physiological and ecological significance of plant phenolic compounds

Sažetak

Biljne vrste imaju karakterističan fenolni profil koji poput otiska prsta pomaže pri određivanju biljke. Genetsko naslijeđeni fenolni profil posljedica je evolucije, odnosno promjena koje su bile nužne za opstanak biljke u okolišu. Biljni fenoli su sekundarni metaboliti koji su uključeni u obrambeni mehanizam biljke protiv gljivičnih bolesti i štetnih kukaca. Fenolni spojevi su biljni pigmenti, djeluju kao antioksidansi i kelatori metalnih iona, signalni posrednici između biljke i drugih organizama, te kao zaštita od ultra-ljubičastog (UV) zračenja. Fenoli utječu na rast biljke tako što: reguliraju širenje biljne stanice, utječu na aktivnost hormona rasta biljke, kontroliraju kretanje biljke utječući na turgor biljnih stanica, te reguliraju klijanje sjemenja. Biljke također reagiraju i na razne neprijatelje u okolišu koji koriste konstitutivne i inducirane fenolne tvari koje utječu na karakteristike osjetljivosti i otpornosti napadnute biljke.

Ključne riječi: fenolni profil, biljni fenoli, biljni pigmenti

Summary

Plant species have distinctive phenolic profile as a fingerprint helps in determining the plant. Genetically inherited phenolic profile is the result of evolution or changes that were necessary for the survival of plants in the environment. Plant phenols are secondary metabolites that are involved in the defence mechanism of plants against fungal diseases and harmful insects. Phenolic compounds are plant pigments, act as antioxidants and chelators of metal ions, signaling mediators between plants and other organisms, as well as protection from ultra-violet (UV) radiation. Phenols affect plant growth by: regulating plant cell expansion, affect the activity of plant growth hormone, control the movement of the plants by affecting the turgor of the plant cells, and regulate seed germination. Plants also respond to the various enemies in environments that use constitutive and induced phenolic compounds that affect the characteristics of sensitivity and resistance of host plants.

Keywords: phenolic profile, phenolic compounds, plant pigments

Datum obrane: _____