

Bioaktivne tvari u kori cikle i banane

Radić, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:998574>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Biotehnologija

Maja Radić

7325/BT

BIOAKTIVNE TVARI U KORI CIKLE I BANANE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: prof.dr.sc. Ksenija Durgo

Zagreb, 09.09.2021.

Rad je izrađen u okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost „*Održiva proizvodnja biokemikalija iz sekundarnih lignoceluloznih sirovina*“ (HRZZ-IP-2018-01-9717).

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Biotehnologija

Zavod za biokemijsko inženjerstvo

Laboratorij za biologiju i genetiku mikroorganizama

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Biotehnologija

Bioaktivne tvari u kori cikle i banane

Maja Radić, 0058209543

Sažetak:

Svake godine u svijetu se proizvede velika količina nusproizvoda prehrambene i poljoprivredne industrije, od čega većina završi kao otpad čime se zagađuje okoliš. Dokazano je da taj biootpad može poslužiti za ekstrakciju vrijednih bioaktivnih spojeva. Cilj rada je opisati bioaktivne tvari u kori cikle i banane. U kori cikle se nalaze betalaini (betacijani i betaksantini), fenolni spojevi, vitamini, betalaminska kiselina, ferulinska kiselina, *p*-kumarinska kiselina i L-triptofan. U kori banane nalaze se antocijani, tokoferoli, askorbinska kiselina, fitosteroli, dopamin, tanini i drugi fenolni spojevi. Opisane su konvencionalne i nove tehnike ekstrakcije bioaktivnih tvari iz biljnih tkiva. Učinak tih tvari na ljudske stanice je često antioksidacijski, protuupalni, antimutageni i antitumorski, te one pospješuju zdravlje i štite organizam od bolesti. Uvidom u korisne komponente koje se dobivaju iz kora cikle i banane daljnji razvoj metoda njihove ekstrakcije te iskorištavanje biootpada ima važnu ulogu.

Ključne riječi: banana, bioaktivni spojevi, biootpad, cikla, ekstrakcija, kora

Rad sadrži: 23 stranice, 10 slika, 2 tablice, 47 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof.dr.sc. Ksenija Durgo

Datum obrane: 09.09.2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Biotechnology
Department of Biochemical Engineering
Laboratory for Biology and Microbial Genetics
Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Biotechnology

Bioactive compounds in beetroot and banana peel

Maja Radić, 0058209543

Abstract:

Every year, the world produces a large amount of by-products from the food and agricultural industries, most of which end up as waste, polluting the environment. This biowaste can be used for the extraction of valuable bioactive compounds. The aim of this paper is to describe the bioactive substances in the peel of beets and bananas. Beetroot peel contains betalains, phenolic compounds, vitamins, betalamic acid, ferulic acid and p-coumaric acid. Banana peel contains anthocyanins, tocopherols, ascorbic acid, phytosterols, dopamine, tannins and other phenolic compounds. Conventional and new techniques of extraction of bioactive substances from plant tissues are described. The effect of these substances on human cells is antioxidant, anti-inflammatory, antimutagenic and antitumor, promoting health and protecting the body from disease. Insight into the useful components obtained from the peel of beets and bananas shows that the further development of methods for their extraction and the utilization of biowaste is important.

Keywords: banana, bioactive compounds, biowaste, beetroot, extraction, peel

Thesis contains: 23 pages, 10 figures, 2 tables, 47 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Ksenija Durgo, PhD

Defence date: 9th September, 2021.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1 Banana i cikla	2
2.2. Kemijski sastav kore banane i cikle	4
2.2.1 Kemijski sastav kore banane	4
2.2.2 Kemijski sastav kore cikle	5
2.3. Metode ekstrakcije biološki aktivnih spojeva iz kore banane i cikle	7
2.3.1 Konvencionalne metode ekstrakcije	7
2.3.2 Nove metode ekstrakcije	8
2.4 Biološki aktivne tvari u ekstraktu kore banane i cikle	9
2.5. Djelovanje biološki aktivnih tvari kore cikle i banane	10
2.5.1 Fenoli	10
2.5.2 Antocijani	11
2.5.3 Katekolamini: dopamin	12
2.5.4 Askorbinska kiselina	13
2.5.5 Tokoferoli	14
2.5.6 Fitosteroli	14
2.5.7 Betalaini	16
2.6. Komercijalna primjena ekstrakta kore banane i cikle	17
3. ZAKLJUČAK	18
4. LITERATURA	19

1. UVOD

Biološki aktivne tvari spojevi su koji se prirodno nalaze u hrani životinjskog i biljnog podrijetla u malim količinama i imaju razne funkcije u ljudskom organizmu (Definicija Hrane, 2015).

Biljke su važni izvori bioaktivnih tvari koje pridonose ljudskom zdravlju, kontroli bolesti i dugovječnosti, a nedovoljna konzumacija povećava rizik od razvoja kroničnih i nezaraznih bolesti (Baião i sur., 2017). Kod većine voća i povrća konzumira se samo meso ili pulpa, a ostatak se smatra otpadom ili nusproduktom. Nusprodukti voća i povrća bogati su esencijalnim nutrijentima i vrijednim bioaktivnim spojevima. Otpadci voća i povrća također su sklони mikrobnom kvarenju. Da bismo zaštitili okoliš te očuvali prirodu, od esencijalne je važnosti iskoristiti biljne nusprodukte prehrambene i poljoprivredne industrije kao sekundarne sirovine (Sagar i sur., 2018).

Cilj ovog rada prikazati je kemijski sastav i biološki aktivne tvari u nusproduktima (kori) banane i cikla te ukazati na potencijal primjene ekstrakta ovih sekundarnih sirovina u komercijalne svrhe.

2. TEORIJSKI DIO

2.1 Banana i cikla

Banana (slika 1) je najviše konzumirano voće u cijelom svijetu. Plod je zimzelene višegodišnje subtropske biljke koja pripada rodu *Musa* iz porodice *Musaceae*. Raste u preko 130 zemalja svijeta, a najviše ju izvozi Ekvador, dok je najveći uvoznik SAD (Singh i sur., 2016).

Glavni nusprodukt prerade banane je kora koja, ako se ne zbrinjava, predstavlja ekološki problem jer sadrži velike količine dušika i fosfora, dok je zbog visokog udjela vode podložna modifikaciji mikroorganizama - kvarenju (González-Montelongo i sur., 2010). Kora banane sadrži puno veće koncentracije mikronutrijenata u usporedbi s pulpom (Sundaram i sur., 2011) stoga je poželjno iskoristiti njen potencijal.



Slika 1. Plod banane (Harvard, 2020)

Prosječna konzumacija banane po osobi u svijetu dosegla je 11,7 kilograma u 2017. godini (Faostat, 2017), a godišnje se u svijetu proizvede 102 milijuna tona banane. Kako kora čini oko 35% udjela u težini cijelog voća, tako možemo zaključiti da je godišnje proizvedeno oko 36 milijuna tona otpadne kore. Većina kore bačena je na odlagališta otpada, iako predstavlja ogromni potencijal kao sekundarna sirovina za daljnju uporabu (Vu i sur., 2016).

Cikla (*Beta vulgaris*, slika 2) spada u porodicu *Amaranthaceae*. Geografski je rasprostranjena u Maloj Aziji, Europi i na Mediteranu. Biljka ima korijenski sustav koji se sastoji od glavnog korijena i manjih korijena te gomoljasti ljubičastocrveni mesnati dio slatkog okusa (Baião i sur., 2017).

Proizvodnja cikle u Europskoj Uniji 2019. godine iznosila je 789 tisuća tona (Eurostat, 2019).



Slika 2. Plod cikle (Healthline, 2017)

2.2. Kemijski sastav kore banane i cikle

2.2.1 Kemijski sastav kore banane

Tablica 1 prikazuje kemijski sastav kore banane. Udio vlage u namirnici ili proizvodu ukazuje na rok trajanja i svježinu prehrambene namirnice. Visoki udio vlage korelira s kraćim rokom trajanja, pa je namirnica podložna propadanju i kvarenju zbog djelovanja mikroorganizama. Udio vlage kore banane iznosi 88,1% (Aboul-Enein i sur., 2016).

Tablica 1. Kemijski sastav svježe kore banane (Mohapatra i sur., 2010)

Proteini %	1,8
Masti %	1,7*
Glukoza %	2,4
Fruktoza %	6,2
Saharoza %	2,6
Škrob %	1,2
Celuloza %	8,4
Ukupni ugljikohidrati %	29
Kalij, mg/100g	78,1 ± 6,58*
Kalcij, mg/100g	19,2 ± 0,00
Natrij, mg/100g	24,3 ± 0,12
Željezo, mg/100g	0,61 ± 0,22

Mangan, mg/100g	76,20 ± 0,00
Brom, mg/100g	0,04 ± 0,00
Rubidij, mg/100g	0,21 ± 0,05

*suhe mase kore

2.2.2 Kemijski sastav kore cikle

Kemijski sastav kore cikle prikazan je u tablici 2. Udio vlage u kori cikle iznosi 87,58% (USDA, 2019).

Tablica 2. Kemijski sastav kore cikle (Šeremet i sur., 2020)

Proteini % suhe tvari	18,3 ± 0,2
Masti % suhe tvari	0,6 ± 0,0
Saharoza % suhe tvari	12,5 ± 0,2
Minerali % suhe tvari	12,1 ± 0,1
Ukupna vlakna % suhe tvari	33,6 ± 1
Kalij, mg/1000g suhe tvari	41854 ± 1366
Kalcij, mg/1000g suhe tvari	2851 ± 153
Natrij, mg/1000g suhe tvari	4380 ± 189
Željezo, mg/1000g suhe tvari	159 ± 10

Fosfor, mg/1000g suhe tvari	7811 ± 393
Magnezij, mg/1000g suhe tvari	6570 ± 356

2.3. Metode ekstrakcije biološki aktivnih spojeva iz kore banane i cikle

Da bi se iz otpadaka voća i povrća dobilo bioaktivne tvari, mora se provesti njihova ekstrakcija. Za svaku skupinu bioaktivnih spojeva potrebno je provesti odgovarajuću, s obzirom na svojstva željenih spojeva, metodu ekstrakcije i odabrati odgovarajuću temperaturu, otapalo, dio biljke iz kojeg se ekstrahira tvar, tlak i pripremiti uzorak. Metode ekstrakcije bioaktivnih tvari iz biljnog otpada mogu se podijeliti u dvije skupine: konvencionalne i nove tehnike (Sagar i sur., 2018).

2.3.1 Konvencionalne metode ekstrakcije

Konvencionalnim metodama smatraju se klasične metode ekstrakcije koje se koriste dugi niz vremena. Temelje se na korištenju potencijala otapala i primjeni topline, ili njihovom kombinacijom. Primjeri nekih od konvencionalnih metoda su Soxhlet ekstrakcija, hidro-destilacija i maceracija (Sagar i sur., 2018).

Soxhlet ekstrakcija je klasična tehnika ekstrakcije i služi kao model za razvoj novih metoda. Mala količina suhog uzorka položi se u naprstak unutar destilacijske tikvice ispunjene odabranim otapalom. Kada se otapalo počne prelijevati, sifon usisava otopinu iz naprstka te ju vraća u destilacijsku tikvicu. Ova otopina sadrži i prenosi ekstrakt u glavnu tekućinu. Otopina ekstrakta ostaje u destilacijskoj tikvici, dok se otapalo iznova vraća do suhog uzorka. Taj se postupak ponavlja sve dok se ne ekstrahiraju bioaktivne tvari (Sagar i sur., 2018).

Hidro-destilacija se koristi za ekstrakciju ulja i drugih komponenata iz biljnih izvora, a uzorak nije potrebno prethodno sušiti. Tri su načina provođenja hidro-destilacije: destilacija vodom i parom, destilacija vodom i direktna destilacija parom. Uzorku se dodaje određena količina vode koja se prokuhava, a umjesto vode može se koristiti vodena para. Vruća voda i vodena para će ekstrahirati bioaktivne spojeve. U kondenzatoru mješavinu para ulja i vode kondenziramo indirektnim hlađenjem pomoću vode, a zatim se u separatoru iz vode izdvajaju ulja i ostale bioaktivne tvari. Dakle, kod hidro-destilacije se koriste procesi difuzije vodene pare, hidroliza te razgradnja toplinom. Zbog visoke temperature ekstrakcije metoda nije pogodna za termolabilne komponente (Sagar i sur., 2018).

Maceracija je relativno jeftina metoda za dobivanje esencijalnih ulja i bioaktivnih spojeva. Prvi korak je mljevenje biljnog materijala u sitne čestice. Zatim se uzorak zajedno s otapalom stavlja u zatvorenu posudu. Nakon nekog vremena tekućina se odbacuje, a čvrsti talog biljnog materijala

tiješti se, čime se izdvoji otopina u kojoj su ekstrahirane bioaktivne tvari. Iz dobivene otopine, krute čestice se uklanjaju filtracijom. Kako bi se povećala efikasnost maceracije otopina se protresa čime se povećava difuzija. Koncentriranu otopinu zamjenjuje se svježim otapalom kako bi se povećao prinos (Sagar i sur., 2018).

2.3.2 Nove metode ekstrakcije

Nove tehnike ekstrakcije razvijene su zbog nedostataka konvencionalnih metoda: nemogućnost dobivanja visoke čistoće spojeva, korištenje velike količine otapala, niska selektivnost, korištenje visokih temperatura i slično.

Ekstrakcija potpomognuta mikrovalovima (engl. *microwave assisted extraction*, MAE) način je ekstrakcije biljnih spojeva koristeći svojstva mikrovalova čije elektromagnetsko polje seže od 300 MHz do 300 GHz. Ekstrakcija se temelji na utjecaju mikrovalova na polarne tvari. Zbog sudaranja molekula u uzorku, energija mikrovalova pretvara se u toplinsku energiju te dolazi do oslobađanja tvari u otapalo. Ekstrakcija potpomognuta mikrovalovima ima brojne prednosti nad konvencionalnim metodama kao što su visoki prinos ekstrakcije, kontrolirana temperatura te smanjeno vrijeme potrebno za ekstrakciju (Sagar i sur., 2018).

Pulsirajuće električno polje (engl. *pulsed electric field*, PEF) inovativna je tehnika u obradi hrane i unaprjeđuje procese sušenja, ekstrakcije, difuzije i prešanja. Mijenjanjem transmembranskog potencijala u biljnoj stanici dolazi do razbijanja strukture stanične stijenke i njezinog puknuća. Učinkovitost postupka temelji se na jačini električnog polja, temperature obrade i svojstva materijala. PEF je optimalna metoda za ekstrakciju termolabilnih spojeva (Sagar i sur., 2018).

Enzimaska ekstrakcija (engl. *enzyme-assisted extraction*, EAE) je metoda kod koje se za povećanje prinosa ekstrakcije koristi enzimaska predobrada. Dvije najčešće izvedbe enzimske ekstrakcije su enzimski potpomognuto hladno prešanje (najčešće se koristi za ekstrakciju ulja iz sjemenki) i vodena ekstrakcija uz pomoć enzima (Sagar i sur., 2018).

Ekstrakcija tekuće-tekuće uključuje raspoređivanje otopljenih tvari između dviju tekućina koje se ne miješaju, a jedna od njih je otapalo koje ima visoku selektivnost i afinitet za jednu ili više otopljenih tvari. Efikasna je u ekstrakciji fenolnih spojeva (Sagar i sur., 2018). Na uspješnost ekstrakcije određenog spoja kao i na aktivnost dobivenog ekstrakta utječu polaritet otapala i

polaritet promatranog spoja. Kao ekstrakcijska otapala mogu se koristiti voda, metanol, etanol, aceton, vodene otopine spomenutih otapala i etil acetat (González-Montelongo i sur., 2010).

2.4 Biološki aktivne tvari u ekstraktu kore banane i cikle

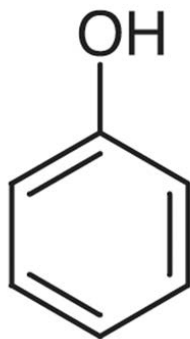
Plod cikle bogat je betalainima, polifenolima, karotenoidima, nitratima, flavonoidima, vitaminima, askorbinskom kiselinom i saponinima čija konzumacija povoljno utječe na ljudsko zdravlje (Chhikara i sur., 2019). Fenolni spojevi i betanini u najvećoj koncentraciji se nalaze u kori, a manje u pulpi i mesu. Raspodjela ukupnih fenola u cikli je slična raspodjeli u krumpiru, gdje je većina fenolnih komponenti smještena uz koru, dok se koncentracija fenola smanjuje izvana prema sredini gomolja (Kujala i sur., 2000). Ekstrakcijom vodom utvrđeno je da se u kori cikle nalaze betacijani (betanin, prebetanin, izobetanin, neobetanin), betaksantini (vulgaksantin I, vulgaksantin II, indikaksantin), ciklo-dopa glukozid, betalaminska kiselina, L-triptofan, *p*-kumarinska kiselina i ferulinska kiselina (Kujala i sur., 2001).

Kora banane (kao i pulpa) sadrži fenolne spojeve kao što su antocijani, tanini, galna kiselina, katehini, epikatehini. Antioksidativne komponente kore su katekolamini (dopamin), askorbinska kiselina, karoteni i tokoferoli te je antioksidativna aktivnost kore veća nego pulpe (Singh i sur., 2016). U kori se nalaze i lutein, flavonoidi, proantocijanidini, monomerni flavan-3-oli, procijanidinski dimeri β -tipa, flavanol glikozidi (Shaikh i Qamar, 2018), zatim karotenoidi β -karoten, α -karoten i razni ksantofili. Kora sadrži fitosterole kao što su β -sitosterol, stigmasterol, kampesterol, cikloeukalenol, cikoartenol i 24-metilene cikloartenol (Singh i sur., 2016).

2.5. Djelovanje biološki aktivnih tvari kore cikle i banane

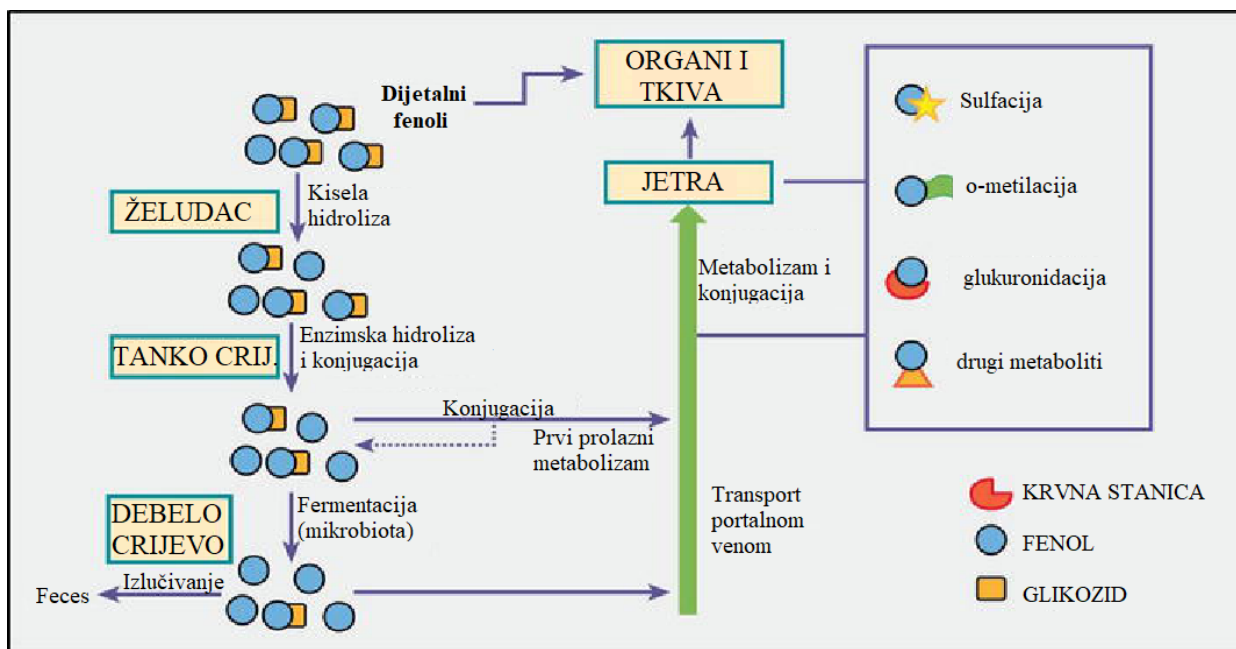
2.5.1 Fenoli

Fenolni spojevi imaju vrlo važnu ulogu u liječenju i prevenciji različitih vrsta karcinoma koji su veliki zdravstveni problem širom svijeta, i u liječenju kroničnih bolesti. Spojevi ove skupine sekundarnih metabolita imaju aromatski prsten s jednom ili više hidroksilnih grupa (slika 3). Fenoli pokazuju širok spektar različitih bioloških aktivnosti, uključujući protuupalno, antioksidativno, citotoksično, antimikrobno i antialergijsko djelovanje. Biljakama služe u obrani od parazita, predatora, virusa i gljivičnih infekcija. Sudjeluju u inhibiranju oksidativnog stresa (Perveen i Al-Taweel, 2017).



Slika 3. Osnovna strukturna formula fenola (ref)

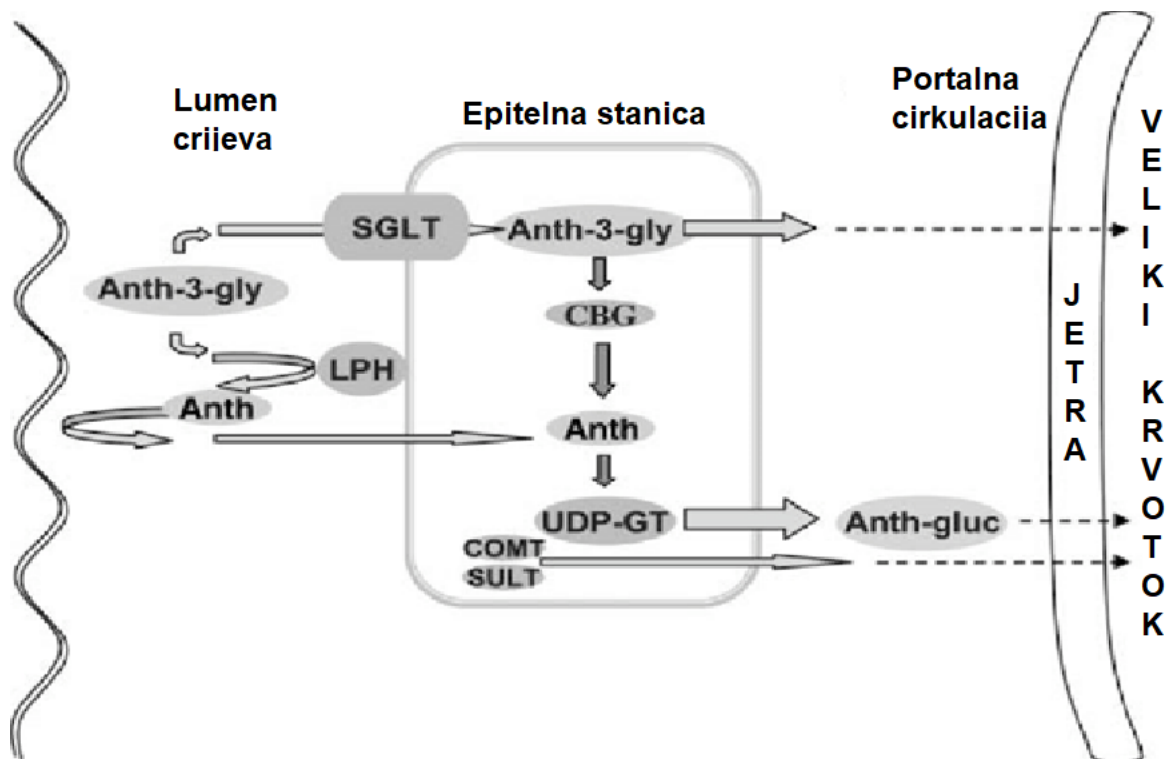
Fenolni spojevi prisutni u hrani imaju različitu strukturu u odnosu na one prisutne u tkivima i perifernoj cirkulaciji čovjeka zbog dugotrajnog metabolizma nakon konzumacije (Karakaya, 2004). Fenol-sulfonat transferaza, beta-glukozidaza, enzimi korijena laktaze hidrolaze i UDP-glukuronil transferaza uključeni su u metabolizam fenola. Apsorpcija i bioraspoloživost fenolnih spojeva uglavnom ovise o njihovom metabolizmu koji se odvija u tankom crijevu. Oni spojevi koji se ne apsorbiraju kroz želudac i tanko crijevo razgrađuju se u debelom crijevu pomoću mikroorganizama iz debelog crijeva (Scalbert i Williamson, 2000; Hussain i sur., 2019). Shematski prikaz metabolizma fenola nakon konzumacije u ljudskom organizmu prikazan je na slici 4.



Slika 4. Metabolički putevi fenola u ljudskom organizmu (Hussain i sur., 2019).

2.5.2 Antocijani

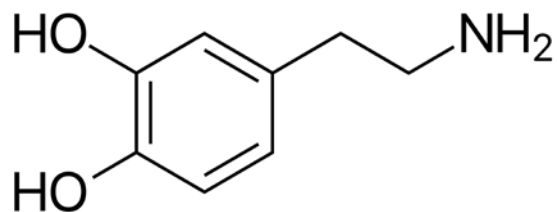
Antocijani spadaju u grupu flavonoida topljivih u vodi. Koriste se u prevenciji kardiovaskularnih bolesti i kontroli pretilosti. Zbog mnogobrojnih pozitivnih učinaka na organizam (antioksidacijsko, protuupalno i antimutageno djelovanje, indukcija diferencijacije, inhibicija proliferacije moduliranjem puteva za transdukciju signala, induciranje zaustavljanja staničnog ciklusa i stimulacija apoptoze ili autofagije stanica raka, antimetastaze, poništavanje otpornosti stanica raka na lijekove i pojačavanje njihove osjetljivosti na kemoterapiju) pripisuje im se antitumorsko djelovanje (Lin i sur., 2017). Dokazano je da konzumacija hrane bogate antocijanima pridonosi kardiovaskularnom zdravlju. Međutim, metabolizam, apsorpcija i eliminacija tih spojeva ipak nije dovoljno izučena (Czank i sur., 2013). Slika 5 prikazuje moguće metaboličke puteve antocijana u ljudskom organizmu.



Slika 5. Mogući mehanizmi apsorpcije antocijana (Anth). SGLT, Na-glukoza kotransporter; Anth-3-gly, antocijanin 3-glikozid; CBG, citosol b-glukozidaza; LPH, laktat pilorizin hidrolaza; UDP-GT, UDP-glukuronoziltransferaza; Anth-gluc, antocijanin glukoronid; COMT, katekol-O-metiltransferaza; SULT, sulfotransferaza (Kay, 2006).

2.5.3 Katekolamini: dopamin

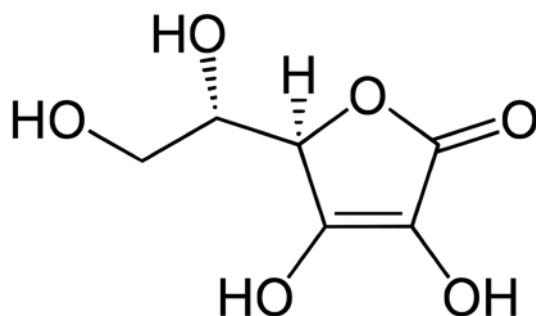
Dopamin (3,4-dihidroksifenetilamin), slika 6, je amin koji se dobiva uklanjanjem karboksilne grupe iz molekule prekursora L-DOPA koja nastaje u mozgu i bubrezima. Ovaj neurotransmiter i hormon s više bioloških uloga u organizmu čini oko 80 posto katekolamina u mozgu. Kao neurotransmiter kojeg izlučuju neuroni u kemijskim reakcijama u mozgu, služi za prenošenje signala između živčanih stanica.



Slika 6. Strukturna formula dopamina (ref)

2.5.4 Askorbinska kiselina

Vitamin C ili askorbinska kiselina, slika 7, esencijalan je nutrijent uključen u enzimsku proizvodnju neurotransmitera i popravak tkiva. Ima antioksidacijska svojstva i bitan je za funkciju enzima i imunološkog sustava (AJHP, 2016; Institute of Medicine, US, 2000; Micronutrient Information Center, 2018).



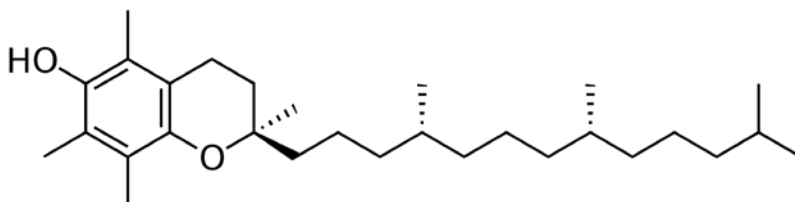
Slika 7. Strukturna formula askorbinske kiseline (ref)

Vitamin C reducira prijanjanje monocita na endotel, potpomaže proizvodnju dušičnog oksida ovisnog o endotelu i vazodilataciju, utječe na smanjenje apoptoze glatkih mišićnih stanica krvožilnog sustava, čime se sprječava nestabilnost plakova kod ateroskleroze (Carr i Frei, 1999; Honarbakhsh i Schachter, 2009).

2.5.5 Tokoferoli

Tokoferoli su metilirani fenoli, a mnogi od njih imaju aktivnost vitamina E.

Vitamin E je topljiv u mastima i bitan je antioksidans. Peroksilni radikali u prisustvu vitamina E umjesto s lipidnim hidroperoksidom reagiraju s α -tokoferolom (slika 8), čime se zaustavlja lančana reakcija proizvodnje radikala i oksidacija polinezasićenih masnih kiselina u membranama (Traber, 2007). Vitamin E inhibitor je aktivnosti protein kinaze C (PKC) jer pospješuje defosforilaciju PKC- α aktivacijom protein fosfataze 2A. Posljedično dolazi do inhibicije agregacije trombocita, zatim do smanjenja proliferacije monocita, makrofaga, neutrofila te glatkih vaskularnih mišićnih stanica i smanjenja proizvodnje superoksida u makrofagima i neutrofilima (Traber i Atkinson, 2007; Zingg, 2015).



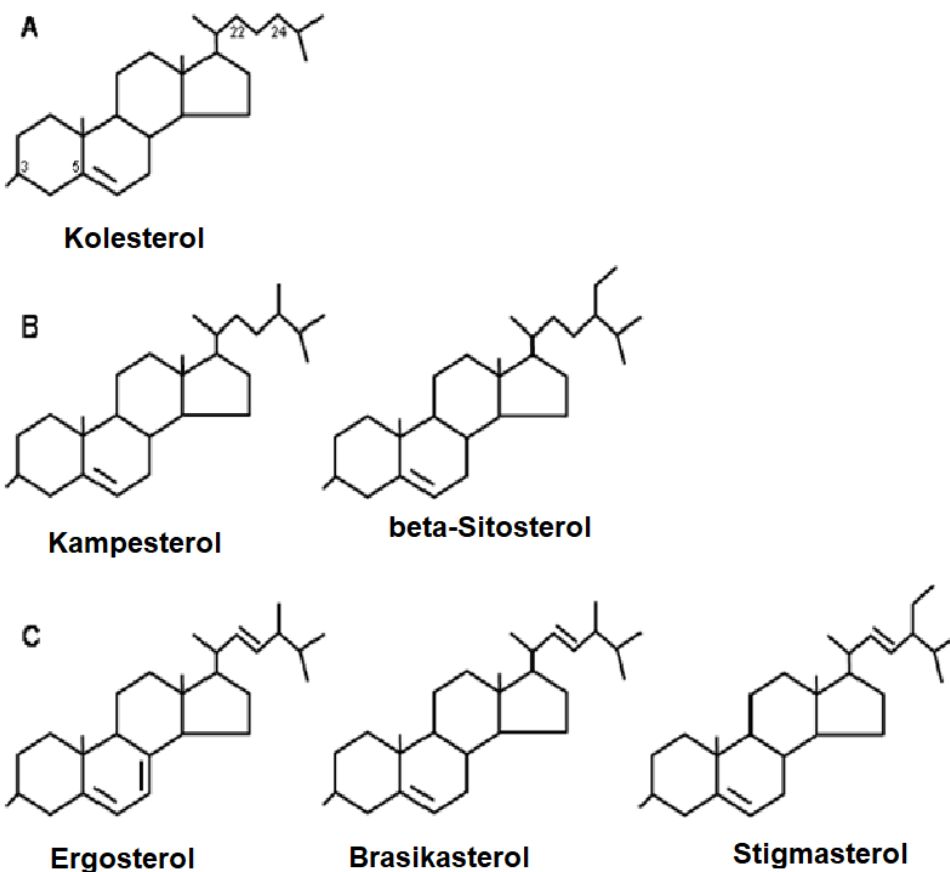
Slika 8. Strukturna formula alfa-tokoferola (ref)

Vitamin E se može direktno vezati za enzime uključene u sintezu lipidnih medijatora ili za transportne proteine uključene u prijenos signala. Može mijenjati aktivnost enzima za prijenos signala tako da utječe na interakciju membranskih proteina i translokaciju enzima u staničnu membranu (Zingg, 2015). Bioraspoloživost vitamina E nakon konzumacije uvjetovana je crijevnom apsorpcijom. Crijevna apsorpcija, metabolizam u jetri i stanični unos su mu jednaki kao kod ostalih lipofilnih molekula i lipida, jer je topljiv u mastima (Rigotti, 2007). Unos hrane bogate lipidima ključan je za apsorpciju vitamina E u crijevima. (Schmölz i sur., 2016).

2.5.6 Fitosteroli

Fitosteroli (slika 9) su prirodni biljni steroli. Imaju antikancerogena svojstva i djeluju kao modulatori imunološkog sustava. Strukturom su slični kolesterolu te se od njih razlikuju bočnim

ugljikovim lancima i prisutnošću ili odsutnošću dvostruke veze. Nakon konzumacije natječu se s kolesterolom tijekom apsorpcije u crijevima, a pozitivan učinak fitosterola je blokada apsorpcije kolesterola i njegova smanjena razina u krvi. Unos do 3 grama fitosterola dnevno će djelovati hipokolesterolemično kod pacijenata koji trebaju znatno sniženje razine LDL kolesterola. Pacijentima koji ne toleriraju lijekove za snižavanje kolesterola preporučena je prehrana bogata fitosterolima (Singh i sur., 2016; Cleveland Clinic, 2020).



Slika 9. Strukturne formule kolesterola i najčešćih fitosterola (Calpe i sur., 2010)

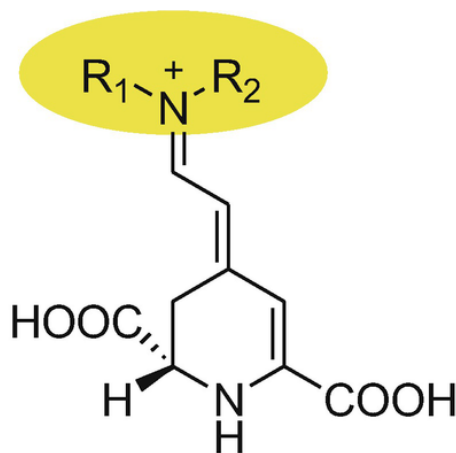
Predloženo je nekoliko mehanizama inhibicijskog učinka fitosterola i fitostanola na apsorpciju kolesterola. Neki od primjera su istiskivanje kolesterola iz miješanih micela (teorija micela), modifikacija ekspresije gena koji kodiraju za sterol transportne proteine (Niemann-Pick C1-Like 1), transporteri kazeta za vezanje ATP koji potiču vraćanje kolesterola iz enterocita natrag u lumen crijeva putem smanjenja ponovne esterifikacije kolesterola u enterocitima ili povećanjem

izbacivanja kolesterola iz tijela pomoću transintestinalnog kolesternalnog refluksa (TICE) (Gylling i Simonen, 2015).

2.5.7 Betalaini

Cikla je glavni izvor betalaina (slika 10) i klasificirana je kao jedna od 10 biljaka s najvišom antioksidacijskom aktivnosti. Sposobnost ekstrakta cikle da smanji oksidaciju lipoproteina male gustoće (low density lipoproteins, LDL) iznosi 50 posto (Vinson i sur., 1998). Betalaini se dijele na betacijanine (crvenoljubičasti pigmenti) i betaksantine (žuto-narančasti pigmenti) koji se koriste kao komercijalne prehrambene boje. Prisutni su u gomoljastom dijelu biljke, dajući joj crveno-ljubičastu boju. Djeluju antioksidativno (Ravichandran i sur., 2013) protuupalno i antikancerogeno, a povoljno djeluju i na stanice jetre (Kapadia i sur., 2003; Winkler i sur., 2005; Baião i sur., 2017). Betalaini djeluju na smanjanje oksidativnog oštećenja koje prouzroče lipidi, uklanjanju slobodne radikale te posljedično utječu na prevenciju razvoja raka i kardiovaskularnih bolesti (Singh i sur., 2016).

Nakon konzumacije hrane bogate betalainima, njihova koncentracija u plazmi doseže maksimum nakon tri sata, a nakon osam sati koncentracija je ispod mjerljive razine. Bioraspoloživost betalaina je niska, a metabolizira se kroz želučani zid, tanko i debelo crijevo gdje kroz crijevne epitelne stanice ulazi u krvotok. Glavni put sekrecije je putem bubrega (Lechner i Stoner, 2019).



Slika 10. Strukturna formula betalaina (Akbar Hussain i sur., 2018)

2.6. Komerrijalna primjena ekstrakta kore banane i cikle

Kore banane mogu se koristiti kao sirovina za proizvodnju biomase, proteina, etanola, metana, enzima i pektina, kao hrana za stoku te kao adsorbent u pročišćavanju vode (González-Montelongo i sur., 2010). U prehrambenoj industriji kora banane iskoristiva je kao prirodni konzervans u prehrambenim namirnicama zbog svojih antimikrobnih i antioksidativnih svojstava. Ekstrakti kora dodavani su ribljem ulju i mesu peradi radi poboljšanja kvalitete i produljivanja roka trajanja jer suzbijaju oksidaciju lipida. Dokazano je da je sposobnost takvog konzervansa usporediva s onima sintetičkih konzervansa (npr. butilirani hidroksitoluen ili butilirani hidroksianisol). Kora banane može adsorbirati neke teške metale, primjerice olovo, krom, kadmij, bakar i cink, zbog čega mogu biti od velike važnosti u čišćenju okoliša od teških metala koji predstavljaju opasnost za ljudsko i životinjsko zdravlje. Kora banane ima primjenu i u farmaceutskoj industriji kao bakteriostatsko ili fungistatsko sredstvo (Vu i sur., 2018).

Betalaini iz cikle se koriste kao prirodne prehrambene boje u pastama od rajčice, umacima, džemovima, želeima, slatkišima, žitaricama za doručak i sladoledima, pri čemu se u proizvod dodaje svježa cikla, prah od cikle ili ekstrahirani pigmenti betalaini (Neha i sur., 2018). Betalaini se koriste manje nego antocijani i karotenoidi, no njihova primjena je u porastu jer su netoksični i nekancerogeni (Chhikara i sur., 2019).

3. ZAKLJUČAK

Dobivanje bioaktivnih tvari iz nusproizvoda prehrambene i poljoprivredne industrije voća i povrća omogućeno je ekstrakcijom iz biljnih sirovina. Ekstrakcija se provodi u odgovarajućim uvjetima temperature, tlaka, polarnosti otapala i uzorka, odabire se prikladno otapalo (mogu se koristiti voda, metanol, etanol, aceton, vodene otopine spomenutih otapala i etil acetat) i način pripreme sirovine za ekstrakciju. Tehnike ekstrakcije dijele se na konvencionalne i nove.

Bioaktivni spojevi u kori cikle su betalaini (betaksantini i betacijani), polifenoli, betalaminska kiselina, p-kumarinska kiselina, ferulična kiselina, nitrati, vitamini, L-triptofan, flavonoidi. Bioaktivni spojevi kore banane su antocijani, tanini, katehini, epikatehini, galna kiselina, katekolamini (dopamin), tokoferoli, askorbinska kiselina, flavonoidi, karotenoidi, fitosteroli, ksantofili i drugi fenolni spojevi.

Fenolni spojevi su velika skupina bioaktivnih spojeva čiji su učinci antioksidativni, antimikrobni, protuupalni, antialergijski i citotoksični. Inhibiraju oksidativni stres u organizmu. Antocijani imaju antioksidacijsko, antimutageno i protuupalno djelovanje na ljudski organizam. Sudjeluju u suzbijanju stanica raka i u prevenciji kardiovaskularnih bolesti. Askorbinska kiselina (vitamin C) ima antioksidacijska svojstva te je bitna za funkciju enzima i imunološkog sustava, a sudjeluje i u popravku oštećenih tkiva. Tokoferoli, koji imaju aktivnost vitamina E, zaustavljaju lančane reakcije proizvodnje radikala i oksidaciju polinezasićenih masnih kiselina. Vitamin E utječe na interakcije membranskih proteina i translokaciju enzima. Fitosteroli, prirodni biljni steroli, imaju antikancerogena svojstva. Smanjuju razinu kolesterola u krvi konkurirajući im kod crijevne apsorpcije. Betalaini imaju antikancerogene, antioksidativne i protuupalne učinke na ljudsko tijelo, uklanjaju slobodne radikale, umanjuju oksidativna oštećenja i sprječavaju razvitak kardiovaskularnih bolesti.

U komercijalne primjene se iz kore cikle koriste betalaini kao prehrambene boje u pastama od rajčice, umacima, džemovima, želeima, slatkima, žitaricama za doručak i sladoledima. Kora banane je našla komercijalnu primjenu u proizvodnji biomase, proteina, etanola, metana, enzima i pektina, kao adsorbent u pročišćavanju vode, kao prirodni konzervans. Adsorbira teške metale poput olova, kroma, kadmija, bakra i cinka zbog čega se koristi u čišćenju okoliša.

4. LITERATURA

Aboul-Enein A. M., Salama Z. A., Gaafar A. A., Aly H. F., Abou-Ellella, F., Ahmed H. A. (2016) Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica L.*) as antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* **8**: 46–55.

AJHP (2016) The American Journal of Health-System Pharmacists, <<https://academic.oup.com/ajhp>> Pristupljeno 12. rujna 2020.

Akbar Hussain E., Sadiq Z., Zia-UI-Haq M. (2018) Betalains: Biomolecular Aspects, 1. Izd, Springer. str. 33–56.

Baião D. dos S., Da Silva D., Del Aguila, E. M., Paschoalin V. M. F. (2017) Food Additives, 1. izd, IntechOpen. str. 21–43.

Calpe-Berdiel L., Mendez-Gonzalez J., Llaverias G., Blanco-Vaca F. (2010) Biochemical Aspects of Human Nutrition, 1. izd., Transworld Research Network. str. 223.–242.

Carr A. C., Frei B. (1999) Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* **69**: 1086–1107.

Chhikara N., Kushwaha K., Sharma P., Gat Y., Panghal A. (2019) Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry* **272**: 192–200.

Cleveland Clinic (2020) Phytosterols & Cholesterol, <<https://my.clevelandclinic.org/health/articles/17368-phytosterols-sterols--stanols>> Pristupljeno 12. rujna 2020.

Czank C., Cassidy A., Zhang Q., Morrison D. J., Preston T., Kroon P. A., Botting N. P., Kay C. D. (2013) Human metabolism and elimination of the anthocyanin, cyanidin-3-glucoside: a ¹³C-tracer study. *The American Journal of Clinical Nutrition* **97**: 995–1003.

Definicija Hrane (2015) Bioloski aktivne tvari, <<https://definicijahrane.hr/definicija/hranjive-tvari/bioloski-aktivne-tvari/>> Pristupljeno 13. rujna 2020.

Eurostat (2019) European statistics, <<https://ec.europa.eu/eurostat/home?>> Pristupljeno 13. rujna 2020.

Faostat (2017) Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database, <<http://www.fao.org/faostat/en/>> Pristupljeno 13. rujna 2020.

González-Montelongo R., Lobo M. G., González M. (2010) Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry* **119**: 1030-1039.

Gylling H., Simonen P. (2015) Phytosterols, Phytostanols, and Lipoprotein Metabolism. *Nutrients* **7**: 7965–7977.

Harvard (2020) The Nutrition Source, <<https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/bananas/>> Pristupljeno 13. rujna 2020.

Healthline (2017) Nutrition, <<https://www.healthline.com/nutrition/benefits-of-beets>> Pristupljeno 13. rujna 2020.

Honarbaksh S, Schachter M. (2009) Vitamins and cardiovascular disease. *British Journal of Nutrition* **101**: 1113-1131.

Hussain M. B., Hassan S., Waheed M., Javed A., Farooq M. A., Tahir A. (2019) Plant Physiological Aspects of Phenolic Compounds, 1. izd, IntechOpen. str. 67–84.

Institute of Medicine, US (2000) Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25077263/>> Pristupljeno 12. rujna 2020.

Kapadia G. J., Azuine M. A., Sridhar R., Okuda Y., Tsuruta A., Ichiishi E., Mukainake T., Takasaki M., Konoshima T., Nishino H., Tokuda H. (2003) Chemoprevention of DMBA-induced UV-B promoted, NOR-1-induced TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. *Pharmacological Research* **47**: 141–148.

Karakaya S. (2004) Bioavailability of phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **44**: 453-464.

Kay C. D. (2006) Aspects of anthocyanin absorption, metabolism and pharmacokinetics in humans. *Nutrition Research Reviews* **19**: 137–146.

Kujala T. S., Loponen J. M., Klika K. D., Pihlaja K. (2000) Phenolics and Betacyanins in Red Beetroot (*Beta vulgaris*) Root: Distribution and Effect of Cold Storage on the Content of Total Phenolics and Three Individual Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**: 5338-5342.

Kujala T. S., Loponen J. M., Pihlaja K. (2001) Betalains and Phenolics in Red Beetroot (*Beta vulgaris*) Peel Extracts: Extraction and Characterisation. *A Journal of Biosciences* **56**: 343-348.

Lechner J. F., Stoner G. D. (2019) Red Beetroot and Betalains as Cancer Chemopreventive Agents. *Molecules* **24**: 1602.

Lin B-W., Gong C-C., Song H-F., Cui Y-Y. (2017) Effects of anthocyanins on the prevention and treatment of cancer. *British Journal of Pharmacology* **174**: 1226–1243.

Micronutrient Information Center (2018) Linus Pauling Institute, Oregon State University, <<https://lpi.oregonstate.edu/mic/vitamins/vitamin-C>> Pristupljeno 12. rujna 2020.

Mohapatra D., Mishra S., Sutar N. (2010) Banana and its by-product utilisation: an overview. *Journal of scientific and industrial research* **69**: 323–329.

Neha P., Jain S. K., Jain N. K., Jain H. K., Mittal H.K. (2018) Chemical and functional properties of Beetroot (*Beta vulgaris*L.) for product development: A review. *International Journal of Chemical Studies* **6**: 3190-3194.

NIH (2020) National Institutes of Health, <<https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>> Pristupljeno 12. rujna 2020.

Perveen S., Al-Taweel A. M. (2017) Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications, 1. izd., IntechOpen. str. 29–60.

Ravichandran K., Saw N. M. M. T., Mohdaly A. A. A., Gabr A. M. M., Kastell A., Riedel H., Cai Z., Knorr D., Smetanska I. (2013) Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International*. **50**: 670–675.

- Rigotti A. (2007) Absorption, transport, and tissue delivery of vitamin E. *Molecular Aspects of Medicine* **28**: 423–436.
- Sagar N. A., Pareek S., Sharma S., Yahia E. M., Lobo M. G. (2018) Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **17**: 512–531.
- Scalbert A., Williamson G. (2000) Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition* **130**: 2073–2085.
- Schmölz L., Birringer M., Lorkowski S., Wallert M. (2016) Complexity of vitamin E metabolism. *World Journal of Biological Chemistry* **7**: 14–43.
- Šeremet D., Durgo K., Jokić S., Huđek A., Vojvodić Cebin A., Mandura A., Jurasović J., Komes D. (2020) Valorization of Banana and Red Beetroot Peels: Determination of Basic Macrocomponent Composition, Application of Novel Extraction Methodology and Assessment of Biological Activity *In Vitro. Sustainability* **12**: 4539-4539.
- Shaikh A., Qamar S. (2018) Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana - A review. *Trends in Food Science & Technology* **79**: 1-9.
- Singh B., Singh J. P., Kaur A., Singh N. (2016) Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review. *Food Chemistry* **206**: 1–11.
- Sundaram S., Anjum S., Dwivedi P., Kumar Rai G. (2011) Antioxidant activity and protective effect of banana peel against oxidative hemolysis of human erythrocyte at different stages of ripening. *Biotechnology and Applied Biochemistry* **164**: 1192–1206.
- Traber M. G. (2007) Vitamin E regulatory mechanisms. *Annual Review of Nutrition* **27**: 347–362.
- Traber M. G., Atkinson J. (2007) Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radical Biology and Medicine* **43**: 4–15.
- USDA (2019) US Department of Agriculture, < <https://ndb.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169145/nutrients>> Pristupljeno 13. rujna 2020.

Vinson, J. A., Hao Y., Su X., Zubik L. (1998) Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **46**: 3630–3634.

Vu H. T., Scarlett C. J., Vuong Q. V. (2018) Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. *Journal of Functional Foods* **40**: 238-248.

Winkler C., Wirleitner B., Schroecksnadel K., Schennach H., Fuchs D. (2005) In vitro effects of beet root juice on stimulated and unstimulated peripheral blood mononuclear cells. *Applied Biochemistry and Biotechnology* **1**: 180–185.

Zingg J. M. (2015) Vitamin E: A role in signal transduction. *Annual Review of Nutrition* **35**: 135–173.

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Maja Radic'

Ime i prezime studentice