Antioksidacijska aktivnost odabranog korjenastog povrća

Ljutić, Daniel

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:563463

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository

zir.nsk.hr

UNIRI DIGITALNA KNJIŽNICA

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI

MEDICINSKI FAKULTET

DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

SANITARNOG INŽENJERSTVA

Daniel Ljutić

ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA

Diplomski rad

Rijeka, 2016.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

MEDICINSKI FAKULTET

DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

SANITARNOG INŽENJERSTVA

Daniel Ljutić

ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA

Diplomski rad

Rijeka, 2016.

SADRŽAJ:

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA 8

1.1. UVOD 9

1.1.1. CELER 10

1.1.2. CIKLA 11

1.1.3. MRKVA 12

1.1.4. PERŠIN 13

1.2. PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA 14

1.2.1. FITOKEMIKALIJE 14

1.2.3. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST FLAVONOIDA 17

1.2.4. UTJECAJ KORJENASTOG POVRĆA NA ZDRAVLJE 19

2. CILJ ISTRAŽIVANJA 22

3. MATERIJALI I METODE 23

3.1. MATERIJALI 24

3.2. METODE 25

3.2.1. EKSTRAKCIJA SOKA IZ KORJENASTOG POVRĆA 25

3.2.2. METODA REDUCIRANJA DPPH RADIKALA 26

3.2.3. ELEKTRONSKA SPINSKA REZONANCIJA 27

4.REZULTATI 32

4.1. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST NEFILTRIRANIH SOKOVA ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA 33

4.1.1. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST SOKA OD PERŠINA..... 37

4.1.2. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST SOKA OD CIKLE..... 38

4.2. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST FILTRIRANIH SOKOVA MRKVE I CELERA. 39

5. RASPRAVA 41

5.1. USPOREDBA ANTIOKSIDACIJSKE AKTIVNOSTI ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA 42

5.2. UTJECAJ SASTOJAKA ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA NA ANTIOKSIDACIJSKU AKTIVNOST 43

5.3. UTJECAJ FILTRACIJE SOKA NA ANTIOKSIDACISKU AKTIVNOST 45

6. ZAKLJUČAK 46

7. LITERATUR 48

Mentor rada: Prof. dr. sc. Srećko Valić

Diplomski rad obranjen je dana _____ u/na _____

_____, pred povjerenstvom u sastavu:

1. _____Prof.dr.sc.Marin Tota _____ (predsjednik Povjerenstva)
2. _____Prof.dr.sc.Srećko Valić _____
3. _____Doc.dr.sc.Gordana Čenadi Jurešić_____

Rad ima ___53___ stranica, __19__slika, __3___tablica, __54___literaturnih navoda

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Srećku Valiću

na savjetima, idejama i pomoći, kako tijekom eksperimentalnog dijela, tako i tokom izrade diplomskog rada.

Bila mi je velika čast, sada već po drugi put vršiti mjerenja na Institutu „Ruđer Bošković" u Zagrebu, stoga profesore veliko Hvala!

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i bližnjima na pružanju podrške!

SAŽETAK

Korjenasto povrće zadnjih desetak godina dobiva sve veću popularnost i sve je češća namirnica koja se redovito koristi u prehrani djece i odraslih diljem svijeta. Razlog tomu je pojačana svijest korisnika o antioksidacijskoj aktivnosti, kao i o brojnim drugim blagotvornim učincima na kompletni organizam. Antioksidacijska aktivnost korjenastog povrća, predmet je mnogih radova i studija.

Cilj ovog rada bio je ispitati te usporediti antioksidacijsku aktivnost odabranog korjenastog povrća (celer, cikla, mrkva i peršin). Sama antioksidacijska aktivnost pripisuje se visokim udjelom fitotvari poput flavona, flavonola i fitosterola, vitaminima A i C te raznolikim mineralno – kemijskim sastavom.

Korištena je elektronska spinska rezonancija (ESR), spektroskopska tehnika koja omogućuje precizno mjerenje koncentracije slobodnih radikala u uzorku. Praćen je pad intenziteta ESR signala radikala 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) po dodatku male količine ekstrakta soka korjenastog povrća otopini radikala tijekom 30 minuta.

Uzorak ekstrakta nefiltriranog soka cikle pokazao je najjaču antioksidacijski aktivnost, dok je najslabiji učinak imao ekstrakt filtriranog soka peršina. Slijedeći rezultate mjerenja moglo bi se zaključiti da sviježe pripremljeni sok od cikle može poslužiti u neutralizaciji i eliminaciji slobodnih radikala te na taj način umanjiti vjerojatnost oksidativnog stresa, ali i preventivno može poslužiti u sprječavanju nastanka raznih akutnih oboljenja.

Ključne riječi: korjenasto povrće, antioksidacijsko djelovanje, elektronska spinska rezonancija (ESR), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil(DPPH).

SUMMARY

Root vegetables in the past decade is gaining more popularity and it is the most common ingredient used regulary in diet of children and adults all over the world. The reason for that is the antioxidant activity and many other beneficial matter on the whole body. Antioxidant activity of roote vegetables is the main case study.

The purpose of this study was to investigate and compare the antioxidant activity of the selected root vegetables (celery, beetroot, carrots and parsley). The Antioxidant activity is considered to be the couse of high value of phyto-substance like flavones, flavonols and phytosterols, vitamins A and C and the mineral – chemical composition.

Electron spin resonance (ESR), the spectroscopic technique that allows precise measurement of free radical concentration in the sample, was used. The loss of ESR signal of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was measured in function of time passed after adding a small amount of juice to radical solution, during 30 minutes.

A sample extract of unfiltered beetroot juice showed the strongest antioxidant activity, while the weakest performance showed filtered juice extract of parsley.

Following the results of the measurements it can be concluded that freshly prepared beetroot juice can be used to neutralize free radicals and reduce oxidative stress, and preventive can be used to prevent the occurrence of various acute diseases.

Keywords: root vegetables, antioxidant activity, electron spin resonance (ESR), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

1.1. UVOD

Korjenastim povrćem naziva se povrće koje raste ispod površine zemlje, a čiji je korijen jestiv [1,2]. Premda raste skriveno od pogleda te direktnih zraka sunca, korjenasto povrće sadrži veliku nutritivnu vrijednost. Ističe se visokim udjelom dijetalnih vlakana koja pomažu pravilnom radu probave, što je ujedno i zajedničko obilježje svog korjenastog povrća. Osim toga ističe se i bogatstvom raznih vitamina, minerala i fitotvari [2]. Ovisno o vrsti, svako korjenasto povrće ima specifičnu kombinaciju nutrijenata. Vitamin C i A te vitamini B kompleksa su najzastupljeniji, a u mineralnom sastavu prednjače kalij i mangan [3]. Bogatstvo fitotvarima poput flavona, flavonola i fitosterola je omogućilo korjenastom povrću još jedno bitno svojstvo što je ujedno i predmet ovog istraživanja, a to je antioksidacijska aktivnost. Najpoznatiji predstavnici korjenastog povrća su: celer, cikla, mrkva, pastrnjak, đumbir i peršin [4].



Slika 1. Neki od predstavnika korjenastog povrća. Preuzeto iz [1].

1.1.1. CELER

Celer (Apium graveolens), zelena je zeljasta dvogodišnja biljka s mesnatim vretenastim korijenom i stabljikom iz porodice štitarki [5]. Celer se u 17. stoljeću razvio iz samoniklog, običnog ili divljeg celera koji je rastao u europskim močvarnim pojasevima, ali je uzgojem uspješno kultiviran. Danas su poznata tri osnovna tipa: bijeli celer, zeleni celer i celer s korijenom nalik na bijelu repu [5,6]. Zanimljiva je činjenica da je u Homerovo doba celer bio simbol ljepote i veselja, a potom se koristio kao cvijeće za grob i značio je samo suze i žalost. Konačno, u Rimu je uzdignut kao simbol pobjede i pobjedničkog slavlja, a njime su se kitile glave pobjednika.

Kemijski gledano, celer sadrži proteine, ugljikohidrate, masti, dijetalna vlakna, vitamin A, C i D te minerale: natrij, kalcij, željezo i magnezij. Treba spomenuti i flavonoid apiin koji celeru daje izrazitu antioksidacijsku sposobnost [7].



Slika 2. Stabljika i korijen celera. Preuzeto iz [2].

1.1.2. CIKLA

Cikla (Beta vulgaris subsp. vulgaris var. conditiva) je korjenasto povrće crvene boje, koja je kao ljekovita biljka poznata već više od dvije tisuće godina [8]. Današnja, dobro poznata pitoma cikla nastala je od divlje cikle na obalama Sredozemnog i Crnog mora. Nekada su stari narodi upotrebljavali samo debelo mesnato lišće, dok je njezin korijen zbog izrazito tvrde teksture bio neupotrebljiv [8,9]. Danas se cikla odlikuje velikim sočnim crvenim korijenom. Crvena boja cikle potječe od skupine crvenog pigmenta betacijanina [10].

U kemijski sastav cikle ulaze: voda, proteini, masti, ugljikohidrati i vlakna. Cikla obiluje i mineralima: kalij, fosfor, kalcij, magnezij, željezo, fluor, sumpor, jod, brom, litij, rubidij, celzij, stroncij i kobalt. Od vitamina treba izdvojiti vitemine B kompleksa (B1, B2, B6), vitamin C i folate [11].



Slika 3. Stabljika i korijen cikle. Preuzeto iz [3].

1.1.3. MRKVA

Mrkva (Daucus carota), dvogodišnja je biljka iz porodice štitarki. Divlji oblik mrkve posjeduje vretenast, bijel i žilav korijen, a na njega se nastavlja gruba dlakava razgranata stabljika [12,13]. Iako se prvi put spominje u pisanim dokumentima u staroj Grčkoj, predak današnje mrkve uzgajao se prije više od 1000 godina na području središnje Azije i Bliskog Istoka. Ondašnja mrkva nije sličila današnjoj, osobito zato jer joj je boja korijena bila ljubičasta. Danas mrkva ima mesnati, debeli korijen intenzivne narančaste boje te zelene, peraste nadzemne listove [14]. Korijen ima slatkastu teksturu, dok su listovi gorki. Pradomovinom mrkve smatra se Europa, u kojoj ona i danas raste. Danas se uzgojem razvilo preko 100 sorti koje se generalno razlikuju bojom i veličinom.

Energetski i nutritivno gledano, ugljikohidrati su glavni nositelji energetske vrijednosti. Osim ugljikohidrata, mrkva je dobar izvor vlakana i vitamina C, potom vitamina B i njegovih derivata - tijamin, niacin, vitamin B6 i folati. Od minerala treba izdvojiti kalij i mangan. Mrkva je i veliki izvor antioksidansa – karotenoida. Najpoznatiji karotenoid koji ujedno daje narančastu boju mrkvi je β-karoten. On je prekursor za sintezu vitamina A u našem organizmu [13,15].



Slika 4. Stabljika i korijen mrkve. Preuzeto iz [4].

1.1.4. PERŠIN

Peršin (Petroselinum crispum) je dvogodišnja biljka iz porodice štitarki. Tamnozeleni listovi karakterističnog su mirisa jer sadrže eterično ulje u kojem ima apiola i apiina, dok je korijen peršina bijele boje i izrazito je suh [16, 17]. Peršin je podrijetlom iz mediteranskih zemalja, odakle se proširio u sve zemlje južne Europe, a kao pradomovina peršina smatra se Sardinija.

Stari Grci smatrali su da je peršin Herkulesov cvijet, stoga su se ratnici za pobjede u ratu i igrama ovjenčavali stručkom peršina u čast Herkulesa. Rimljanima je peršin simbolizirao smrt, ali i zaštitu i pročišćenje. Tako su svoje toge ukrašavali stručkom peršina, odakle vjerojatno potiče i ukrašavanje jela na tanjuru listom peršina. Koristili su ga i kod gozbi jer je dobro maskirao jače mirise, poput vina, luka i češnjaka [16,18,19].

Korijen peršina sadrži ugljikohidrate, proteine, dijetalna vlakna i masti. Od minerala korijen peršina sadrži značajnije količine kalcija, željeza, magnezija, fosfora, cinka, bakra i mangana. Od vitamina korijen peršina u značajnijim količinama sadrži vitamin C, vitamine B kompleksa: tiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6 i folnu kiselinu, te vitamin E [20].



Slika 5. Stabljika i korijen peršina. Preuzeto iz [5].

1.2. PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

1.2.1. FITOKEMIKALIJE

„Antioksidacijska aktivnost korjenastog povrća poznata je već dulje vrijeme. Najvažniji sastojci koji su u većoj ili manjoj mjeri zastupljeni u pojedinom korjenastom povrću i odgovorni za njezinu antioksidacijsku aktivnost su fitokemikalije. Fitokemikalije ili fitotvari, su skupina biološki aktivnih tvari iz biljaka [21]. Dosad je identificirano preko tisuću različitih fitokemikalija u stotinama različitih biljaka i njihovih plodova. Suvremena istraživanja usmjerena su na to da identificiraju i objasne mogući koristan učinak tih spojeva na ljudsko zdravlje, obzirom da se oni odavno upotrebljavaju u tradicionalnoj medicini.“

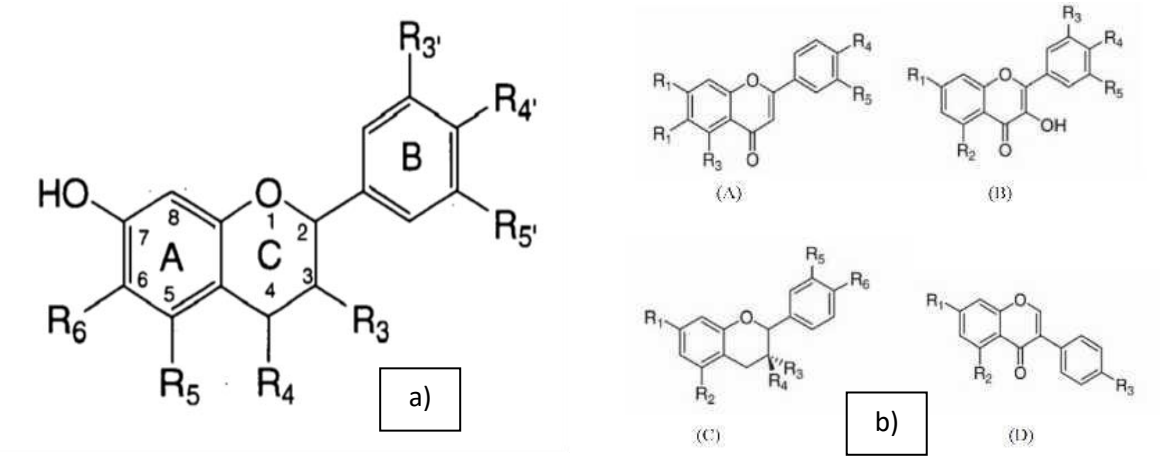
Tablica 1. Pregled izoliranih flavonoida.

Flavonoidi	Flavoni	apigenin, luteonin, viteksin
	Flavonoli	kemferol, kvercetin, miricetin, izoramnetin, hiperozid, kvercitrin, izokvercitrin, rutin, astragalin
	Flavanoni	hesperetin, naringenin
	Biflavonoidi	amentoflavon
	Flavonolignani	silibin, silikristin, silidianin
	Izoflavonoidi	daidzein, genistein

„Fitokemikalije imaju različit kemijski sastav, a svrstati ih možemo u slijedeće skupine: polifenoli, terpenoidi, alkaloidi, glikozidi i druge dušikove tvari, organske kiseline, organosumporne tvari i ostali spojevi. U korjenastom povrću su uvelike prisutni polifenoli - flavonoidi. Flavonoidi su skupina raznolikih polifenolnih spojeva koji su široko rasprostranjeni u biljnim organizmima. To su sekundarni metaboliti, što znači da predstavljaju organske spojeve koje nemaju direktnog utjecaja na rast i razvoj biljaka [22,23]. „

1.2.2. KEMIJSKA STRUKTURA FLAVONOIDA

„Osnovnu kemijsku strukturu flavonoida čini skelet od petnaest ugljikovih atoma raspoređenih u dva aromatska prstena (A i B prsten) povezana heterocikličkim piranskim prstenom (C prsten) (sl. 6). Izolirano ih je preko 4.000, a mogu se podijeliti u nekoliko većih skupina (antocijani, flavanoni, flavoni, flavonoli, izoflavonoidi, leukoantocijanidini, proantocijanidini) (tablica 1), ovisno o razlikama u osnovnoj strukturi molekula [21,22]. Strukturna raznolikost flavonoida rezultat je brojnih modifikacija osnovne skeletne strukture, koje uvjetuju reakcije hidrogenacije, hidroksilacije, O-metilacije hidroksilnih grupa, dimerizacije, vezanja neorganskog sulfata i glikolizacije hidroksilnih grupa (O-glikozidi) ili flavonoidne jezgre (C-glikozidi) [24].“



Slika 6. a) Osnovna kemijska struktura flavonoida,
b) kemijska struktura flavonoida: flavon (A), flavonol (B), flavanol (C), izoflavon (D). Preuzeto iz [6,7].

1.2.3. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST FLAVONOIDA

„Flavonoidi su moćni antioksidansi. To su spojevi koji imaju važnu ulogu u zaštiti od štetnog djelovanja slobodnih radikala, na način da neutraliziraju već nastale slobodne radikale ili sprječavaju njihovo nastajanje.

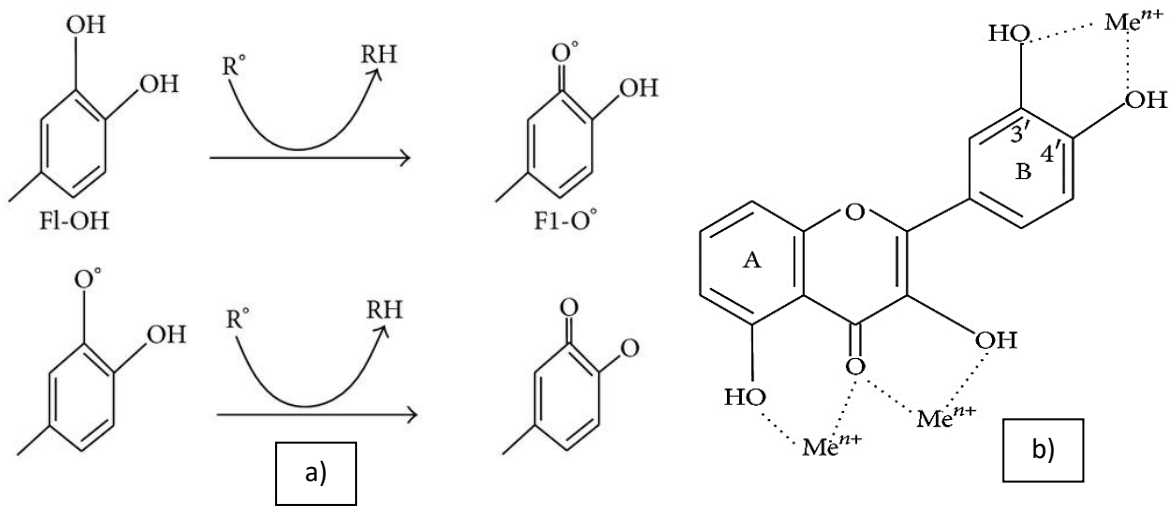
Slobodni radikali su molekule ili atomi koji u vanjskoj ljusci imaju jedan ili više nesparenih elektrona. Nespareni elektroni uzrokuju njihovu nestablinost i izrazitu reaktivnost koja se manifestira kao elektron-akceprorska ili elektron-donorska, ovisno o redoks potencijalu atomske ili ionske skupine koja s njima reagira. Slobodni radikali i reaktivni spojevi s kisikom nastaju svakodnevno u ljudskim stanicama tijekom normalnog metabolizma, ali i zbog izlaganja okolišnim čimbenicima poput dima cigarete ili brojnih drugih zagađivača.“

„U svakom organizmu postoji ravnoteža između oksidativnog stresa (oštećenja koje radikali i oksidansi izazivaju na membranskim površinama te receptorima) i antioksidativne reparacije. Ako izostane antioksidacijska zaštita, može doći do brojnih bolesti, kao što su: astma, tumori, kardiovaskularne bolesti, katarakta, dijabetes, gastrointestinalne upalne bolesti, bolesti jetre, makularna degeneracija, periodontalne bolesti i drugi upalni procesi. Reaktivni kisikovi spojevi pridonose starenju stanica, mutagenezi, karcinogenezi i koronarnim bolestima [25].“

„Flavonoidi kao antioksidansi štite stančne membrane i organele od oštećenja uzrokovanih štetnim učincima reaktivnih kisikovih spojeva. Od svih flavonoida flavoni i katehini imaju najveću sposobnost obrane tijela od reaktivnih kisikovih spojeva [26]. Flavonoidi mogu djelovati kao hvatači slobodnih radikala i tako ih inaktivirati. Naime zbog visoko reaktivnih hidroksilnih grupa flavonoida oni mogu izravno reagirati sa slobodnim radikalima pri čemu nastaju manje reaktivni i stabilniji fenolni radikali (sl. 7a) [27]. Još jedan

način antioksidacijskog djelovanja flavonoida je stvaranje kelatnih kompleksa s ionima metala bakra ili željeza (sl. 7b). Slobodni ioni metala povećavaju formiranje reaktivnih kisikovih vrsta reducirajući vodikov peroksid pri čemu nastaje visoko reaktivni hidroksilni radikal. Stvaranjem kelatnih kompleksa s ionima metala, flavonoidi sprječavaju stvaranje tih radikala. Kvercetin je poznati bioflavonoid po stabiliziranju i stvaranju kelatne veze sa željezom. Također se pokazalo da flavonoidi inhibiraju enzime ciklooksigenazu, lipoksigenazu, mikrosomsku monooksigenazu, glutation S-transferazu i NADH-oksidazu koji su uključeni u proizvodnju reaktivnih kisikovih spojeva. Flavonoidi mogu međudjelovati i s drugim fiziološkim antioksidansima kao što su vitamin C ili vitamin E i tako pojačati svoje antioksidacijsko djelovanje.“

„Međutim, doprinos flavonoida iz hrane antikosidativnoj funkciji u plazmi i tkivima je mali ili nikakav. Isto tako, teorija o djelovanju flavonoida isključivo kao antioksidansa opovrgnula je teorija u kojoj se opisuje njihovo djelovanje kao modulatora signalnih puteva u stanici [28].“



Slika 7. a) Flavonoidi (Fl-OH) kao hvatači reaktivnih kisikovih spojeva (R˚)
b) mjesta vezanja za metale (Me^n prestavlja metalni ion). Preuzeto iz [8].

1.2.4. UTJECAJ KORJENASTOG POVRĆA NA ZDRAVLJE

„Zahvaljujući raznovrsnom kemijskom i nutritivnom sastavu, korjenasto povrće uistinu predstavlja snažno oružje u borbi protiv raznih bolesti. Kako je gore već navedeno da su flavonoidi glavne komponente u reakcijama antioksidacije, napravljene su brojne studije o utjecaju flavonoida na zdravlje. Te studije pokazuju da flavonoidi potiču rad enzima koji smanjuju rizik od pojave određenih oblika raka, bolesti srca, te bolesti koje se javljaju starenjem. Neke studije pokazuju da flavonoidi mogu spriječiti propadanje zubiju, kao i smanjiti zarazne bolesti. Flavonoidi se danas koriste i kao lijekovi s raznim učincima na žive organizme; oni su prirodni lijekovi kod tretmana bolesti krvi, disanja, mokraćnog sustava i kože [29].“

„Funkcionalnu vrijednost za ljudski organizam imaju u vidu zaštite od bolesti ili preventive. Primjerice, mogu djelovati imunomodulatorno, adaptogeno na endokrini sustav, antimutageno i antikarcinogeno na staničnoj razini [29,30]. Područja na kojima se trenutno intenzivno istražuje njihovo djelovanje su karcinomi, kardiovaskularne bolesti, bolesti kostiju, zdravlje endokrinog sustava i probavnog trakta, imunitet i kronične degenerativne bolesti. Iako flavonoidi nisu esencijalne tvari za funkcioniranje ljudskog organizma, pomažu mu štiteći ga u borbi i prevenciji protiv bolesti, balansirajući ili stimulirajući tjelesne funkcije. Takva pozitivna djelovanja u sve većem broju se povezuju sa smanjivanjem rizika od kroničnih bolesti poput karcinoma, osteoporoze ili krvožilnih oboljenja [31]. „

„Flavonoid apiin iz celera snižava krvni tlak i smanjuje razinu šećera kod dijabetičara. Iznimno je djelotvoran diuretik, stoga se njegovo konzumiranje preporučuje ljudima koji imaju kamence u bubrezima ili mjehuru. Ljekovito djelovanje očituje se i u liječenju oboljenja koja nastaju kao posljedica stresa. Pomaže i kod problema probavnog sustava, otklanja loš zadah, a u proljeće otklanja proljetni umor [32].“

„Polifenoli iz cikle snažni su antioksidansi, dok *β*-cijanin, crveni pigmet djeluje kao snažan antikancerogen. Postoje i istraživanja koja pokazuju kako *β*-cijanin usporava razvoj tumora. U kombinaciji s folatima dolazi do sinergije *β*-cijanina i folata koji djeluju na način da umanjuju potencijalno visoke razine homocisteina, prirodne aminokiseline koja je štetna za krvne žile i pridonosi razvoju srčanih bolesti, moždanog udara, demencije i sl. Budući da je cikla veliki izvor raznih minerala i vitamina, posebice kobalta koji je odgovoran za sintezu vitamina B12 i koji je jedan od faktora stvaranja eritrocita, ona je jedan od najboljih prirodnih lijekova za liječenje anemije i slabokrvnosti [33].“

„*β*-karoten iz mrkve, prekursor vitamina A, koji se uz pomoć masti u našem tijelu pretvara i djeluje kao vitamin A, poznat je kao vitamin za oči, jer pomaže kod smetnji vida, upala, noćnog sljepila, te umora očiju nakon dugotrajnog rada uz svijetlo. *β*-karoten važan je i za dobru funkciju probavnih organa, a poznati su mnogi pozitivni učinci i na regulaciju šećera u krvi. Mrkva potiče tjelesni razvoj djeteta i jača kosti. Također povećava broj eritrocita, suzbija anemičnost i blagotvorno djeluje na rad jetre [34]. „

„Mrkva je vrlo korisna i u vanjskoj upotrebi. Poznata je upotreba naribane mrkve kao melema za rane, opekotine, čireve, zagnojenja i psorijazu. Zbog odličnih djelovanja na kožu mrkva je poželjan sastojak krema za lice, naročito kod osoba sa suhom i osjetljivom kožom. Pomaže koži kod upala, crvenila, osipa i izlaganja sunčevim zrakama. *β*-karoten daje tenu svježinu, a kožu štiti od štetnog djelovanja sunca, pomažući joj da brzo i zdravo potamni.

Mrkva sadrži i posebnu vrstu vlakana, kalcij pektat. On smanjuje razinu kolesterola u krvi, a djeluje i kao diuretik. Osim toga pomaže i u oslobađanju sluzi iz dišnih organa kod kašlja, bronhitisa i astme, a zbog svoje antiseptičnosti pomaže i pri liječenju infekcija [14].“

„Flavonoidi: apiin, apigenin, crisoeriol i luteolin iz korijena peršina djeluju kao antioksidanti. U istraživanjima se pokazalo, da ekstrakt peršina povećava antioksidacijski kapacitet krvi. Uz flavonoide, peršin je odličan izvor vitamina C i A koji imaju važnu ulogu u

zaštiti organizma od mnogih bolesti. Pripravci od peršina pomažu kod ublažavanja simptoma probavnog sustava, u liječenju dijabetesa i astme te u prevenciji karcinoma, imaju i protuupalna svojstva, a obzirom da peršin djeluje kao diuretik, pomaže organizmu u izlučivanju tekućine [18,35]. „

.

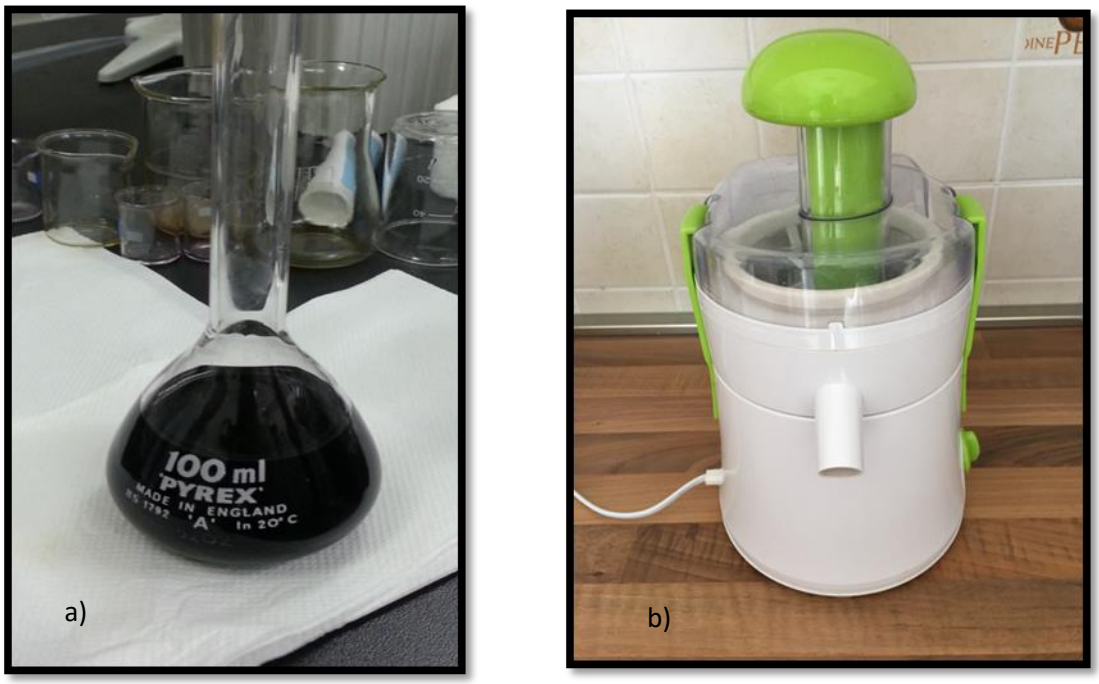
2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je ispitati i usporediti antioksidacijsku aktivnost (ne)filtriranih sokova pripravljenih iz raznih vrsta korjenastog povrća (celer, cikla, mrkva i peršin) metodom elekrtonske spinske rezonancije uz primjenu 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikala, poznatog pod skraćenim imenom DPPH.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. MATERIJALI

Korišteno je raznovrsno korjenasto povrće: celer, cikla, mrkva i peršin. Povrće je kupljeno u supermarketima Plodine. Proces temeljitog pranja kao i sušenja povrća uslijedio je prije samog guljenja i usitnjavanja povrća, a potom je obavljena ekstrakcija soka pojedinog povrća uz pomoć centrifugalnog sokovnika, model "W-JE392". Kao objekt antioksidacijskog djelovanja ekstrakta sokova korišten je radikal DPPH (Sigma-Aldrich), otopljen u etanolu (Kemika). Koncentracija DPPH u etanolu bila je 0,15 mmol/L.



Slika 8. a) Otopina DPPH,
b) centrifugalni sokovnik, model "W-JE392", korišten za ekstrahiranje sokova.

3.2. METODE

3.2.1. EKSTRAKCIJA SOKA IZ KORJENASTOG POVRĆA

Prvi način ekstrakcije odnosi se na priređivanje nefiltriranih sokova. Svi su uzorci pripremani koristeći isti postupak. Prije ekstrakcije soka, korijen biljke je temeljito ispran hladnom vodom, oguljena mu je kora i izrezan je na sitne ploške koje su odmah ubačene u sokovnik te se prikupljao bistri sok. Uzorci za spektroskopska mjerenje priređeni su tako da je volumni udio soka u alkoholnoj otopini DPPH iznosio 4 % .

Drugi način ekstrakcije odnosio se na pripravu filtriranog soka celera i mrkve. Sam postupak ekstrakcije soka identičan je gore opisanom postupku, osim što je na kraju dobiveni sok određeno vrijeme filtriran pomoću naboranog filtar papira.

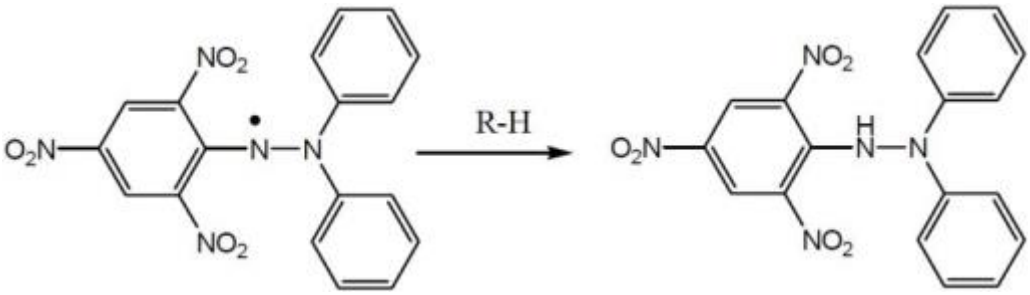
Tablica 2. Ispitivani sokovi korjenastog povrća i njihove oznake.

KORJENASTO POVRĆE	**NE FILTRIRAN**	**FILTRIRAN**
	OZNAKA	
Celer	CE	CE*
Cikla	CI	CI*
Mrkva	M	M*
Peršin	P	P*

3.2.2. METODA REDUCIRANJA DPPH RADIKALA

Sposobnost reduciranja 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikala jedna je od najpopularnijih metoda određivanja antioksidacijske aktivnosti općenito, a posebno prehrambenih proizvoda i napitaka. Stoga se u radu kao radikal za praćenje antioksidacijske aktivnosti uzoraka koristio upravo taj radikal, čije ime u skladu s IUPAC-ovom nomenklaturom glasi: di(fenil)-(2,4,6-trinitrofenil)iminoazan. Molekulska formula ovog spoja je $C_{18}H_{12}N_5O_6$, a njegova struktura je prikazana na slici 9 [36].

Molekula DPPH je karakterizirana kao stabilni slobodni radikal temeljem delokalizacije nesparenog elektrona, tako da molekula ne dimerizira, što bi bio slučaj kod većine drugih slobodnih radikala. Delokalizacija elektrona također dovodi do ljubičaste boje, uzrokovane apsorpcijom u etanolu pri 517 nm. Kada se otopina DPPH pomiješa sa supstratom koji može donirati atom vodika dolazi do redukcije DPPH molekula i gubitka ljubičaste boje. Na slici 9. prikazana je struktura oksidiranog i reduciranog oblika DPPH radikala. Prednosti ove metode u odnosu na druge su njezina brza izvedba, jednostavnost te financijska isplativost [37]



Slika 9. Struktura oksidiranog (lijevo) i reduciranog (desno) oblika DPPH radikala. Preuzeto iz [9]

3.2.3. ELEKTRONSKA SPINSKA REZONANCIJA

Elektronska spinska rezonancija (ESR) je spektroskopska tehnika kojom se detektira apsorpcija energije mikrovalnog zračenja kada se paramagnetske čestice nalaze u vanjskom magnetskom polju. Ova se spektroskopija zasniva na međudjelovanju spinskog magnetskog momenta nesparenog elektrona s vanjskim magnetskim poljem. Nespareni elektron posjeduje rezultantni magnetski moment koji je s njegovim spinom povezan prema izrazu:

$$\mu = \mu_B \, g \, S \, ,$$

gdje je μ_B Bohrov magneton čiji je iznos $9{,}26 \cdot 10^{-24}$ J/T, g za slobodni elektron iznosi 2,0023, a S je spin elektrona. Rješavanjem vremenski neovisne Schrödingerove jednadžbe dobiva se energija međudjelovanja magnetskog momenta $\boldsymbol{\mu}$ s vanjskim magnetskim poljem $\boldsymbol{B}$:

$$E = m_s \, g \, \mu_B \, B \, ,$$

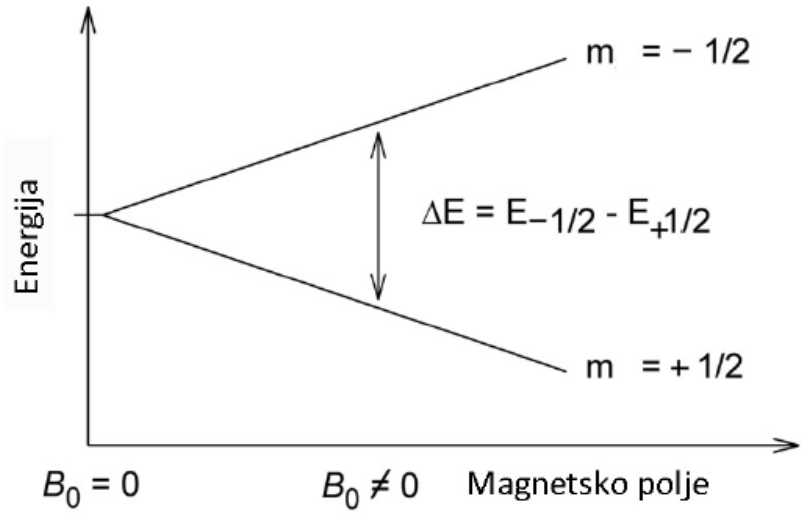
gdje je m_s spinski kvantni broj koji poprima vrijednosti od $-S$ do $+S$. Spin elektrona ima iznos ½ pa postoje dvije moguće orijentacije elektronskih spinova u odnosu na smjer vanjskog magnetskog polja: paralelni α i antiparalelni β elektroni. Pripadne su energije tih elektrona:

$$E_\alpha = g \, \mu_B \, B$$

$$E_\beta = -g \, \mu_B \, B.$$

Gornjim su izrazima opisane energije elektrona nastale zbog Zeemanove interakcije (interakcija spina elektrona s magnetskim poljem), koja cijepa energiju elektrona u dvije razine E_α i E_β. Razdvajanje energijskih razina razmjerno je vanjskom magnetskom polju B,

dok je g približno konst. za elektron. Pritom je energija α elektrona veća od energije β elektrona. Kako se Zeemanova je interakcija odražava na energiju elektrona, shematski je prikazano na slici 10.



Slika 10. Cijepanje energetskih nivoa zbog prisutnosti vanjskog magnetskog polja. Preuzeto iz [10].

Razlika energija između stanja α i β elektrona je:

$$\Delta E = E_{\alpha} - E_{\beta} = g\,\mu_B\,B.$$

Osnovna zamisao EPR spektroskopije jest da se paramagnetskom sistemu dovede energija promjenjivog magnetskog polja koja je upravo jednaka razlici energijskih razina α i β elektrona. Energija koja se dovodi paramagnetskom sistemu u EPR spektroskopiji jest energija elektromagnetskog zračenja mikrovalnog područja jer je pripadna frekvencija ovoga zračenja takva da vrijedi uvjet rezonancije, tj.

$$\Delta E = h\,\nu = g\,\mu_B\,B.$$

Da bi došlo do prijelaza, vanjsko magnetsko polje mora dosegnuti takvu vrijednost da razlika energije između dvije energijske razine točno odgovara primijenjenoj frekvenciji mikrovalnog zračenja. To se postiže posmicanjem magnetskog polja dok je uzorak izložen mikrovalnom zračenju konstantne frekvencije. Detekcija apsorpcije zračenja čija je energija jednaka razlici između energijskih razina temelj je EPR spektroskopije [38,39,40].

Potrebna mjerenja provedena su u Laboratoriju za magnetske rezonancije Instituta "Ruđer Bošković" u Zagrebu, na EPR spektrometru Varian E-109 koji je dodatno opremljen mikrovalnim mostom Bruker ER 041 XG. Neke komponente ESR spektrometra prikazane su na slici 11.



Slika 11. Komponente ESR spektrometra: a) magnetsko polje i b) kontrola mikrovalnog polja.

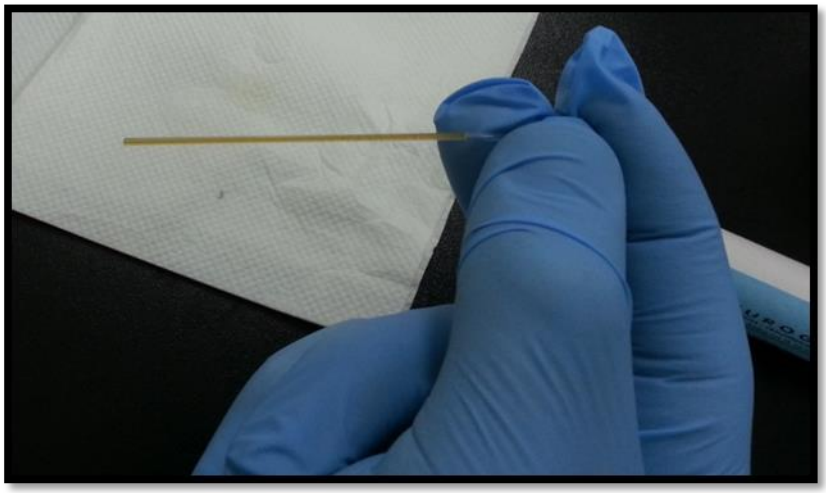
Uzorci za EPR mjerenja pripremani su na sljedeći način:

1. Pripremljena je otopina DPPH radikala u etanolu koncentracije 0,15 mmol/L,
2. Snimljen je spektar otopine DPPH radikala kojoj je dodano 4,0 vol.% vode „Kala“ (slijepa proba),
3. Otopini radikala dodan je određeni volumen ekstrakta soka tako da je udio soka u uzorku iznosio 4,0 %
4. Zabilježeno je vrijeme kad je otopini radikala dodan ekstrakt soka (t = 0),
5. Otopina je promiješana 3 sekunde na električnoj tzv. Vortex mješalici, dio otopine je stavljen u kapilaru, a kapilara u ESR cjevčicu te zatim u šupljinu ESR spektrometra.
6. Spektar reakcijske otopine sniman je tijekom 30 minuta i to u razmacima od 30 s tijekom prvih 5 minuta, 1 minute između 5. i 10. minute snimanja, svake 2 minute između 10. i 20. minute te te svakih 5 minuta između 20. i 30. minute.

ESR spektri snimani su pri centralnom polju od 331 mT (3310 G), uz magnetski posmak od 16 mT (160 G), snagu mikrovalnog polja od 10 mW, amplitudu modulacije 0,1 mT (1 G) i pojačanje od 1600 te vremenom posmaka magnetskog polja od 20 s. Za akumuliranje i obradu spektara korišten je EW (EPRWare) Scientific Software Service program, a rezultati su prikazani pomoću grafova izrađenih u programu SigmaPlot.

Pad intenziteta ESR signala u funkciji vremena od trenutka dodavanja ekstrakta uzoraka praćen je usporedbom vrijednosti dvostrukih integrala spektara detektiranih u obliku prve derivacije apsorpcijskih linija. Vrijednosti koje se dobiju dvostrukim integriranjem proporcionalne su broju DPPH radikala u otopini. Spektar slijepe probe snimljen je neposredno prije mjerenja svakog uzorka. Kao početni intenzitet ESR signala, I_0, uzeta je vrijednost dvostrukog integrala slijepe probe izračunata upravo iz spektra slijepe probe

snimljenog neposredno prije početka mjerenja svakog pojedinog uzorka. Intenziteti signala dobiveni nakon vremena *t*, proteklog od prvog kontakta otopine radikala s uzorkom soka, I_t, normirani su na početnu vrijednost signala I_0 i izraženi u postocima.



Slika 12. Uzorak otopine DPPH u koji je dodan sok ekstrahiran iz korjenastog povrća, neposredno prije početka mjerenja.

4.REZULTATI

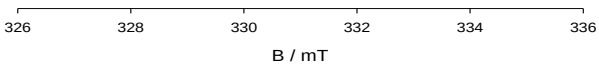
4.1. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST NEFILTRIRANIH SOKOVA ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA

Na odabranom uzorku ekstrakta soka napravljena su početna mjerenja da bi se ustanovilo kako pad signala ovisi o udjelu ekstrakta soka u reakcijskoj otopini. Ta su mjerenja poslužila za odabir najpovoljnijeg udjela ekstrakta soka i koncentracije DPPH otopine što je omogućilo mjerljive razlike među pojedinim uzorcima. Prije svakog mjerenja snimljen je spektar DPPH otopine (slijepa proba). Na slici 14 prikazan je jedan od snimljenih spektara slijepe probe. Spektar se sastoji od pet dobro definiranih uskih apsorpcijskih linija detektiranih u obliku prve derivacije signala.

Kao što je spomenuto u prethodnom poglavlju, intenzitet signala koji se dobije dvostrukim integriranjem prve derivacije apsorpcijske linije proporcionalan je koncentraciji radikala u uzorku. Sposobnost ekstrakta uzorka za gašenjem radikala prikazana je kao relativni intenzitet *I* koji predstavlja relativnu vrijednost u odnosu na intenzitet otopine DPPH neposredno prije dodatka soka otopini DPPH. Relativni intenzitet *I* izračunat je prema jednačbi:

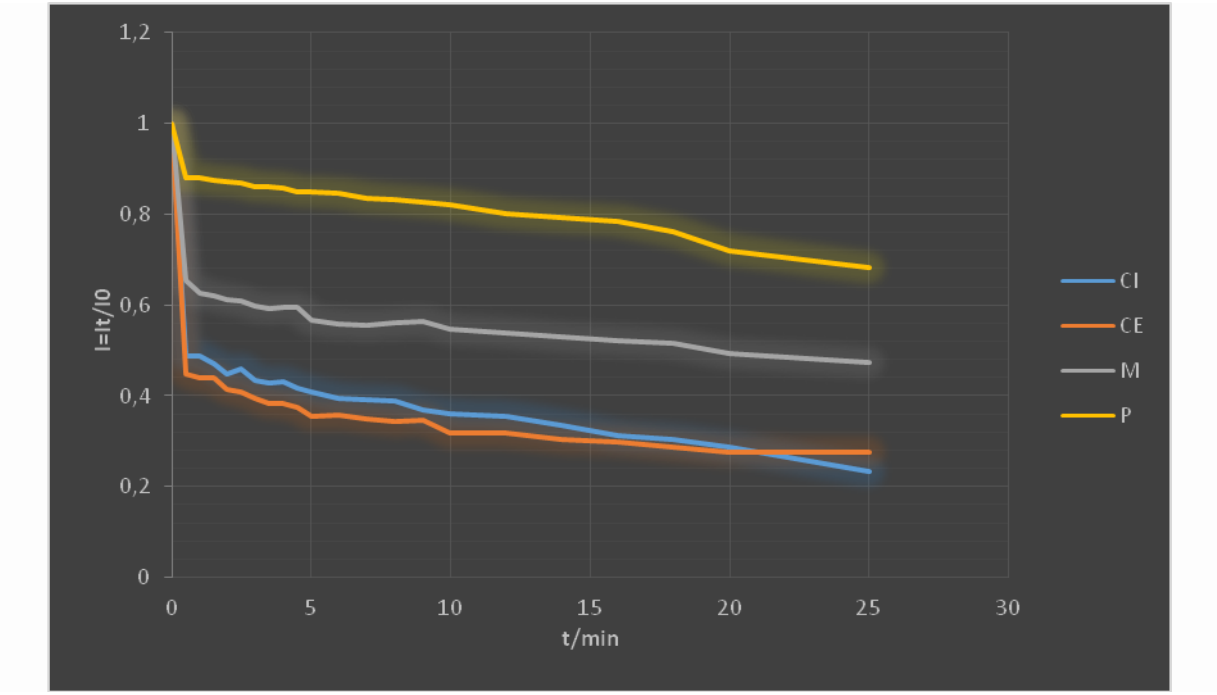
$$I = (I_t / I_0) \cdot 100\ \%,$$

gdje je I_0 intenzitet slijepe probe, a I_t uzorka nakon vremena *t* po dodatku soka otopini DPPH.



Slika 13. ESR spektar slijepe probe.

Na slici 14 grafički je prikazan pad intenziteta ESR signala DPPH kroz period od 30 minuta od dodatka ekstrakta soka za sva četiri ispitivana uzorka. Kod sva četiri uzorka uočava se pad signala u funkciji vremena. Najslabiji pad od svega 32,0 % nakon 30 minuta, u odnosu na intenzitet početnog signala izražen je kod peršina. Malo veći pad od približno 51,0 % u odnosu na intenzitet početnog signala izražen je kod mrkve. Značajniji pad od 73,0 % nakon 30 minuta zabilježen je kod celera, a slijedi ga cikla koja je pokazala najjači pad početnog intenziteta od čak 77,0 %. Premda je najjači pad intenziteta početnog signala od 55,0 % nakon prve minute zabilježen kod celera, cikla je u konačnici pokazala jači pad početnog signala, odnosno pokazala je najjaču antioksidacijsku aktivnost.



Slika 14. Ovisnost relativnog intenziteta ESR signala DPPH I_t/I_0 o vremenu t za pojedine uzorke sokova.

Tablica 3. Vrijednosti relativnih intenziteta ESR signala DPPH u uzorcima CE, CI, M, P, M* i C* u vremenu t_1, t_2 i t_3.

Oznaka	t_1/ min	I_t/I_0/ %	t_2 / min	I_t/I_0/ %	t_3 / min	I_t/I_0/ %
CE	1,00	45,6	3,00	40,9	30,00	27,4
CI	1,00	48,8	3,00	47,4	30,00	23,3
M	1,00	55,7	3,00	51,8	30,00	48,8
P	1,00	88,1	3,00	86,1	30,00	68,2
M*	1,00	97,8	3,00	96,4	30,00	90,8
CE*	1,00	83,7	3,00	81,1	30,00	73,1

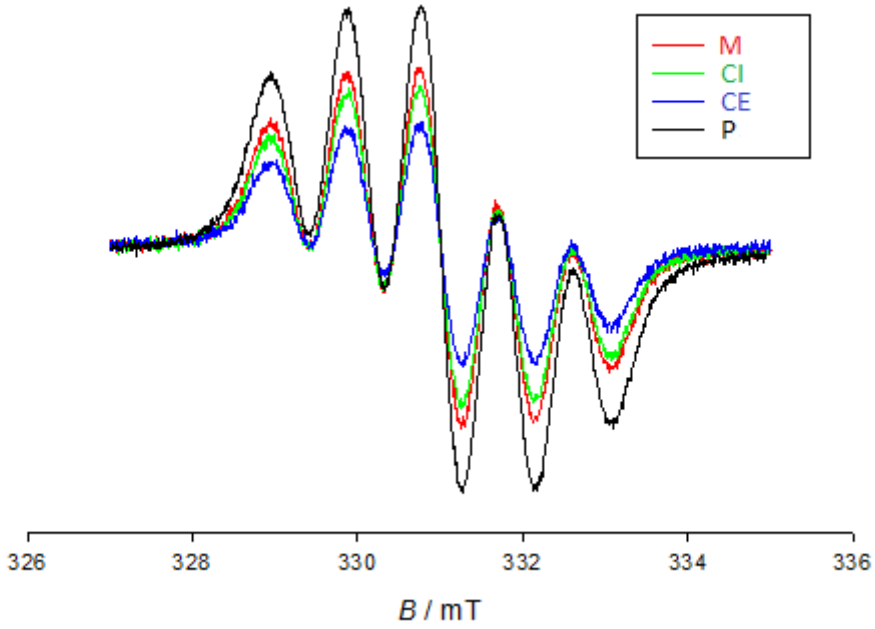
Na temelju podataka iz tablice 3 može se zaključiti da najjače antioksidacijsko djelovanje u početku ima uzorak celera (CE) čiji se intenzitet signala smanjio za 54,4 % nakon prve minute. Slijedi ga uzorak cikle (CI), mrkve (M) te na kraju peršina (P) čiji se intenzitet nakon prve minute smanjio za svega 12,0 %. Nakon treće minute poredak uzoraka s obzirom na pad intenziteta bio je identičan onome nakon prve minute, a glasi: CE, CI, M te P.

Konačno, nakon tridesete minute smanjenje početnog intenziteta signala bilo je najveće za uzorak cikle, a potom za uzorak celera i mrkve, dok je najslabiji antioksidacijski učinak imao uzorak peršina.

Uspoređujući uzorke filtriranih i nefiltriranih sokova, može se vidjeti da filtrirani sokovi manje smanjuju početni signal u odnosu na nefiltrirane. Nakon prve minute uzorak filtriranog soka celera smanjio je početni intenzitet na 83,7 %, dok je filtrirani sok od mrkve smanjio početni signal na svega 97,8 %. Nakon treće minute signal se nije previše smanjio, svega za 1,0 % (M*), odnosno 2,0 % (CE*), a niti nakon tridesete minute intenzitet početnog signala nije značajno pao. Uzorak CE* pokazao je jaču antioksidacijsku aktivnost u odnosu na

M* smanjivši signal na 73,1 %. Mrkva je početni signal smanjila na 90,8 % te shodno tome pokazala najslabiju antioksidacijsku aktivnost.

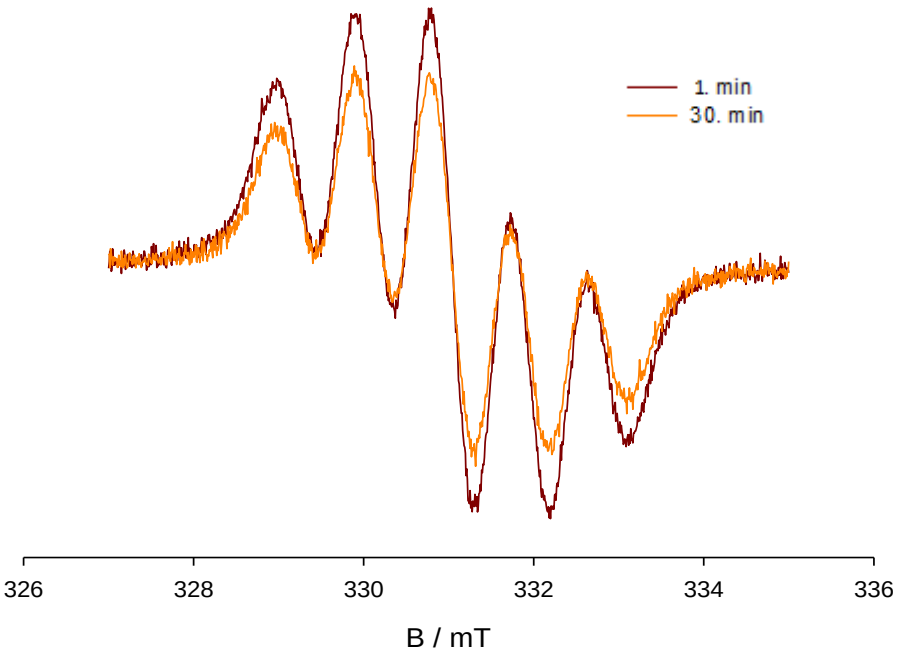
Prikaz ESR spektra DPPH radikala svih uzoraka nefiltriranih sokova snimljenih nakon tri minute vidljiv je na slici 15. Iz prikaza grafova lako se uočava da su intenziteti signala u pojedinim uzorcima u skladu s računskim rezultatima prikazanim u tablici 3.



Slika 15. ESR spektri DPPH radikala svih uzoraka korjenastog povrća tri minute nakon dodatka nefiltriranih sokova.

4.1.1. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST SOKA OD PERŠINA

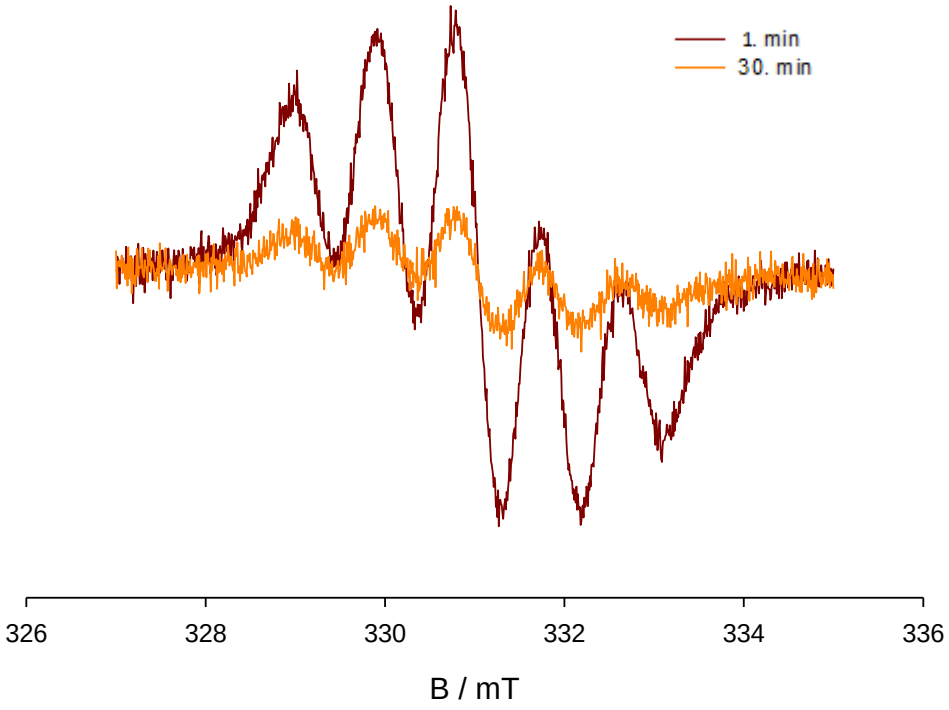
Uzorak peršina (P) pokazuje najslabiji pad intenziteta signala. Nakon prve minute od dodatka ekstrakta soka otopini radikala, relativni intenzitet signala iznosio je 88,1 % vrijednosti početnog signala I_0. U odnosu na ostale uzorke, gašenje radikala odvijalo se znatno sporije, te je nakon treće minute relativni intenzitet signala iznosio 86,1 %, da bi nakon 30 minuta reakcije pao na 68,2 %.



Slika 16. ESR spektri DPPH radikala nakon dodatka ekstrakta soka peršina (P) poslije prve odnosno tridesete minute.

4.1.2. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST SOKA OD CIKLE

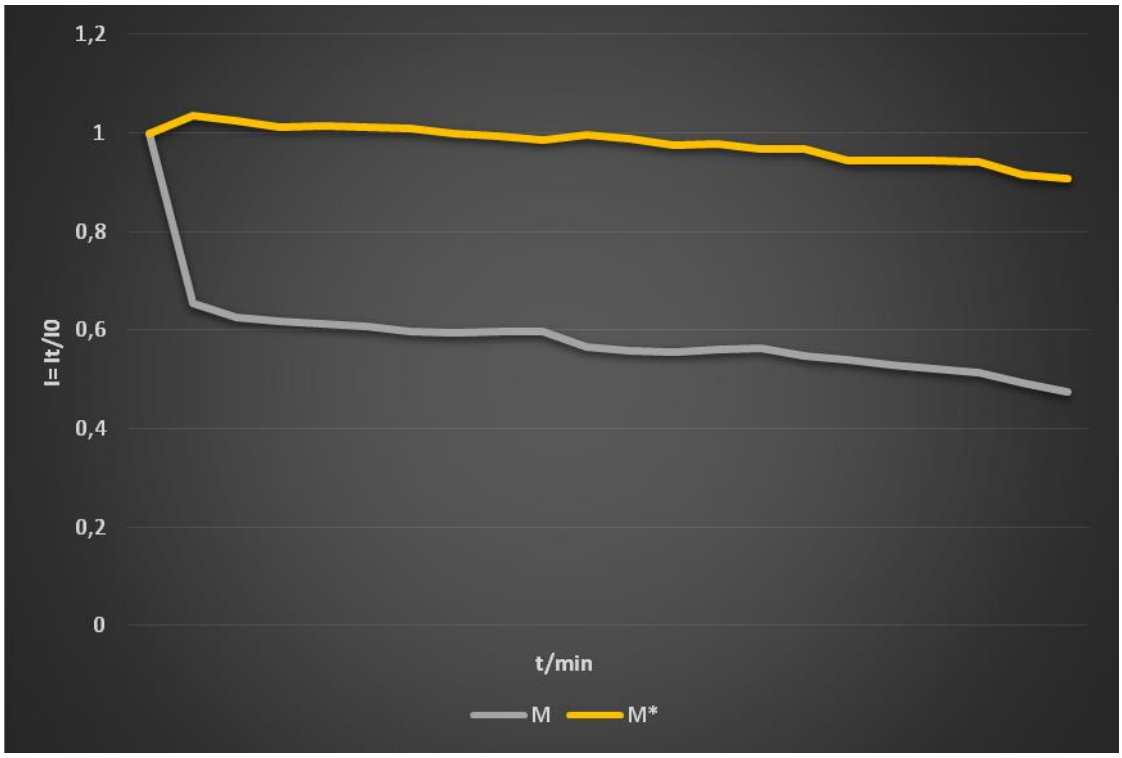
Uzorak cikle (CI) pokazuje najjači pad intenziteta signala. Nakon prve minute od dodatka ekstrakta soka otopini radikala, relativni intenzitet signala iznosio je 48,8 % vrijednosti početnog signala I_0. To je gotovo dvostruko jači pad signala u odnosu na pad signala uzorka peršina (88,1 %). U odnosu na ostale uzorke, gašenje radikala odvijalo se znatno brže, te je nakon treće minute relativni intenzitet signala iznosio 47,4 %, da bi nakon 30 minuta reakcije zaostalo svega 23,7 % intenziteta početnog signala.



Slika 17. ESR spektri DPPH radikala nakon dodatka ekstrakta soka cikle (CI) poslije prve odnosno tridesete minute.

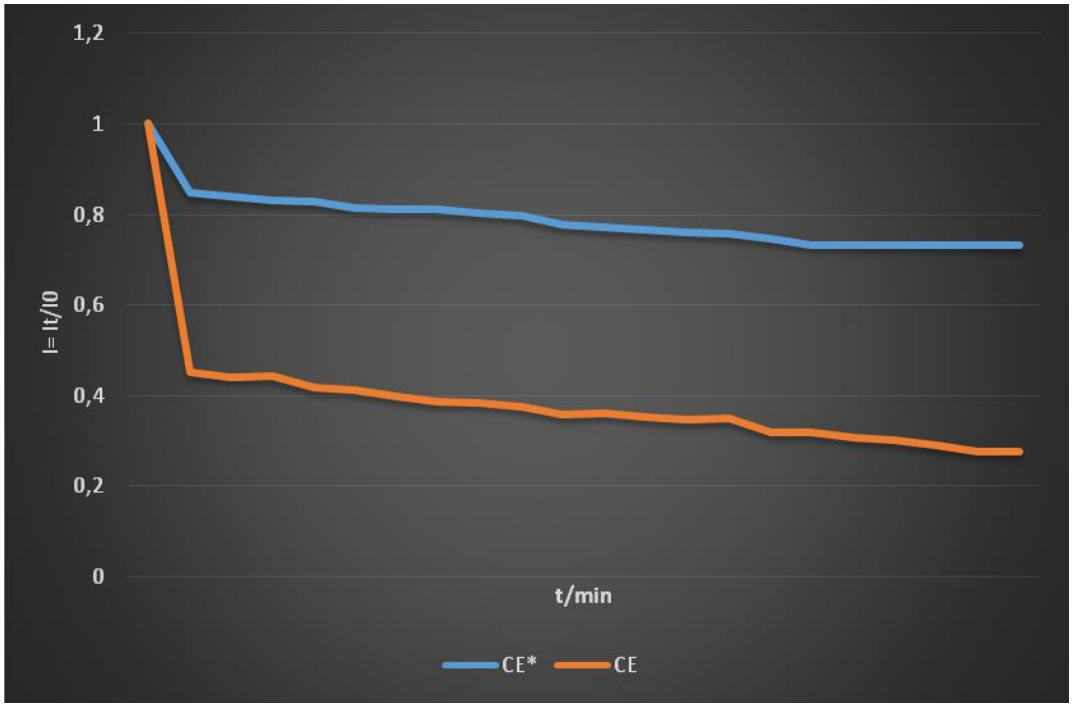
4.2. ANTIOKSIDACIJSKA AKTIVNOST FILTRIRANIH SOKOVA MRKVE I CELERA

Usporedbom ova dva uzorka može se jasno vidjeti kako ekstrakt uzoraka nefiltriranog soka mrkve ima znatno jaču antioksidacijsku aktivnost nego uzoraka filtriranog soka istovrsnog povrća. Nakon tri minute od dodatka uzorka otopini radikala, uzorak M zadržao je približno 59,8 % intenziteta početnog signala za razliku od uzorka M* koji bilježi približno 96,4 % intenziteta početnog signala. Jasna razlika vidi se i na kraju reakcije kada intenzitet signala uzorka M pada na 48,8 %, u odnosu na M* koji se zadržao na visokih 90,8 %.



Slika 18. Usporedba pada intenziteta signala ESR signala ekstrakta filtriranog i nefiltriranog soka mrkve kroz 30 minuta.

Nadalje, usporedbom ekstrakta uzorka nefiltriranog soka celera s ekstraktom uzorka filtriranog soka celera također se uočava znatno jača antioksidacijska aktivnost nefiltriranog soka. Nakon tri minute od dodatka uzorka otopini radikala, uzorak CE zadržao je približno 40,9 % intenziteta početnog signala za razliku od uzorka CE* koji bilježi približno 81,1 % intenziteta početnog signala. Jasna razlika vidi se i na kraju reakcije kada intenzitet signala CE uzorka pada na niskih 27,4 %, u odnosu na CE* koji se zadržao na 73,1 %. Nefiltrirani uzorak CE pokazao je gotovo trostruko jaču antioksidacijsku aktivnost u odnosu na filtrirani uzorak.



Slika 19. Usporedba pada intenziteta ESR signala ekstrakta filtriranog i nefiltriranog soka celera kroz 30 minuta.

5. RASPRAVA

U diplomskom je radu ispitivana antioksidacijska aktivnost četiri vrste korjenastog povrća čije su oznake i karakteristike navedene u tablici 2. Prethodnim variranjem koncentracije radikala u otopini i ekstrakta soka, pokazalo se da koncentracija ekstrakta u otopini radikala od 4 % daje optimalne, lako usporedive rezultate u vremenskom intervalu od 30 minuta.

5.1. USPOREDBA ANTIOKSIDACIJSKE AKTIVNOSTI ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA

Pad intenziteta signala izravno je proporcionalan i povezan je s antioksidacijskom aktivnošću uzoraka ekstrakta soka korjenastog povrća. Najjaču antioksidacijsku aktivnost imao je uzorak cikle (CI), slijedili su uzorci celera (CE) i mrkve (M), a najslabiju sposobnost gašenja slobodnih radikala, odnosno najslabiju antioksidacijsku aktivnost pokazao je uzorak peršina (P). Generalno gledano, nefiltrirani uzorci imali su znatno veću sposobnost gašenja slobodnih radikala, u odnosu na filtrirane sokove koji su pokazali tek neznatnu ili vrlo malu sposobnost gašenja slobodnih radikala.

Prije spominjana korelacija između fitokemikalija i antioksidacijskih komponenti u korjenastom povrću pokazala je jasnu sinergiju tih dviju komponenti, što je konačno rezultiralo jačom antioksidacijskom aktivnošću. Različito korjenasto povrće sadrži različiti udio fitokemikalija, stoga veći udio fitokemikalija u konačnici doprinosi jačoj antioksidacijskoj aktivnosti [23,24,25,26].

Mineralno-kemijski sastav, kao i raznoliki sastav vitamina, također doprinosi efikasnijoj antioksidacijskoj aktivnosti. Stoga cikla kao bogati izvor vitamina C i vitamina B kompleksa uz raznolik sastav mineralnih tvari s razlogom pokazuje i najjaču antioksidacijsku moć [10,11].

5.2. UTJECAJ SASTOJAKA ODABRANOG KORJENASTOG POVRĆA NA ANTIOKSIDACIJSKU AKTIVNOST

Najjaču aktivnost, kao što je i prije spomenuto, imao je uzorak cikle (CI) dok je uzorak celera (CE) bio slijedeći s najjačom aktivnošću. Za pretpostaviti je da su esencijalne tvari poput fitokemikalije iz korijena celera, odnosno betacijanin iz korijena cikle glavne komponente antioksidacijske aktivnosti, budući da su upravo uzorak CI, a potom uzorak CE pokazali najjaču sposobnost gašenja radikala. Nekoliko studija ističe da se upravo apiin, fitokemikalija iz korijena celera ubraja među najsnažnije antioksidansie. Cikla svoju snažnu moć antioksidacije, uz prethodno navedeni betacijanin, duguje i velikom udjelu kobalta te vitamina C i vitamina B kompleksa. [9,10,41,44].

Profesor Andy Jones u svojim istraživanjima otkriva da je betain bitan za odvijanje procesa detoksikacije u jetri [42]. Nadalje korijen mrkve koji obiluje vitaminom A, odnosno prekursorom vitamina A, Beta-karotenom, također pokazuje značajnu sposobnost gašenja radikala. Iz te činjenice proizlazi da su vitamini uvelike odgovorni ili su kofaktori u procesu antioksidacije [43].

S druge strane, uzorak peršina (P) pokazao je najslabiju antioksidacijsku aktivnost. Postoji više mogućih razloga ovakvog ishoda. Jedan od njih je mineralno-kemijski sastav korijena peršina koji je u odnosu na ostalo korjenasto povrće značajno siromašniji. Naime korijen peršina iako sadrži minerale, njihova količina je nemjerljiva s količinama koje sadrži stabljika, odnosno list peršina [17,18].

Stabljika sadrži dvije vrste fitokemikalija, aromatična ulja i flavonoide. Posebno se ističe flavonoid luteolin iz lista peršina, koji ima snažno antioksidativno djelovanje i na taj način doprinosi zaštiti stanica od oksidativne štete [18,19]. Također list peršina obiluje vitaminima A i C, koji imaju kako je već gore istaknuto, snažnu antioksidacijsku aktivnost. U

listovima peršina nalaze se i hlapljiva aromatična ulja poput miristicina i limonena, a studije navode da upravo ta ulja pokazuju inhibicijsko djelovanje na neke oblike tumora [17].

Budući da je u ovom eksperimentu uzorak korijena peršina (P) imao najslabiju antioksidacijsku moć može se pretpostaviti da je razlog tome upravo nedostatak ovakvih esencijalnih antioksidansa, za koje se smatra da su glavni nositelji antioksidacijske aktivnosti.

5.3. UTJECAJ FILTRACIJE SOKA NA ANTIOKSIDACISKU AKTIVNOST

Razlika između filtriranih i nefiltriranih uzoraka, vrlo je bitno svojstvo u procjeni antioksidacijske aktivnosti. Iako su dobiveni ekstrakti uzoraka bili vrlo bistri, provedena je dodatna filtracija kako bi se ustanovilo postiže li se time efikasniji antioksidacijski učinak.

Rezultati su pokazali slijedeće: filtrirani sokovi puno slabije gase radikale u odnosu na nefiltrirane sokove. Filtrirani sok od mrkve ima gotovo upola slabiju moć gašenja slobodnih radikala u odnosu na nefiltrirani sok istog povrća, dok filtrirani sok celera ima u trećinu slabiju moć gašenja slobodnih radikala u odnosu na nefiltrirani sok celera. Mogući razlog ovako loše antioksidacijske aktivnosti povezuje se s činjenicom da su komponente antioksidacijske aktivnosti (vitamin C, vitamin B te β-karoten) zaostale u talogu na filtar papiru i nisu bile u mogućnosti sudjelovati u reakcijama [6,7,13,15].

6. ZAKLJUČAK

Iako je korjenasto povrće u ljudskoj prehrani prisutno od davnina, danas je podcijenjeno i koristi se u malim količinama. Bogato je antioksidacijskim i protuupalnim nutrijentima, male je kalorijske vrijednosti i ne sadrži masti, što ga čini vrlo vrijednom namirnicom.

Antioksidacijska aktivnost odabranog korjenastog povrća, bila je tema ovog istraživačkog rada. U radu se ispitivala i uspoređivala moć uzoraka sviježe pripremljenih sokova korjenastog povrća za gašenje slobodnih radikala. Slobodni radikali su atomi, molekule ili ioni koji imaju nespareni elektron što ih čini vrlo reaktivnim i nepoželjnim česticama u našem organizmu. Najpogodnijim radikalom za praćenje pokazao se DPPH, a temeljna metoda u mjerenju antioksidacijske moći korjenastog povrća bila je elektronska spinska rezonancija (ESR) zbog izrazite osjetljivosti i preciznosti te vrlo niskog praga detekcije.

Slijedeći rezultate ESR mjerenja moglo bi se zaključiti da sviježe pripremljeni sok od cikle može poslužiti za neutralizaciju slobodnih radikala te na taj način umanjiti vjerojatnost oksidativnog stresa, ali i preventivno može poslužiti u sprječavanju nastanka raznih akutnih oboljenja. Za temeljito razumijevanje dobivenih rezultata bila bi potrebna daljnja istraživanja u vidu kvalitativne i kvantitativne analize sastava korjenastog povrća na nekoj od preciznijih analitičkih tehnika poput tekućinske kromatografije visoke djelotvornosti (HPLC). Time rad ostavlja prostora za neka novija i daljnje istraživanja.

7. LITERATURA

Popis korištenih referenci te citirane literature

1. P. Fellovs i sur.:"*Food Processing Technology*", **23** (1988) 2679-2686.
2. http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/opca-svojstva-i-podjela-voca-i-povrca
3. http://www.adiva.hr/korjenasto-povrce-vitamini-skriveni-pod-zemljom.aspx
4. I. Kulier: *Prehrambeni rječnik*, Zagreb (1994).
5. https://hr.wikipedia.org/wiki/Celer
6. http://www.coolinarika.com/magazin/prehrambeni-rjecnik/c/celer-korijen/
7. http://www.coolinarika.com/namirnica/celer/nutritivna-tablica/
8. https://hr.wikipedia.org/wiki/Cikla
9. http://www.coolinarika.com/namirnica/cikla/
10. S. Tytti, I. Hopia, H.J. Vuorela, J.-P. Rauha, K. Pihlaja and M. Heinonen. *Food Chemistry*, **48** (2000) 5338-5342.
11. http://www.coolinarika.com/namirnica/cikla/nutritivna-tablica/
12. https://hr.wikipedia.org/wiki/Mrkva
13. A. Dalby, i sur. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53** (2005) 6565–6571.
14. http://pyrus.hr/upoznajmo-prirodu/mrkva/
15. http://www.coolinarika.com/namirnica/mrkva/nutritivna-tablica/
16. https://hr.wikipedia.org/wiki/Peršin
17. H. Meyer, A. Bolarinwa, G. Wolfram, J. Linseisen. *Annals of Nutrition and Metabolism*, **50** (2006) 167–172.
18. http://www.zzjzpgz.hr/nzl/55/sveta-biljka-persin.htm

19. http://www.coolinarika.com/namirnica/persin/

20. http://www.coolinarika.com/namirnica/persin/nutritivna-tablica/

21. http://nutricionizam.com/fitokemikalije-definicija/

22. http://nutricionizam.com/podjela-fitokemikalija/

23. S. Kumar, A.K. Pandey, *The Scientific World Journal*, **23** (2013) 1-16.

24. T. Swain, J.B. Harborne, C.F. Sumere, *Recente Advances in Phytochemistry*, **45** (1979) 2-14.

25. S.P. Kazazić, *Antioksidacijska i antiradikalska aktivnost flavonoida*, **55** (2004) 7-19.

26. R.J. Nijveldt, E. von Nood, D.E.C. van Hoorn, P.G. Boelens, K. van Norren, P.A.M. van Leewen, *The American Journal of Clinical Nutrition*, **74** (2001) 418-425.

27. D.I. Hertzog, O.S. Tica, *Current Healt Sciences Journal*, **38** (2012) 145-149.

28. R.J. Williams, J.P. Spencer, C. Rice-Evans, *Free Radic Biol Med*, **36** (2004) 3838-3849.

29. C. Kanadaswami, L.T. Lee, P.P.H. Lee, J.J. Hwang, F.C. Ke, Y.T. Huang, M.T. Lee, *The Antitumor Activities of Flavonoids*, **19** (2005) 895-910.

30. N. Gelenčir, *Prirodno liječenje biljem, hranom i ostalim sredstvima*, Zagreb (1990).

31. http://www.vasezdravlje.com/izdanje

32. http://www.krenizdravo.rtl.hr/prehrana/celer-provjerite-zasto-je-dobar-za-zdravlje

33. http://www.muska-posla.com/ciklazdravopovrce.htm

34. http://www.plivazdravlje.hr/centar/prehrana/22/namirnica/88/Mrkva.html

35. http://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/persin-vise-od-zacina

36. J. Anissi, A. Ouardaoui, M. El Hassouni, K. Sendide, *Food Chemistry*, **150** (2012) 438.

37. Md. Nur Alam, N.J. Bristi, Md. Rafiquzzaman, *Saudi Pharmaceutical Journal* **21** (2013) 143.

38. M.J.N. Junk, *Assessing the Functional Structure of Molecular Transporters by EPR Spectroscopy, ur., Springer*, Berlin, 2012.

39. S.Valić, u Rubber Nanocomposites: *Preparation, Properties and Applications, S. Thomas and R. Stephen, ur., John Wiley & Sons*, 2010., str. 391.

40. Doc.dr.sc.Erim Bešić, *Spektroskopija elektronske paramagnetske rezonancije*, Zagreb 2010.

41. http://mobile.nutraingredients.com/Research/Beetroot-shot-significant-and-convenient-source-of-antioxidants-Study

42. http://www.health-herbal.com/html/beetroot.html

43. http://www.carrotmuseum.co.uk/antiox.html

44. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20492156

Popis referenci za preuzete slike

1. http://www.coolinarika.com/magazin/prehrambeni-rjecnik/p/povrce-korjenasto/
2. http://vocarna.hr/povrce/celer-korijen/
3. http://www.muska-posla.com/ciklazdravopovrce.htm
4. http://pyrus.hr/upoznajmo-prirodu/mrkva
5. http://www.gospodarski.hr
6. D.I. Hertzog, O.S. Tica, *Current Healt Sciences Journal*, **38** (2012.) 145-149.
7. J. Dai, R.J. Mumper, *Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties* **15**, (2010.) 7313-7352.
8. S.Kumar, A.K. Pandey, *The Scientific World Journal* **23** (2013.) 1-16.
9. https://en.wikipedia.org/wiki/DPPH
10. M. Bosiočić, „*NQR istraživanja supravodiča YBa2Cu3O7-x*,“ Master's thesis, Sveučilište u Zagrebu, PMF FO, 2010.

ŽIVOTOPIS

Ime i prezime:	Daniel Ljutić
Datum i mjesto rođenja:	07. studenog 1992., Rijeka
Nacionalnost:	Hrvat
Adresa:	Zidarići 19, 51511 Malinska
E-mail:	daniel.ljutic@gmail.com

ŠKOLOVANJE

2015.-	Diplomski sveučilišni studij Istraživanje i razvoj lijekova, Odjel za biotehnologiju, Sveučilište u Rijeci
2014.-2016.	Diplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
2014.	Sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) sanitarnog inženjerstva, univ. bacc. sanit. ing., sa završnim radom „Utjecaj načina pripreme kave na njezinu antioksidacijsku aktivnost“
2011.-2014.	Preddiplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
2007.-2011.	Opća gimnazija, Srednja škola Hrvatski kralj Zvonimir, Krk
1999.-2007.	Osnova škola Fran Krsto Frankopan, Malinska