

Zelene metode obrade krumpirove kore za izdvajanje bioaktivnih spojeva

Pavlović, Ema

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:529663>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-05**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Zelene metode obrade krumpirove kore za izdvajanje
bioaktivnih spojeva**

DIPLOMSKI RAD

Ema Pavlović

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Obnovljivi izvori energije u poljoprivredi

**Zelene metode obrade krumpirove kore za izdvajanje
bioaktivnih spojeva**

DIPLOMSKI RAD

Ema Pavlović

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Jana Šic Žlabur

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Emma Pavlović**, JMBAG 0178117499, rođena 14.04.1999. u Karlovcu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Zelene metode obrade krumpirove kore za izdvajanje bioaktivnih spojeva

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Eme Pavlović**, JMBAG 0178117499, naslova
Zelene metode obrade krumpirove kore za izdvajanje bioaktivnih spojeva

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-------------------------------------|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Jana Šic Žlabur | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Neven Voća | član | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Sanja Fabek Uher | član | _____ |

Zahvala

Ovime se zahvaljujem mentorici Jani Šic Žlabur na savjetima, pomoći i strpljenju tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se svojim kolegama i prijateljima koji su bili uz mene tijekom ovih 5 godina studiranja i koji su ovaj studij učinili lakšim, zabavnijim i boljim.

Zahvaljujem se sestri Sari koja mi je svojim primjerom pokazala da se upornost, rad i trud uvijek isplate.

Posebnu zahvalu upućujem najmilijim roditeljima, Sandri i Zoranu, koji su bili moja najveća podrška i oslonac u studentskim danima i neopisivo sam sretna što s vama mogu podijeliti ovu diplomu – hvala mama, hvala tata!

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj rada.....	2
2. Pregled literature	2
2.1. Morfologija krumpira.....	2
2.2. Kemijski sastav krumpira	4
2.3. Kemijski sastav krumpirove kore.....	6
2.3.1. Glavne komponente krumpirove kore i njihova uloga	6
2.4. Agroekološki uvjeti proizvodnje krumpira	8
2.5. Proizvodnja krumpira u svijetu	8
2.6. Zakonski okvir gospodarenja biootpadom	12
2.7. Zelene metode obrade krumpirove kore	14
3. Materijali i metode	16
3.1. Biljni materijal.....	16
3.2. Priprema ekstrakata od krumpirove kore	16
3.3. Metode određivanja specijaliziranih metabolita i antioksidacijskog kapaciteta	19
3.3.1. Određivanje mehaničkog sastava gomolja krumpira	19
3.3.2. Određivanje ukupne suhe tvari sušenjem na 105 °C	20
3.3.3. Određivanje vitamina C	21
3.3.4. Određivanje ukupnih fenola Folin-Ciocalteu metodom	22
3.3.5. Određivanje sadržaja flavonoida i neflavonoida	23
3.3.6. Određivanje antioksidativnog kapaciteta ABTS metodom	24
3.3.7. Određivanje antioksidativnog kapaciteta FRAP metodom.....	26
4. Statistička obrada podataka	27
5. Rezultati i rasprava	28
5.1 Mehanički sastav svježeg gomolja krumpira	28
5.2. Kemijski sastav svježeg gomolja krumpira	28
5.3. Specijalizirani metaboliti i antioksidacijski kapacitet ekstrakata kore krumpira	32
5.3.1. Sadržaj vitamina C	32
5.3.3. Antioksidacijski kapacitet.....	37
6. Zaključak	40
7. Popis literature	41
Životopis.....	46

Sažetak

Diplomskog rada studentice Eme Pavlović, naslova

Zelene metode obrade krumpirove kore za izdvajanje bioaktivnih spojeva

Krumpir je jedna od vodećih prehrambenih kultura u svijetu, a s obzirom da se u industriji prerade krumpir gotovo uvijek guli, nakon njegove prerade zaostaju velike količine biootpada. Upravo zbog navedenog kora krumpira predstavlja značajan problem u odlaganju i zbrinjavanju otpada, te se traže nove metode oporabe prije samog zbrinjavanja. Stoga je cilj ovog diplomskog rada bio utvrditi sadržaj specijaliziranih metabolita i antioksidacijski kapacitet ekstrakata kore krumpira tretirane ultrazvukom visokog intenziteta. Za potrebe istraživanja koristio se lički krumpir sorte 'Viktorija'. Za pripremu ekstrakata od kore krumpira odvagano je 10 g svježe kore i dodano 150 mL otapala etanola prilikom čega je varirana koncentracija istog, 50 i 80 % (v/v). Variran je i način ekstrakcije, klasično (24 h) te ultrazvukom visokog intenziteta prilikom čega je variran tip uređaja, kupelj i sonda, te vrijeme tretmana: 5, 10 i 15 min. Najviši sadržaj vitamina C (4,95 mg/100 g svježe tvari) i neflavonoida (32,18 mg GAE/100 g svježe tvari) zabilježen je kod uzoraka tretiranih ultrazvučnom sondom u trajanju tretmana od 15 minuta i 50 % etanolom kao otapalom. Najviša vrijednost ukupnih fenola zabilježena je kod klasičnog tretmana uz 50 % etanol i u ultrazvučnom tretmanu sondom (15 min) uz 50 % etanol. Najviša vrijednost ukupnih neflavonoida (32,18 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom sondom u trajanju od 15 minuta i otapalo 50 % etanol (v/v). Najviše vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta prema ABTS (1556,34 $\mu\text{mol TE/L}$) i FRAP metodi (240,44 $\mu\text{mol TE/L}$) utvrđene su kod uzoraka tretiranih klasičnom metodom ekstrakcije s otapalom 50 % etanolom (v/v). Temeljem dobivenih rezultata može se istaknuti da je krumpirova kora nusproizvod sa značajnim potencijalom, sadrži nezanemarivu količinu različitih bioaktivnih spojeva visokog antioksidacijskog kapaciteta. Isto tako, ultrazvuk visokog intenziteta pokazao se učinkovitim u izolaciji bioaktivnih spojeva iz kore krumpir čime se ta zelena metoda može smatrati potencijalnom za daljnju oporabu organskog ostatka, bilo u prehrambenoj industriji ili u drugim područjima.

Ključne riječi: krumpirova kora, bioaktivni spojevi, zelene metode, ultrazvuk visokog intenziteta, antioksidacijski kapacitet

Summary

Of the master's thesis student Ema Pavlović, entitled

Green methods of potato skin processing for the extraction of bioactive compounds

Potatoes are one of the most important food crops in the world, and since potatoes are almost always peeled in the processing industry, large amounts of biowaste remain after processing. Precisely because of the aforementioned potato peel, it represents a significant problem in the disposal and removal of waste, and new methods of recovery prior to disposal are being sought. Therefore, the aim of this work was to determine the content of specialized metabolites and antioxidant capacity of potato peel extracts treated with high-intensity ultrasound. Lika potatoes of the 'Viktorija' variety were used for the study. For the preparation of potato peel extract, 10 g of fresh peels were weighed and 150 mL of ethanol was added as solvent, varying the concentration of the same: 50 and 80% (v/v). The extraction method was also varied, classical (24 h) and with high-intensity ultrasound, varying the type of equipment, the bath and the probe, and the treatment time: 5, 10, and 15 min. The highest content of vitamin C (4.95 mg/100 g fresh) and non-flavonoids (32.18 mg GAE /100 g fresh) was found in samples treated with an ultrasound probe at a treatment time of 15 min and 50% ethanol as solvent. The highest value of total phenols was found in the classical treatment with 50% ethanol and in the ultrasound probe treatment (15 minutes) with 50% ethanol. The highest value of total non-flavonoids (32.18 mg GAE /100 g fw) was found in the sample treated for 15 minutes with ultrasound probe and 50% ethanol solvent (v/v). The highest values of antioxidant capacity according to ABTS (1556.34 $\mu\text{mol TE /L}$) and FRAP method (240.44 $\mu\text{mol TE /L}$) were obtained in samples treated with classical extraction method with solvent 50% ethanol (v/v). Based on the obtained results, it can be concluded that potato peel is a by-product with significant potential, as it contains a considerable amount of various bioactive compounds with high antioxidant capacity. Similarly, high-intensity ultrasound proved to be effective in isolating bioactive compounds from potato peel, which means that this green method can be considered as a potential for further recovery of organic residues either in the food industry or in other fields.

Keywords: potato peel, bioactive compounds, green methods, high-intensity ultrasound, antioxidant capacity

1. Uvod

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) je četvrta poljoprivredna kultura u svijetu po zastupljenosti za prehranu ljudi, nakon pšenice, riže i kukuruza. Procjenjuje se da je ukupna svjetska proizvodnja krumpira 2021. godine iznosila 376 milijuna tona, s Kinom (94 milijuna tona) i Indijom (54 milijuna tona) kao najvećim proizvođačima (FAO, 2023.).

Povijest krumpira započela je u Andama u Južnoj Americi oko 8 000 godina prije Krista u blizini jezera Titicaca koje se nalazi na 3 800 metara nadmorske visine, na granici između Bolivije i Perua (Reddy i sur., 2018). Kroz povijest bio je važan izvor hrane u cijeloj Europi, a posebice u Irskoj, gdje je u 19. stoljeću izbila velika glad uzrokovana gljivičnom bolesti krumpira, uništena su sva krumpirišta te se pretpostavlja da je od gladi umrlo do 2 milijuna ljudi (Miller, 1975.).

Kemijski sastav i udio pojedinih hranjivih tvari razlikuju se ovisno o sorti krumpira, a ovise i o nizu ekoloških i proizvodnih faktora. Krumpir se smatra značajnom nutritivnom namirnicom s obzirom da sadrži različite bioaktivne spojeve koji dokazano pozitivno utječu na ljudsko zdravlje. Bogat je vitaminima poput vitamina B6, C, E i K, aminokiselinama kao što su izoleucin, leucin i triptofan te željezom, magnezijem i fosforom. Upravo zbog bogatog sastava različitih specijaliziranih metabolita, ističe se snažnim protuupalnim, antitumorskim i antioksidacijskim djelovanjem (Rodríguez-Martínez i sur., 2021.).

Prema FAO-u (2019.) od 1,3 milijarde tona ukupnog otpada, 0,5 milijardi tona godišnje predstavlja otpad od voća i povrća. Industrija prerade krumpira stvara velike količine otpada, a s obzirom na činjenicu kako se krumpir gotovo uvijek guli, zaostaju velike količine krumpirove kore. Upravo zbog specifičnosti pojedinih tehnologija prerade, većina organskog ostatka se zbrinjava uz velike troškove i sa značajnim negativnim utjecajem na okoliš, umjesto da se organski ostatak iskoristi u daljnjoj preradi i dobije novu vrijednost (Gullón i sur., 2018.).

Prema Zakonu o gospodarenju otpadom (NN 84/21) organski ostatak od povrća klasificira se kao biootpad i kao takav zahtjeva posebno zbrinjavanje. Prema novoj hijerarhiji zbrinjavanja otpada prednost se daje onim praksama koje sprječavaju nastajanje otpada, a na najmanje poželjnom mjestu nalazi se odlaganje na odlagalištima. U poljoprivrednom i prehrambenom sektoru stoga će takav model kružne ekonomije osigurati dodanu vrijednost novog proizvoda uz korištenje malih količina resursa i generiranje manjih količina otpada (Fernandes i sur., 2019.).

Otpad nakon prerade krumpira zbog značajnog sadržaja nutrijenata i bioaktivnih spojeva, postaje predmet sve većeg broja istraživanja. Kako bi se bioaktivni spojevi ekstrahirali iz otpada, u novijim istraživanjima sve više se koristi ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom visokog intenziteta. Zahvaljujući jednostavnim rukovanjem, korištenjem manjih količina otapala, nižim temperaturama tijekom procesiranja kao i kraćem vremenskom periodu trajanja

reakcija, ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom visokog intenziteta može se svrstati u zelene metode za izdvajanje bioaktivnih spojeva (Soquetta i sur., 2018.).

1.1. Cilj rada

Utvrđiti sadržaj specijaliziranih metabolita i antioksidacijski kapacitet kore krumpira tretirane ultrazvukom visokog intenziteta.

2. Pregled literature

2.1. Morfologija krumpira

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka koja daje jestive podzemne gomolje. Pripada porodici pomoćnica (Solanaceae), tetraploid je ($4n=48$) i najčešće kultivirana vrsta iz spomenute porodice (Reddy i sur., 2018.). Prema posljednjoj klasifikaciji postoje samo četiri kultivirane vrste porodice pomoćnica, a to su: *S. tuberosum*, *S. ajanhuiri*, *S. juzepczukii* i *S. curtilobum* (Spooner i sur., 2007.). Taksonomija krumpira prikazana je u Tablici 2.1.1.

Tablica 2.1.1. Taksonomija krumpira

Carstvo	Plantae
Odjeljak	Magnoliophyta
Razred	Magnoliopsida
Red	Solanales
Porodica	Solanaceae
Rod	<i>Solanum</i>
Vrsta	<i>S. tuberosum</i>

Izvor:<https://hirc.botanic.hr/fcd/DetaljiFrame.aspx?IdVrste=10275>

Biljka krumpira sastoji se od cime, korijena, stolona i gomolja. Cimu čine podzemne i nadzemne stabljike s listovima (Slika 2.1.1.). Stabljika je uglata, razgranata i nosi nepravilno peraste listove s cjelovitim rubom duge i do 30 cm. Broj razvijenih stabljika ovisi o sorti i fiziološkoj dobi sjemenskog krumpira. Stabljike se razvijaju iz klice gomolja, a mogu biti glavne ili sekundarne. Cvjetovi su različitih boja poput žute, bijele, crvene, plave, ružičaste ili ljubičaste sa žutim prašnicima, a razvijaju se u paštastom cvatu. Iz njih, nakon oprašivanja, nastaju male nejestive zelene bobice s pravim sjemenom koje se koristi u oplemenjivanju i sadrže otrovne alkaloidne (solanin) (Rice i sur., 1990.). Općenito, sorte s bijelim cvjetovima daju gomolje s

bijelom korom, a gomolje s ružičastom korom daju sorte s obojenim cvjetovima (Winch, 2006.).

Na vrhu podzemnog izdanka, poznatog kao stolon, razvijaju se gomolji. Gomolji predstavljaju promijenjene oblike stabljike koji služe kao skladišta škroba, osiguravaju energetske rezerve u nepovoljnim agroekološkim uvjetima, kao što su zimska razdoblja ili suša te mogu sudjelovati u reprodukciji biljke. Dio gomolja koji ima više okaca naziva se kruna, a nasuprot krune je pupčani dio, odnosno dio gdje je gomolj bio pričvršćen za stolon. Fiziološke zrele gomolje obavlja čvrsta pokožica, a oko 0,5 cm ispod pokožice nalaze se kora i meso (Buturac i Bolf, 2000.). Ova slojevita struktura gomolja omogućava učinkovito skladištenje i osigurava vitalnost biljke tijekom promjenjivih uvjeta okoline. Krumpir se može razmnožavati gomoljima, odrezanim komadićima gomolja s najmanje jednim ili dva oka i pravim sjemenom (Reddy i sur., 2018.).



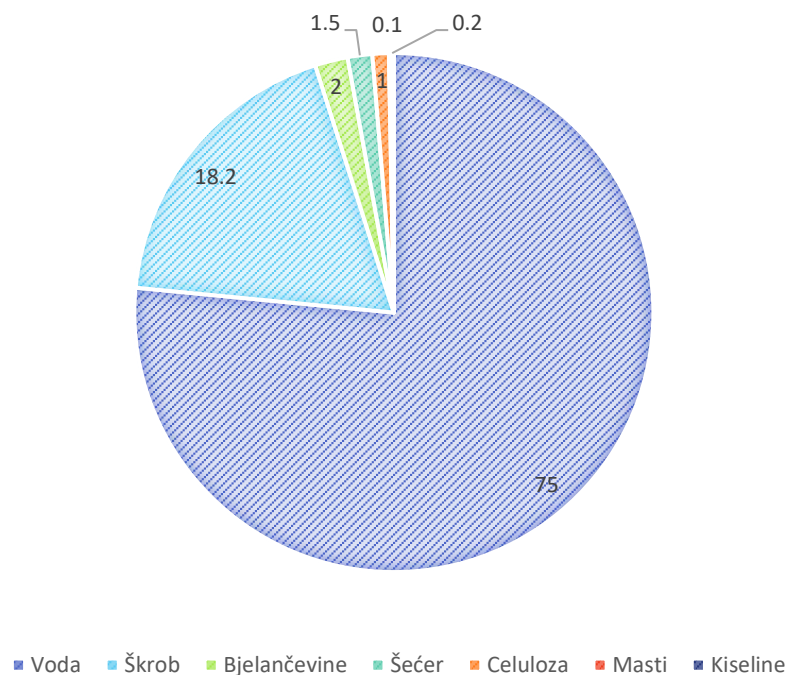
Slika 2.1.1. *Solanum tuberosum* L.

Izvor: <https://hirc.botanic.hr/fcd/DetaljiFrame.aspx?IdVrste=10275>

2.2. Kemijski sastav krumpira

Najznačajnije svojstvo krumpira je njegova visoka prehrambena vrijednost i optimalan omjer hranjivih tvari: škroba, bjelančevina, vitamina i minerala. Kemijski sastav i hranjivih tvari razlikuju se ovisno o sorti krumpira, ali ovise i o nizu ekoloških i proizvodnih faktora (zemljište, gnojidba, klimatski uvjeti) te načinu pripreme (Čošić i sur., 2019.).

Svježi gomolj krumpira u prosjeku sadrži: 75 % vode, 18,2 % škroba, 2 % bjelančevina, 1,5 % šećera, 1 % celuloze, 0,1 % masti, 0,2 % ukupnih kiselina (Parađiković, 2011.) (Grafikon 2.2.1.). Odličan je izvor složenih ugljikohidrata (škroba), vitamina C i B6, a sadrži i minerale: željezo, magnezij, fosfor, kalij, natrij, cink i dr. (USDA, 2019.). Prosječne vrijednosti vitamina i minerala (mg, µg) u svježem krumpiru na 100 grama prikazane su u Tablici 2.2.1.



Grafikon 2.2.1. Kemijski sastav gomolja krumpira (Parađiković, 2011.)

Tablica 2.2.1. Udio vitamina i minerala (mg, µg) u svježem krumpiru na 100 g

Naziv	Količina
Vitamin C	19,7 mg
Tiamin	0,081 mg
Riboflavin	0,032 mg
Niacin	1,061 mg
Pantotenska kiselina	0,295 mg
Vitamin B6	0,298 mg
Folati	15 µg
Vitamin E	0,01 mg
Vitamin K	2 µg
Željezo	0,81 mg
Magnezij	23 mg
Fosfor	57 mg
Kalij	425 mg
Natrij	6 mg
Cink	0,3 mg
Bakar	0,11 mg
Mangan	0,153 mg
Selen	0,4 µg

Izvor: USDA, 2019.

Krumpir je cjelovita namirnica koja sadrži mnogobrojne nutritivno vrijedne sastojke za normalnu funkciju organizma. On je jedan od najbogatijih izvora antioksidanata u prehrani ljudi (Lachman i Hamouz, 2005.). Glavni antioksidansi gomolja krumpira su polifenoli (123-441 mg/100 g), askorbinska kiselina (8-54mg/100 g), karotenoidi (do 0,4 mg/100 g), tokoferoli (do 0,3 mg/100 g). Iako ima relativno malu količinu bjelančevina (1,7-3 %), ona je dovoljna za sastavljanje svih čovjeku nužnih aminokiselina (Pospišil, 2010). Sadrži i dostatnu količinu esencijalnih aminokiselina kao što su izoleucin, leucin i triptofan (Yadav i Srivastava, 2015.) te oko 22-25 % suhe tvari, a od toga oko 75 % čini škrob koji je glavni izvor energije.

Krumpir također sadrži i bioaktivne spojeve koji ispoljavaju značajan antioksidacijski, hepatoprotektivni, protuupalni, antitumorski, antidijabetički te antimikrobni učinak, a time pozitivno utječu na zdravlje ljudi. Nadalje, zbog povoljnog kemijskog sastava krumpir je značajan u prevenciji bolesti povezanih sa starenjem te se također koristi u medicinske svrhe za prevenciju gastrointestinalnih i jetrenih infekcija (Ćosića i sur., 2019.). Prema Lešić i sur. (2016.) krumpir je nezaobilazna namirnica, naročito u dijetalnoj prehrani, a osim toga ne sadrži gluten te je neizostavan sastojak bezglutenske prehrane za osobe koje pokazuju intoleranciju na gluten prisutan u pšenici, raži, njihovim brojnim proizvodima i još mnogim drugim namirnicama (Shepherd i sur., 2013.).

2.3. Kemijski sastav krumpirove kore

Industrija prerade krumpira stvara velike količine otpada, (uglavnom kore), prilikom pripreme prženih proizvoda. Krumpirova kora kao nusproizvod prerade može predstavljati do čak 10 % ukupnog otpada krumpira te između 15 i 40 % ploda, ovisno o odabranom procesu guljenja (Sepelev i Galoburda, 2015.). Ovaj nusproizvod predstavlja zanimljivu sirovinu za daljnju preradu ekološki prihvatljivim tehnologijama jer recikliranje i zbrinjavanje ovog otpada predstavlja veliki izazov zbog zakonskih ograničenja kako bi se izbjegle neželjene posljedice kao što su virusi, bolesti te raspadanje s neugodnim mirisom.

Kako bi se osigurale molekule s korisnim svojstvima za ljudsko zdravlje i višestruku industrijsku primjenu potrebno je analizirati kemijski sastav krumpirove kore (Tablica 2.3.1.)

Tablica 2.3.1. Kemijski sastav kore krumpira, g na 100 g

Naziv	Količina
Voda	83,3-85,1
Proteini	1,2-2,3
Ukupno lipida	0,1-0,4
Ukupno ugljikohidrata	8,7-12,4
Škrob	7,8
Ukupna dijetalna vlakna	2,5
Ukupni sadržaj fenola	1,02-2,92
Ukupni flavonoidi	0,51-0,96
Pepeo	0,9-1,6

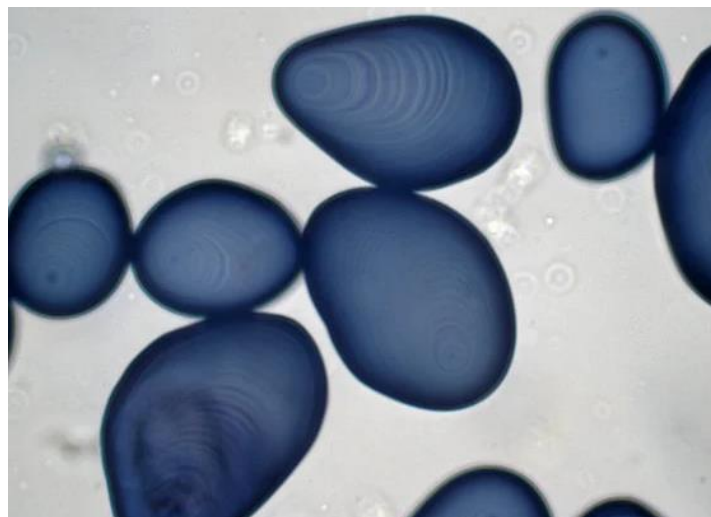
Izvor: Javed i sur., 2019.

2.3.1. Glavne komponente krumpirove kore i njihova uloga

Fenolni spojevi ili polifenoli, su najvažnija grupa sekundarnih biljnih metabolita koji se nalaze u mnogim biljkama, koncentrirani u sjemenkama, pokožici i mezokarpu voća i povrća, žitaricama, kori drveća, lišću i cvijeću (Pevalek-Kozlina, 2004). Do danas je poznato više od 8000 različitih struktura fenolnih spojeva, od jednostavnih molekula kao što su to fenolne kiseline pa sve do visoko polimeriziranih tvari poput tanina. Ovi spojevi odgovorni su za UV zaštitu, pigmentaciju, otpornost na bolesti i obranu biljaka od invazije patogena. Antioksidativno djelovanje fenolnih spojeva ima važnu primjenu u prehrani, ali i prevenciji brojnih oboljenja (Rodríguez-Martínez i sur., 2021.). U kori krumpira fenolni spojevi mogu se naći u slobodnom, topljivom (esterificiranom) ili netopljivom vezanom obliku. Fenolne kiseline su glavni spojevi prisutni u kori krumpira, a najzastupljenije kiseline su: klorogenska kiselina (49-61 %), zatim kofeinska (2,3-19,9 %), galna (7,8 %) i protokatehuinska (0,21 %) (Rodríguez-Martínez i sur.,

2021.). Prisutnost kofeinske i klorogenske kiseline u kori povezana je s visokim antioksidativnim djelovanjem, stoga su nedavna istraživanja pokazala da pomažu u sprječavanju i kontroli stvaranja slobodnih radikala te mogu poboljšati mnoge poremećaje, kao što su steatoza jetre, kardiovaskularne bolesti i dijabetes, pretilost i dr. (Wu i sur., 2012.).

Najzastupljeniji ugljikohidrati u kori krumpira su polisaharidi. Polisaharidi su makromolekularne tvari koje se prirodno nalaze u životinjama, biljkama i mikroorganizmima. Sastoje se od različito povezanih monosaharida α ili β glikozidnim vezama (Lopes i sur., 2021.). Polisaharidi imaju dvije temeljne uloge: strukturnu i rezervnu. Strukturni polisaharidi predstavljaju građevne strukture biljaka, a najpoznatiji takav polisaharid je celuloza (Šic Žlabur i sur., 2016.). Rezervni polisaharidi, predstavljaju rezervne ugljikohidratne tvari biljaka (škrob) i životinja (glikogen). Ljudski organizam može probaviti škrob, jer ima enzime (α -amilazu) koji škrob razgrađuje u monosaharide. Zato se škrob svrstava u skupinu probavljivih ugljikohidrata. Škrob je čest u sjemenkama i gomoljima biljaka. Svaka biljka ima različit oblik škrobnih zrnaca pa ta činjenica ima dijagnostički značaj kod ispitivanja hrane (Šic Žlabur i sur., 2016.). Škrob nalazimo u žitaricama, kruhu, tjestenini, grahu, grašku i u krumpiru (Slika 2.3.1.1.). Zahvaljujući različitim strukturama i funkcionalnim svojstvima, polisaharidi ekstrahirani iz kore krumpira mogu imati komercijalnu primjenu, kao što je poboljšanje teksture, zadržavanje vode i stabilizacija emulzije (Martínez-Fernández i sur., 2021.).



Slika 2.3.1.1. Škrobna zrnca izolirana iz gomolja krumpira
Izvor: <https://mikrosvijet.wordpress.com/2010/12/02/skrobna-zrnca/>

Bjelančevine ili proteini su kemijske tvari koje upravljaju svim životnim procesima stanice svakog živog bića. Proteini su građeni od dvadesetak različitih aminokiselina koje se međusobno povezuju poput karika u lancu (Šic Žlabur i sur., 2016.). Protein krumpira sadrži 18 aminokiselina, uključujući 9 esencijalnih: triptofan, leucin, izoleucin, valin, treonin, lizin, metionin, fenilalanin i histidin (Mushinskiy, 2021.). Namirnice koje sadrže proteine mogu, ali i ne moraju sadržavati esencijalne aminokiseline pa razlikujemo punovrijedne bjelančevine

(meso, jaja i mliječni proizvodi koje sadrže oko 50 % esencijalnih aminokiselina) i manjevrijedne bjelančevine (povrće, voće, žitarice koje sadrže od 20 do 30 % esencijalnih aminokiselina) (McWilliams, 2006.). Kora krumpira smatra se izvrsnim izvorom proteina s dobro uravnoteženim sastavom aminokiselina, što je čini zanimljivom sirovinom za daljnju preradu i korištenje u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji (Bogucka i Elżbieta 2018.). Kora krumpira ima veći sadržaj dušika i aminokiselina od mezokarpa gomolja (Talley i sur., 1983.). Proteini u kori uvelike pridonose nutritivnim vrijednostima i vrlo su korisni zbog svojih bioaktivnih svojstava. β -alanin smanjuje umor kod ljudi, α -aminoadipinska kiselina je marker rizika od dijabetesa, 4-aminomaslačna kiselina (GABA) smanjuje psihičku tjeskobu, L-karnitin onemogućuje štetne učinke na srce, a fosfoserin ima potencijal inhibicije Alzheimerove bolesti i poboljšati staničnu izgradnju koštanog tkiva (Choi, 2016.).

2.4. Agroekološki uvjeti proizvodnje krumpira

Za uspješnu proizvodnju krumpira važna je struktura i pH tla, opskrbljenost hranjivima te povoljni vodozračni odnosi (Slika 2.4.1.). Krumpir treba saditi na lakšim tlima (pjeskovito-illovasta tla s mrvičastom strukturom) koja su bogata humusom sa što dubljim oraničnim slojem. Potrebno je izbjegavati teška tla i močvarna tla s visokom razinom podzemne vode. Optimalni pH za uzgoj krumpira je 5,4 do 6,5, ali podnosi i kiselija tla (Korunek i Pajić, 2007.).

Osim tla, količina i raspored oborina imaju važnu ulogu u uzgoju krumpira jer utječu na prinos, krupnoću, broj i kvalitetu gomolja. Ujednačene oborine tijekom cijele vegetacije daju najveće i najkvalitetnije prinose. U slučaju obilnih oborina u prvoj polovici vegetacije, a suše u drugoj, dolazi do formiranja velikog broja gomolja koji ostaju sitni. Ako pak u prvoj polovici vegetacije vlada suša, a kasnije obilnost oborina, razvija se manji broj gomolja koji su krupniji i ujednačeniji (Korunek i Pajić, 2007.).

Prema Korunek i Pajić (2007.) krumpir ne podnosi velika temperaturna kolebanja tijekom vegetacije, kao ni za vrijeme zimskog mirovanja. Kod sadnje krumpira, minimalna temperatura tla mora iznositi 6-8 °C. Do smrzavanja nadzemnog dijela biljke dolazi na temperaturi od -1 °C do -2 °C. Optimalna temperatura za rast gomolja je 17-20 °C, dok se pri višim temperaturama smanjuje formiranje gomolja te samim time i prinos. Pri temperaturi iznad 30 °C dolazi do prestanka rasta gomolja (Korunek i Pajić, 2007.).

2.5. Proizvodnja krumpira u svijetu

Proizvodnja krumpira rasprostranjena je na svim geografskim širinama, a najčešća je na području između 40° i 60° sjeverne geografske širine, u umjerenom pojasu (Buturac i Bolf, 2000.). Procjenjuje se da je ukupna svjetska proizvodnja krumpira 2021. godine iznosila 376 milijuna tona, s Kinom (94 milijuna tona) i Indijom (54 milijuna tona) kao najvećim

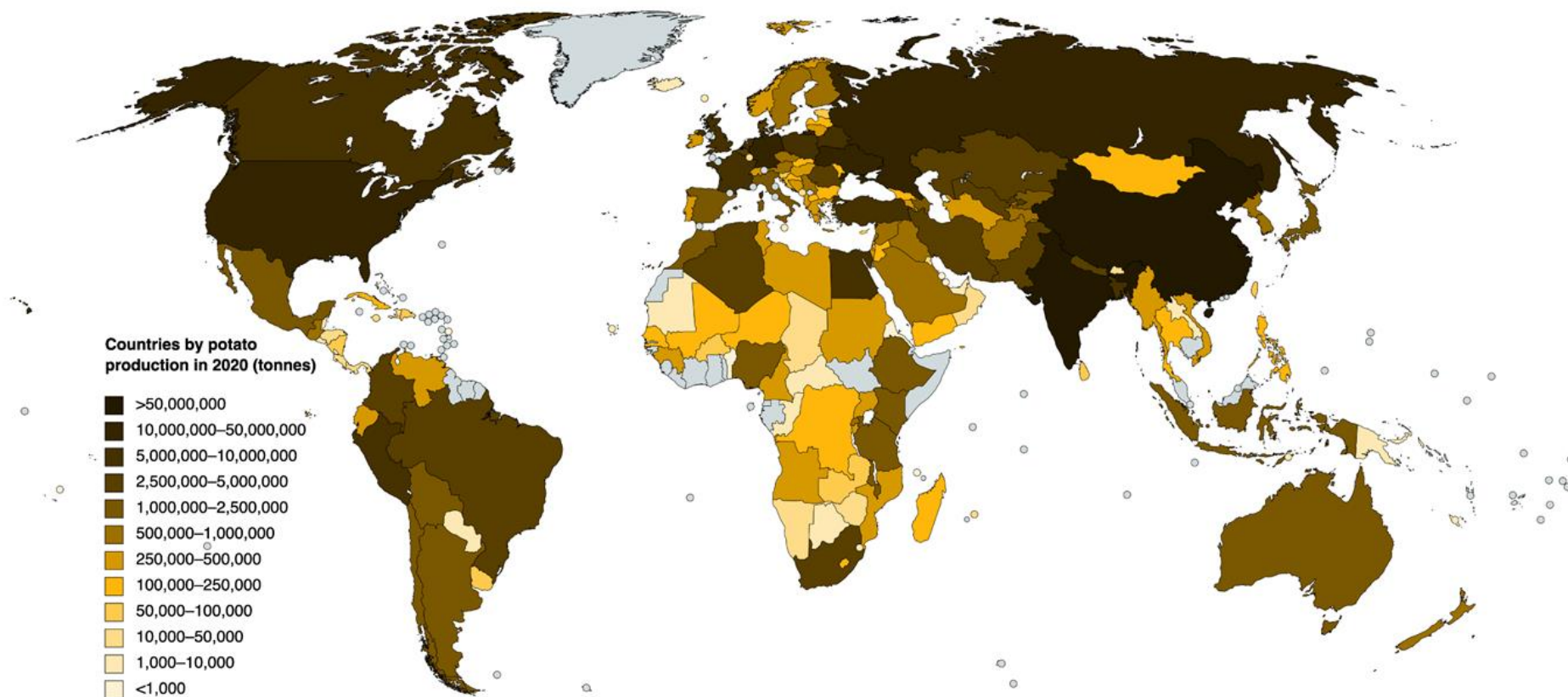
proizvođačima. Podaci FAO-a pokazuju da je ukupna površina posađenog krumpira na globalnoj razini iznosila 17 milijuna hektara. Trenutno je poznato više od 4 000 sorti krumpira, a najraširenije sorte su: Adora, Cleopatra, Desiree, Liseta i Red Scarlet (Burlingame i sur., 2009).

Prema podacima FAOSTAT-a (Tablica 2.5.1., Slika 2.5.1.) u svijetu se u posljednjih pet godina krumpir uzgajao na površini od 17 435 622 ha (2017.) do 18 132 694 ha (2021.). U tom razdoblju proizvedeno je od 370 114 760 t (2017.) do 376 119 974 t (2021.) krumpira i ostvaren prosječni prinos od 21,52 t/ha. Najveća proizvodna površina zabilježena je 2021. godine gdje je zabilježena i najveća proizvodnja krumpira, dok je najmanja proizvodna površina bila u 2019. godini (FAOSTAT, 2023.).

Tablica 2.5.1. Proizvodnja krumpira u svijetu (2017.-2021.)

Godina	Površina (ha)	Prosječan prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
2017.	17 435 622	21,23	370 114 760
2018.	17 191 158	21,27	365 703 133
2019.	16 481 645	22,38	368 832 966
2020.	16 887 038	21,98	371 143 172
2021.	18 132 694	20,74	376 119 974
Prosjek	17 225 631	21,52	370 382 801

Izvor: FAOSTAT, 2023.



Slika 2.5.1. Proizvodnja krumpira u svijetu 2020. godine

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_potato_production

2.5.1. Proizvodnja krumpira u Hrvatskoj

U Hrvatskoj se krumpir uzgaja u tri glavne regije: kontinentalnoj, jadranskoj i gorskoj regiji, gdje se ovisno o specifičnim uvjetima tla i klime, uzgajaju različite sorte krumpira. U kontinentalnoj regiji uzgajaju se rane i srednje kasne sorte krumpira. U jadranskoj regiji, gdje su blage zime, zastupljen je uzgoj mladog krumpira. U gorskoj regiji, s druge strane, uz proizvodnju merkantilnog krumpira, prisutna je i proizvodnja sjemenskog krumpira (Korunek i Pajić, 2007.). Glavnina proizvodnje krumpira odvija se u okolici Varaždina i Čakovca (Lešić i sur., 2002.), dok se industrijski krumpir uzgaja u okolici Hercegovca, u Međimurju i okolici Donjeg Miholjca.

Prema podacima FAOSTAT-a u Hrvatskoj (Tablica 2.5.1.1.) se u posljednjih pet godina krumpir uzgajao na površini od 9 833 ha (2017.) do 8 790 ha (2021.). U tom razdoblju proizvedeno je od 156 089 t (2017.), do 127 830 t (2021.) krumpira i ostvaren prosječni prinos od 17,44 t/ha. Može se zamijetiti trend pada proizvodnje krumpira, što potvrđuje i 2021. godina s najmanjom proizvodnom površinom, prosječnim prinosom i ukupnom proizvodnjom.

Tablica 2.5.1.1. Proizvodnja krumpira u Hrvatskoj (2017.-2021.)

Godina	Površina (ha)	Prosječan prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
2017.	9 833	15,87	156 089
2018.	9 270	19,66	182 260
2019.	9 390	18,44	173 150
2020.	9 330	18,68	174 280
2021.	8 790	14,54	127 830
Prosjek	9 322	17,44	162 722

Izvor: FAOSTAT, 2023.

Prema navedenim statističkim podacima, proizvodnju krumpira u Hrvatskoj karakteriziraju vrlo niski prinosi po hektaru što ukazuje na mala ulaganja u suvremene tehnologije kao i u znanje proizvođača. Usitnjenost poljoprivrednih površina, niska tehnička opremljenost, slaba educiranost proizvođača te niska cijena krumpira samo su neki od problema s kojima se susreću hrvatski proizvođači krumpira (Pospišil, 2020.).

2.6. Zakonski okvir gospodarenja biootpadom

Sadašnji sustav proizvodnje hrane ima veliki utjecaj na okoliš. Procjenjuje se kako otpad od hrane čini oko 10 % globalnih emisija stakleničkih plinova. Da je otpad od hrane zemlja, bila bi treća zemlja u svijetu po emisiji, to jest otpad od hrane emitira više stakleničkih plinova od svih pojedinačnih zemalja u svijetu. Osim toga, dolazi do prekomjernog krčenja šuma koje utječe na gubitak bioraznolikosti. Također se u svijetu baca otprilike 1/3 proizvedene hrane, dovoljno da se prehrani 200 milijuna ljudi (<https://www.eufic.org/en/>). Otpad od hrane je postao goruće globalno pitanje jer se radi o očuvanju okoliša, sigurnosti hrane i nužnosti prehrane svjetske populacije koja raste svakim danom uz sve veću ograničenost resursima.

Europsko vijeće za informacije o hrani (EUFIC) ističe kako u Europskoj uniji godišnje nastane 88 milijuna tona otpada od hrane, to je jednako 174 kilograma po osobi, 143 milijarde eura gubitka te 170 000 000 tona CO₂. U Hrvatskoj su te brojke nešto niže i iznose 84 kilograma godišnje po osobi te oko 400 000 tona otpada od hrane. Najnovije procjene pokazuju da je u 2019. proizvedeno oko 931 milijuna tona otpada od hrane, od čega 61 % dolazi iz kućanstava, 26 % od usluge prehrane i 13 % od maloprodaje (The UNEP Food Waste Index Report, 2021.).

Strategija EU „Od polja do stola“ postavila je smanjenje gubitka i rasipanja hrane kao važan dio strategije i predlaže postavljanje pravno obvezujućih ciljeva za smanjenje rasipanja hrane u cijeloj EU do 2023. Prelaskom na održiviju proizvodnju hrane može se osigurati dovoljno hrane za buduće generacije, smanjujući pritom utjecaj na okoliš i na CO₂ otisak. Prema FAO-u (2019.), od 1,3 milijarde tona ukupnog otpada, 0,5 milijardi tona godišnje predstavlja otpad od voća i povrća. Otpad od voća i povrća sadrži značajan udio nutrijenata i bioaktivnih spojeva, ali zbog neisplativosti prerade često ostaje neprerađen. Stoga je važno odrediti sastav i vrijednost organskog ostatka te procijeniti isplativost postupka njegova iskorištenja (Wadhwa i Bakshi, 2013.).

Industrija prerade krumpira stvara velike količine otpada. Značajan udio ovog otpada koristi se u proizvodnji stočne hrane, dobar je supstrat u proizvodnji enzima te za proizvodnju bioetanola tj. biogoriva prve generacije. Međutim, kora krumpira može se koristiti kao prirodni izvori antioksidansa i sadrži do 10 puta veći udio fenolnih spojeva od dijela krumpira koji se najviše konzumira (mezokarp) (Sagar i sur., 2018.). Neke studije su otkrile da kora krumpira ima veću količinu klorogenske kiseline od mezokarpa; 385 ± 50 µg/g suhe tvari iz kore i $21,9 \pm 2,0$ µg/g suhe tvari iz mezokarpa (Coman i sur., 2020.).

Na temelju članka 89. Ustava Republike Hrvatske, proglašen je Zakon o održivom gospodarenju otpadom, koji je Hrvatski sabor donio na sjednici 15. srpnja 2013. godine. Ovim se Zakonom utvrđuju mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na ljudsko zdravlje i okoliš na način smanjenja količina otpada u nastanku i/ili proizvodnji te se uređuje gospodarenje otpadom bez uporabe rizičnih postupaka po ljudsko zdravlje i okoliš, uz korištenje vrijednih svojstava otpada (NN 94/13).

Člankom 7. stavkom 1. Zakona o održivom gospodarenju otpadom (Narodne novine, br. 94/13, 73/17 i 14/19) propisano je da se u svrhu sprječavanja nastanka otpada te primjene propisa i politike gospodarenja otpadom primjenjuje red prvenstva gospodarenja otpadom. Slika 2.6.1. predstavlja red prvenstva gospodarenja otpadom, gdje se prednost daje upravo sprječavanju nastajanja otpada, dok se na najmanje poželjnom mjestu nalazi zbrinjavanje otpada odnosno odlaganje na odlagalištima.



Slika 2.6.1. Red prvenstva gospodarenjem otpadom od najpoželjnije do najnepoželjnije opcije
Izvor: NN 61/19

Gospodarenje otpadom provodi se na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš, a osobito kako bi se izbjeglo sljedeće:

1. rizik od onečišćenja mora, voda, tla i zraka te ugrožavanja biološke raznolikosti,
2. pojava neugode uzorkovane bukom i/ili mirisom,
3. štetan utjecaj na područja kulturno-povijesnih, estetskih i prirodnih vrijednosti te drugih vrijednosti koje su od posebnog interesa,
4. nastajanje eksplozije ili požara.

Prema tome se zabranjuje odlaganje otpada u okoliš kao i njegovo spaljivanje. Gospodarenjem otpadom mora se osigurati da otpad koji preostaje nakon postupaka obrade i koji se zbrinjava odlaganjem ne predstavlja opasnost za buduće generacije (NN 94/13).

Prema članku 14. Zakona o održivom gospodarenju otpada posjednik stvari ili predmeta koji je nastao kao rezultat proizvodnog procesa čiji primarni cilj nije proizvodnja te stvari ili predmeta (primjerice kora krumpira), može s istim postupati kao s nusproizvodom, a ne kao s otpadom ako ishodi potvrdu nadležnog Ministarstva o upisu nusproizvoda u Očevidnik nusproizvoda. Na zahtjev posjednika ministarstvo izdaje potvrdu o upisu nusproizvoda u Očevidnik nusproizvoda samo ako se utvrdi da stvar ili predmet ispunjava sljedeće zahtjeve:

1. da je osigurana daljnja uporaba te tvari ili predmeta,
2. da se tvar ili predmet može upotrijebiti izravno bez dodatne obrade, osim uobičajenim industrijskim postupcima,
3. da tvar ili predmet nastaje kao sastavni dio proizvodnog postupka i
4. da je daljnja uporaba tvari ili predmeta dopuštena, odnosno da tvar ili predmet ispunjava sve relevantne zahtjeve u pogledu proizvoda, zaštite okoliša i zdravlja ljudi za tu konkretnu uporabu i neće dovesti do značajnih štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.

Ukoliko se određeni otpad obrađuje ili reciklira prestaje biti otpadom ako zadovoljava neke od sljedećih uvjeta:

1. tvar ili predmet uobičajeno se koristi u posebne svrhe,
2. za takvu tvar ili predmet postoji tržište ili potražnja,
3. tvar ili predmet ispunjava tehničke zahtjeve za posebne svrhe i zadovoljava postojeće zakonodavstvo i norme koje važe za proizvode i
4. uporaba tvari ili predmeta neće dovesti do štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.
(NN 94/13)

Osobe koje su ovlaštene gospodarenjem biootpadom i jedinice lokalne samouprave dužni su osigurati odvojeno prikupljanje biootpada s ciljem anaerobne digestije, kompostiranja ili energetske uporabe. Obrada biootpada vrši se na način da zadovoljava visoku razinu zaštite okoliša (NN 94/13).

Kora od krumpira može se izravno upotrijebiti bez dodatne obrade, osim uobičajenim industrijskim postupcima, nastaje kao sastavni dio proizvodnog postupka te za nju postoji tržište ili potražnja. Završno, prema svim zakonskim okvirima kora od krumpira se može smatrati biootpadom te se kao takva može podvrgnuti procesu kompostiranja, anaerobne digestije, energetske uporabi ili se može koristiti u svrhu proizvodnje različitih novih proizvoda (Rodríguez-Martínez i sur., 2021.).

2.7. Zelene metode obrade krumpirove kore

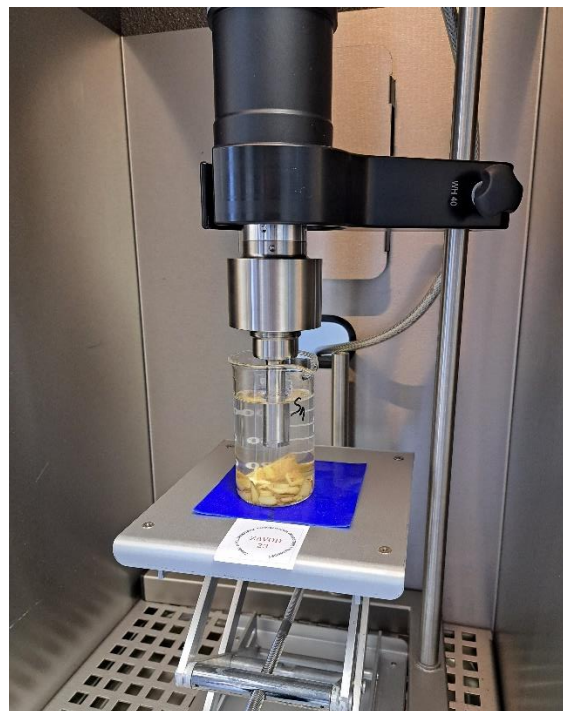
Tehnike zelene ekstrakcije, koje se nazivaju i čiste tehnike, su nove metode za održivu ekstrakciju raznih spojeva iz organskog ostatka voća i povrća. Općenito, zahtijevaju manje vremena za ekstrakciju, smanjuju korištenje energije te pozitivno utječu na okoliš (Soquetta i sur., 2018.). Ekstrakcija je tehnološka operacija potpunog ili djelomičnog odjeljivanja smjese tvari koje imaju nejednaku topljivost u različitim otapalima. Može se provesti korištenjem tekućine, tj. otapala iz krutine ili neke druge tekućine koja sadrži željenu tvar (Drmić i Režek Jambrak, 2010.).

Vrijeme potrebno za ekstrakciju ovisi o topljivosti komponente u otapalu, temperaturi ekstrakcije, površini tvari izloženoj otapalu, viskoznosti otapala i volumnom protoku otapala. Iz tih razloga, pogodno je provođenje ekstrakcije pri višim temperaturama zbog ubrzavanja procesa ekstrakcije jer dolazi do povećanja brzine otapanja komponente, kao i brzine difuzije komponente u volumen otapala (Raso i sur., 1999.).

U novije vrijeme sve se više u tehnologiji procesiranja hrane koriste tehnike bazirane na minimalnoj obradi hrane čiji je glavni cilj očuvati nutritivno vrijedne komponente hrane (bioaktivne spojeve) koji imaju pozitivan učinak na ljudsko zdravlje (Šic Žlabur, 2015.). Jedna od takvih tehnika je ultrazvučno potpomognuta ekstrakcija koja se primjenjuje u različitim tehnološkim procesima prehrambene industrije i biotehnologije, poput filtracije, sušenja, sterilizacije, kristalizacije, homogenizacije itd. (Šic Žlabur, 2015.).

Industrijska važnost primjene ultrazvukom potpomognute ekstrakcije (eng. *Ultrasound assisted extraction/UAE*) u tehnologiji prerade hrane jest od interesa u smislu povećanja ekstrakcije komponenti iz biljnog i životinjskog materijala (Drmić i Režek Jambrak, 2010.). UAE koristi zvučne valove frekvencije od 20 kHz do 100 MHz koji putuju kroz medij i uzrokuju pojavu prijelazne kavitacije (Garavand i sur., 2019.). Kavitacija uzrokuje pucanje stanične stijenke te ubrzava i povećava učinkovitost ekstrakcije (Herceg i sur., 2008; Šic Žlabur, 2015.).

Prednosti ultrazvučne metode su jednostavno i relativno sigurno rukovanje opremom, kraće vrijeme ekstrakcije te neinvazivnost prema okolišu. Najčešći uređaji koji se koriste u ultrazvučnoj ekstrakciji su sustav ultrazvučne sonde (Slika 2.7.1.) i ultrazvučne kupelji.



Slika 2.7.1. Ultrazvučna sonda
Snimila: Pavlović E., 2023.

3. Materijali i metode

3.1. Biljni materijal

Za ovo istraživanje korišteni su gomolji ličkog krumpira sorte 'Viktorija', nabavljeni u maloprodajnoj trgovini „Mrkvica“ (Slika 3.1.1.).

Sva istraživanja provedena su u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Odmah po dolasku u laboratorij uzorci gomolja krumpira su probrani, izdvojeni oni s eventualnim mehaničkim oštećenjima ili znakovima truljenja te oprani kako bi se uklonile sve nečistoće. Ukupna masa gomolja za potrebe istraživanja iznosila je 3 kilograma. Nakon pranja dio uzoraka krumpira odvojen je za analizu u svježem stanju, prilikom čega je oguljena kora krumpira te određen mehanički sastav sirovine, odnosno iskoristivost i udio otpada (kore). Uzorci kore i mezokarpa krumpira analizirani su u svježem stanju, a određen je sadržaj: ukupne suhe tvari, vitamina C, ukupnih fenola (uključujući neflavonoide i flavonoide) te antioksidacijski kapacitet ABTS i FRAP metodom.



Slika 3.1.1. Gomolji ličkog krumpira sorte 'Viktorija' korišteni za istraživanje
Snimila: Pavlović E., 2023.

3.2. Priprema ekstrakata od krumpirove kore

Za potrebe pripreme ekstrakata korišteno je 10 g krumpirove kore i ukupna količina otapala od 150 mL. Dio uzoraka odvojen je za klasičnu ekstrakciju, a dio za ekstrakciju potpomognutu ultrazvukom.

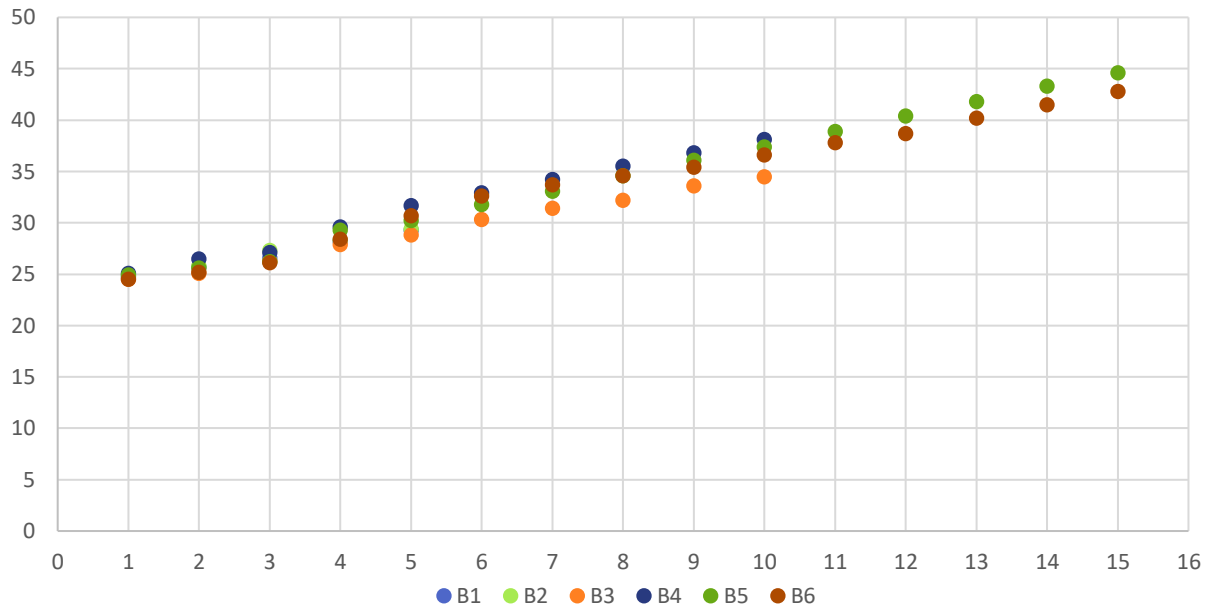
Za potrebe klasične ekstrakcije dodano je 150 mL otapala pri čemu je variran tip otapala: 50 % i 80 % etanol (v/v). Tako pripremljeni uzorci ostavljeni su pri sobnoj temperaturi 24 sata uz povremeno miješanje te profiltrirani kroz Whatmanov filter papir.

Za potrebe ultrazvučnog tretmana variran je tip uređaja: ultrazvučna sonda i ultrazvučna kupelj. Ultrazvučni tretman sondom proveden je uređajem nominalne maksimalne snage od 200 W i promjera sonde od 13 mm (Bandelin HD 2000.2, Njemačka) pri čemu je amplituda iznosila 40 %, vrijeme trajanja tretmana 5, 10 i 15 min i variran je tip otapala: 50 % i 80 % etanol (v/v). Ultrazvučni tretman kupelji proveden je uređajem nominalne maksimalne snage od 140 W (Bandelin RK 103H, Njemačka) istim vremenom trajanja kao i kod sonde te je variran isti tip otapala. Kao i kod klasične ekstrakcije, nakon svakog tretmana uzorci su profiltrirani kroz Whatmanov filter papir kako bi se odvojila kruta faza od tekućeg ekstrakta. Uzorcima koji su tretirani ultrazvukom mjerena je temperatura svakih 60 sekundi tijekom tretmana, digitalnim termometrom (M.E.V. Feller termometar, Ujedinjeno Kraljevstvo) kako bi se uočila promjena iste (Grafikon 3.2.1. i 3.2.2.). Detaljan prikaz plana pokusa prikazan je u Tablici 3.2.1.

Tablica 3.2.1. Plan pokusa ekstrakcije uzoraka organskog ostatka krumpira

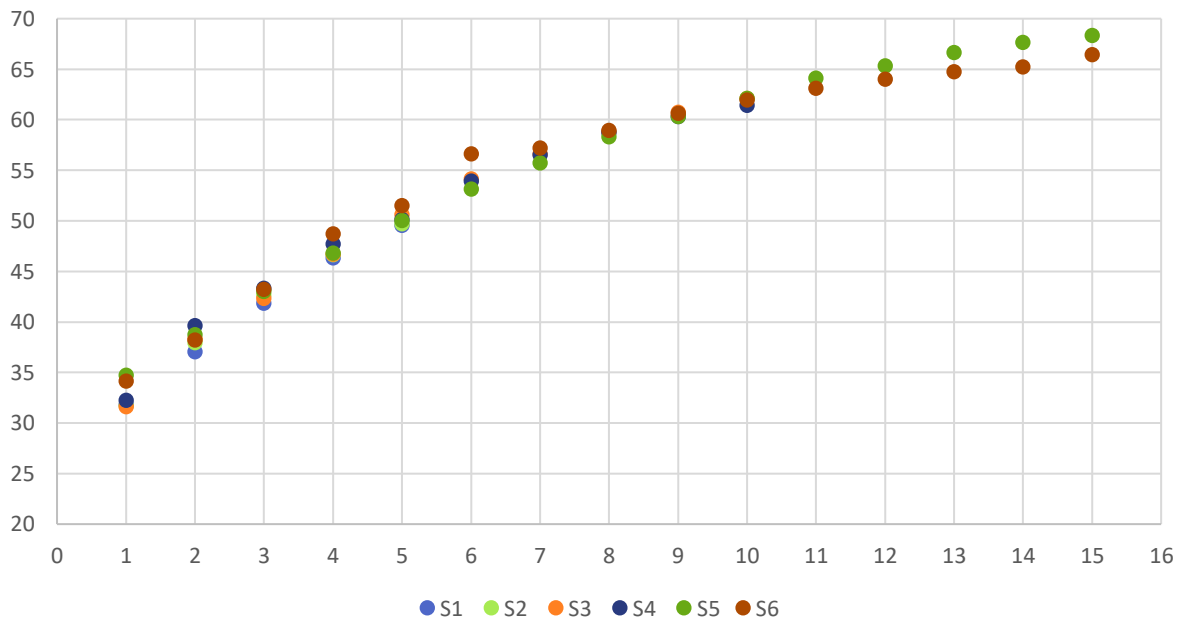
Način ekstrakcije	Amplituda (A, %)	Otapalo (% v/v)	Volumen otapala (mL)	Vrijeme (min)	Uzorak
Klasično	-	50 EtOH	150	1440	KL1
Klasično	-	80 EtOH	150	1440	KL2
UZV kupelj	-	50 EtOH	150	5	B1
UZV kupelj	-	80 EtOH	150	5	B2
UZV kupelj	-	50 EtOH	150	10	B3
UZV kupelj	-	80 EtOH	150	10	B4
UZV kupelj	-	50 EtOH	150	15	B5
UZV kupelj	-	80 EtOH	150	15	B6
UZV sonda	40	50 EtOH	150	5	S1
UZV sonda	40	80 EtOH	150	5	S2
UZV sonda	40	50 EtOH	150	10	S3
UZV sonda	40	80 EtOH	150	10	S4
UZV sonda	40	50 EtOH	150	15	S5
UZV sonda	40	80 EtOH	150	15	S6

EtOH - etilni alkohol



B1 - 50% EtOH, 5 min; B2 - 80% EtOH, 5 min; B3 - 50% EtOH, 10 min; B4 - 80% EtOH, 10 min; B5 - 50% EtOH, 15 min; B6 - 80% EtOH, 15 min

Grafikon 3.2.1. Promjena temperature uzoraka tijekom ultrazvučnog tretmana u kupelji



S1 - 50% EtOH, 5 min; S2 - 80% EtOH, 5 min; S3 - 50% EtOH, 10 min; S4 - 80% EtOH, 10 min; S5 - 50% EtOH, 15 min; S6 - 80% EtOH

Grafikon 3.2.2. Promjena temperature uzoraka tijekom ultrazvučnog tretmana sondom

3.3. Metode određivanja specijaliziranih metabolita i antioksidacijskog kapaciteta

3.3.1. Određivanje mehaničkog sastava gomolja krumpira

Princip određivanja:

U tehnologiji prerade razlikuju se dva elementa koji definiraju iskoristivost sirovine i to upotrebljivi i neupotrebljivi dio ili otpad. Pod otpadom se podrazumijeva sve ono što se u određenom tehnološkom procesu u tom trenutku ne koristi. Odnos korisnog i nekorisnog dijela izražava se u % i predstavlja randman.

Aparatura i pribor:

- kuhinjski nož
- plastični tanjurić
- podložak
- tehnička vaga

Postupak određivanja:

Vagnuti cijeli gomolj krumpira. Kuhinjskim nožem odstraniti eventualna oštećenja na uzorku krumpira, krumpiru oguliti koru te ju izvagnuti na tehničkoj vagi. Podaci koje treba prikupiti tijekom čišćenja gomolja krumpira su sljedeći:

m (cijeli gomolj krumpira) =

m (kore krumpira) =

m (oguljenog krumpira tj. mesa) =

Račun:

$$\text{iskoristivost (\%)} = \frac{m (\text{oguljenog krumpira tj. mesa})}{m (\text{cijelog gomolja krumpira})} \times 100$$

$$\text{udio otpada (\%)} = \frac{m (\text{kore krumpira})}{m (\text{cijelog gomolja krumpira})} \times 100$$

3.3.2. Određivanje ukupne suhe tvari sušenjem na 105 °C

Princip određivanja:

Ukupnu suhu tvar čini cjelokupna količina tvari iz sastava proizvoda, koja ne isparava pod definiranim uvjetima. Ovisno o sastavu proizvoda, za određivanje ukupne suhe tvari primjenjuju se tri postupka sušenja: sušenje na 105 °C, sušenje u vakuumu i destilacija. Ovim se postupkom određuje ostatak uzorka nakon sušenja na 105 °C do konstantne mase.

Aparatura i pribor:

- laboratorijski sušionik
- eksikator sa sredstvom za sušenje
- staklene posudice
- analitička vaga
- stakleni štapić odgovarajuće debljine ovisno o veličini posudice
- kvarcni pijesak

Postupak određivanja:

U osušenu i izvaganu staklenu posudicu s poklopcem stavi se oko 5 g kvarcnog pijeska i stakleni štapić. U izvaganu posudicu s pijeskom stavi se 2,5 g pripremljenog uzorka, koji se dobro izmiješa staklenim štapićem i sve zajedno vagne s točnošću 0,0002 g.

Staklena posudica u kojoj se nalazi pijesak i ispitivana količina uzorka stavi se u laboratorijski sušionik zagrijan na 105 °C ± 0,5 °C te se zagrijava jedan sat sa skinutim poklopcem. Nakon hlađenja i vaganja, sušenje se nastavlja sve dok razlika nakon dva uzastopna sušenja u razmaku od pola sata ne bude manja od 0,001 g. Važe se ponovno s točnošću od ± 0,0002 g.

Račun:

$$\text{Suha tvar (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

Gdje je:

m_0 (g) - masa posudice i pomoćnog materijala (pijesak, stakleni štapić, poklopac)

m_1 (g) – masa posudice s ispitivanim uzorkom prije sušenja

m_2 (g) – masa posudice s ostatkom nakon sušenja

3.3.3. Određivanje vitamina C

Princip određivanja:

2,6-diklorindofenol oksidira L-askorbinsku kiselinu u dehidroaskorbinsku kiselinu, dok boja reagensa ne prijeđe u bezbojnu leukobazu, pa služi istovremeno i kao indikator ove redoks reakcije. Ova se metoda primjenjuje za određivanje askorbinske kiseline u proizvodima od voća i povrća (AOAC, 2002.).

Aparatura i pribor:

- tehnička vaga
- odmjerna tikvica volumena 100 mL
- čaša volumena 100 mL
- lijevak
- filter papir
- Erlenmeyerova tikvica
- bireta

Kemikalije:

- oksalna kiselina (2 %, v/v)
- 2,6-diklorindofenol (svježe pripremljen)

Postupak određivanja:

Na odmjernu tikvicu od 100 mL postavlja se običan lijevak te se preko njega u tikvicu izvaže 10 g uzorka na tehničkoj vagi (s točnošću $\pm 0,01$). Takav uzorak kvantitativno se prenosi u tikvicu pomoću 2 %-tne otopine oksalne kiseline. Tikvica se zatim dopunjuje do oznake otopinom oksalne kiseline (2 %).

Račun:

Sadržaj iz odmjerne tikvice se profiltrira, a dobiveni filtrat dalje se koristi za određivanje askorbinske kiseline. Otpipetira se 10 mL filtrata u Erlenmeyerovu tikvicu volumena 50 mL i titrira otopinom 2,6-diklorfenolindofenola do pojave ružičaste boje koja mora biti postojana barem pet sekundi. Iz volumena 2,6-136 diklorfenolindofenola utrošenog za titraciju filtrata, izračuna se količina L-askorbinske kiseline (vitamina C) u uzorku, koja se izražava u mg/100g svježe mase.

$$\text{Vitamin C (mg/100g svježe tvari)} = \frac{V \times F}{D} \times 100$$

gdje je:

V - mL utrošenog 2,6-diklorindofenola pri titraciji

F* - faktor otopine 2,6-diklorindofenola

D - masa uzorka u filtratu u gramima

Određivanje faktora otopine 2,6-diklorfenolindofenola:

Za određivanje faktora otopine 2,6-diklorfenolindofenola potrebno je napraviti otopinu askorbinske kiseline koja se titrira otopinom 2,6-diklorfenolindofenola. Prema očitanoj volumenu potrebnog 2,6-diklorfenolindofenola izračunava se faktor te otopine. U odmjernu tikvicu od 50 mL na analitičkoj vagi odvagane se $\pm 0,0100$ g askorbinske kiseline, a tikvica nadopuni do oznake 2 %-tnom otopinom oksalne kiseline. U Erlenmeyerovu tikvicu od 50 mL otpipetira se 5 mL 2 %-tne otopine oksalne kiseline i 5 mL pripremljene otopine askorbinske kiseline te se titrira otopinom 2,6- diklorfenolindofenola do pojave ružičaste boje koja mora biti postojana. Iz podatka utrošenog volumena otopine 2,6-diklorfenolindofenola potrebnog za titraciju određene mase askorbinske kiseline izračuna se faktor (F) otopine 2,6-diklorfenolindofenola.

3.3.4. Određivanje ukupnih fenola Folin-Ciocalteu metodom

Folin-Ciocalteu metoda zasniva se na obojenoj reakciji koju fenoli razvijaju s Folin-Ciocalteu reagensom. Naime, Folin-Ciocalteu reagens je smjesa fosfowolframove i fosfomolibdene kiseline, koje se pri oksidaciji fenolnih spojeva iz uzorka reduciraju u wolframov oksid i molibdenov oksid koji su plavog obojenja. Intenzitet nastalog obojenja mjeri se spektrofotometrijski pri valnoj duljini od 750 nm (Ough i Amerine, 1988).

Aparatura i pribor:

- tehnička vaga (s točnošću $\pm 0,01$)
- konusna tikvica
- odmjerna tikvica (50 i 100 mL)
- obični lijevak
- filter papir
- povratno hladilo
- pipete (1, 2, 5, 10 i 25 mL)
- kivete
- spektrofotometar

Kemikalije:

- etanol (80 %)
- Folin-Ciocalteu reagens
- zasićena otopina natrijevog karbonata (Na_2CO_3)

Postupak određivanja:

a) Izrada baždarnog pravca

Za izradu baždarnog pravca odvaži se 500 mg galne kiseline, otopiti u 80 %-om etanolu i nadopuni se u odmjerne tikvici od 100 mL do oznake. Od pripremljene otopine galne kiseline pripreme se razrijeđenja u odmjernim tikvicama od 100 mL, tako da se otpipetira redom 0, 1, 2, 3, 5 i 10 mL standarda (stock otopina) u svaku tikvicu, a potom tikvica nadopuni do oznake 80 %-im etanolom. Koncentracije galne kiseline u tikvicama iznose 0, 50, 100, 150, 250 i 500 mg/L. Iz svake tikvice otpipetira se 0,5 mL uzorka u odmjerne tikvice od 50 mL. Potom se u tikvice redom doda: 30 mL destilirane vode i 2,5 mL Folin-Ciocalteu reagensa (razrijeđenog u omjeru 1:2 destiliranom vodom), potom se takvu otopinu ostavi stajati 3 min, a potom se doda 7,5 mL otopine zasićenog natrijeva karbonata. Sadržaj tikvica se dobro promućka i nadopuni destiliranom vodom do oznake. Uzorci se ostave stajati 2 h na sobnoj temperaturi. Nakon što su uzorci odstajali mjeri se apsorbancija otopina na spektrofotometru pri valnoj duljini od 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu.

b) Ekstrakcija fenolnih spojeva iz uzorka voća ili povrća

Na tehničkoj vagi odvaži se 10 g uzorka s točnošću $\pm 0,01$ i homogenizira s 40 mL 80 %-tnog etanola. Homogenu smjesu se kuha 10 min uz povratno hladilo te se dobiveni ekstrakt filtrira u odmjernu tikvicu od 100 mL preko naboranog filter papira. Zaostali talog zajedno s filter papirom ponovno se prebaci u tikvicu sa šlifom, doda se 50 mL 80 %-tnog etanola i uz povratno hladilo se kuha još 10 min. Dobiveni ekstrakt se spoji s prethodno dobivenim ekstraktom te se odmjerne tikvica nadopuni do oznake 80 %-im etanolom. U odmjernu tikvicu od 50 mL se otpipetira 0,5 mL ekstrakta i redom doda: 30 mL destilirane vode, 2,5 mL Folin-Ciocalteu reagensa (razrijeđenog u omjeru 1:2 destiliranom vodom) i 7,5 mL otopine zasićenog natrijeva karbonata. Sadržaj tikvice se dobro promućka i nadopuni destiliranom vodom do oznake. Uzorci se ostave stajati 2 h na sobnoj temperaturi. Nakon što su uzorci odstajali izmjeri se apsorbancija otopina pri valnoj duljini od 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu.

3.3.5. Određivanje sadržaja flavonoida i neflavonoida

Za taloženje flavonoidnih fenolnih spojeva preporuča se upotreba formaldehida. Formaldehid reagira s C-6 ili C-8 pozicijom na 5,7-dihidroksiflavonoidu stvarajući metilol derivate koji dalje reagiraju s drugim flavonoidnim spojevima također na C-6 ili C-8 poziciji. Pri tome nastaju

kondenzirane molekule koje se uklone filtriranjem. Ostatak neflavonoidnih fenola određuje se po metodi za ukupne fenole (Ough i Amerine, 1988.). Razlika ukupnih fenola i neflavonoida daje količinu flavonoida.

Aparatura i pribor:

- filter papir
- stakleni lijevci
- Erlenmeyerova tikvica sa šlifom i čepom volumena 25 mL
- pipete volumena 1 mL, 2 mL, 5 mL, 10 mL i 25 mL
- analitička vaga
- staklene kivete
- spektrofotometar (Schimadzu UV 1650 PC)

Kemikalije:

- klorovodična kiselina, HCl 1:4 (konc. HCl razrijedi se vodom u omjeru 1:4)
- formaldehid (13 mL 37 %-tnog formaldehida u 100 mL vode)
- dušik za propuhivanje uzoraka
- zasićena otopina natrijeva karbonata
- Folin-Ciocalteu reagens
- 80 %-tni etanol

Priprema uzoraka: ekstrakt ukupnih fenola koristi se i za određivanje flavonoida i neflavonoida.

Postupak određivanja:

Otpipetira se 10 mL ekstrakta u tikvicu od 25 mL i doda 5 mL otopine HCl (1:4) te 5 mL formaldehida. Smjesa se propuše dušikom, zatvori i ostavi stajati 24 sata na sobnoj temperaturi u mraku. Sljedeći dan se profiltrira preko filter papira i slijedi isti postupak kao za određivanje ukupnih fenola.

Račun:

Koncentracija neflavonoida izračunava se na isti način kao i koncentracija ukupnih fenola uzimajući u obzir i dodatna razrjeđenja. Iz razlike količine ukupnih fenola i neflavonoida odredi se količina ukupnih flavonoida.

3.3.6. Određivanje antioksidativnog kapaciteta ABTS metodom

Metoda se temelji na gašenju stabilnog plavo-zelenog radikal-kationa 2,2'-azinobis (3etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina) (ABTS^{•+} radikal-kationa) koji se oblikuje bilo kemijskom ili enzimskom oksidacijom otopine ABTS-a čiji je karakterističan adsorpcijski maksimum pri valnoj duljini od 734 nm. U prisutnosti antioksidansa ABTS^{•+} kation se reducira

u ABTS, a reakcija se očituje obezbojenjem plavo-zelene otopine. Udio uklonjenih ABTS radikala koji „gase“ različiti antioksidansi mjeri se praćenjem smanjenja apsorbanije ABTS radikala te se uspoređuje sa smanjenjem apsorbanije koju uzrokuje dodatak određene količine Troloxa (6-hidroksi-2,5,6,7,8-tetrametilroman-2-karbonska kiseline) pri istim uvjetima (Miller i sur., 1997.)

Priprema reagensa:

1. dan:

- a) 140 mL otopina kalijeva persulfata, $K_2S_2O_8$ (0,1892 g $K_2S_2O_8$ izvaže se i otopi u 5 mL destilirane vode u odmjernoj tikvici od 10 mL)
- b) 7 mL ABTS otopina (Sigma Aldrich, SAD) (0,0192 g ABTS reagensa otopi se u 5 mL destilirane vode u odmjernoj tikvici od 10 mL)
- c) stabilna $ABTS^{\cdot+}$ otopina (88 μ L 140 mL otopine $K_2S_2O_8$ prenese se u tikvicu u kojoj se nalazi 5 mL otopine ABTS-a. Sadržaj tikvice se dobro promiješa, zatvori, obloži aluminijskom folijom i ostavi stajati 12-16 sati pri sobnoj temperaturi. Stajanjem, intenzitet plavo-zelene boje se pojačava.)

2. dan:

Na dan provođenja svih analiza priprema se 1 %-tna otopina $ABTS^{\cdot+}$ (1 mL $ABTS^{\cdot+}$ otopine otpipetira se u odmjernu tikvicu od 100 mL i nadopuni 96 %-im etanolom do oznake). Nakon toga mjeri se apsorbanca 1 %-ne otopine $ABTS^{\cdot+}$ pri 734 nm koja mora iznositi $0,70 \pm 0,02$. Ako apsorbanca otopine ne iznosi 0,734 onda ju je potrebno namjestiti, odnosno ako je apsorbanca premala, u tikvicu od 100 mL pripremljene 1 %-ne otopine $ABTS^{\cdot+}$ treba dodati još par kapi stabilne $ABTS^{\cdot+}$ otopine, a ako je apsorbanca prevelika onda otopinu treba razrijediti, odnosno, u tikvicu (100 mL) dodati još 96 %-tnog etanola. Isti dan kada se pripremi 1 %-tna stabilna otopina $ABTS^{\cdot+}$ s podešenom apsorbancom na $0,70 \pm 0,02$ treba napraviti i sve analize uzoraka (i baždarni pravac ako je to potrebno) jer je $ABTS^{\cdot+}$ otopina nestabilna i nepostojana već unutar 24 sata.

Postupak određivanja (spektrofotometrijski):

160 μ L uzorka (ekstrakta) pomiješa s 2 mL 1 %-tne otopine $ABTS^{\cdot+}$ te se nakon 1 min mjeri apsorbanca pri 734 nm. Za slijepu probu se koristi 96 %-tni etanol. Konačne vrijednosti antioksidacijske aktivnosti uzoraka izračunavaju se iz jednadžbe baždarnog pravca otopine Troloxa izražene kao μ molTE L⁻¹. Za izradu baždarnog pravca u ABTS metodi koristi se Trolox (Sigma Aldrich, SAD) koji uzrokuje smanjenje boje $ABTS^{\cdot+}$ otopine. Točke određene za izradu baždarnog pravca su sljedeće: 0, 100, 200, 400, 1000, 2000 i 2500 μ mol L⁻¹. Prvo se pripremi „stock“ otopina i to tako da se u odmjernu tikvicu od 25 mL izvaže 0,0156 Trolox-a, a tikvica se 80 %-tnim etanolom nadopuni do oznake. Iz „stock“ otopine pripremaju se ostala razrjeđenja. Nakon pripreme navedenih koncentracija otpipetira se 160 μ L pojedine razrijeđene otopine Trolox-a i doda 2 mL 1 %-tne $ABTS^{\cdot+}$ otopine, te se mjeri apsorbanca pri 734 nm.

3.3.7. Određivanje antioksidativnog kapaciteta FRAP metodom

FRAP (engl. Ferric Reducing Antioxidant Power) metodom vrši se mjerenje antioksidacijskog potencijala uzorka na principu redukcije Fe³⁺ iona – TPTZ (željezo (III)-2,4,6-tripiridil-s-triazin) u Fe²⁺ - TPTZ s antioksidansom putem SET mehanizma. Rezultat reakcije je intenzivno plavo obojenje otopine s apsorbancijom na 550 nm (Moharram i Youssef, 2014.). Za pripremu reagensa TPTZ (2,4,6- tripiridil-s-triazin) 10 mM potrebno je odvagati 0,0312 g TPTZ-a u tikvicu od 10 mL te potom do oznake nadopuniti 40 mM klorovodičnom kiselinom. 40 mM HCl dobiva se tako da se odpipetira 330 μ L 37 %-tna HCl u odmjernu tikvicu od 100 ml i nadopuni destiliranom vodom do oznake. Za pripremu željezo (III)-klorid heksahidrat (FeCl₃ x 6H₂O) 20 mM potrebno je odvagati 0,541 g željezo (III)-klorida heksaidrata u odmjernu tikvicu od 100 mL i nadopuniti destiliranom vodom do oznake. Za pripremu acetatnog pufera 0,3 M potrebno je odvagati 3,1 g natrij-acetat trihidrata u tikvicu od 1 L. Potom odpipetirati 16 mL glacijalne octene kiseline i nadopuniti destiliranom vodom do oznake. Nakon toga potrebno je provjeriti pH pufera koji bi trebao iznositi 3,6.

Nakon što smo pripremili sve potrebne otopine slijedi izrada FRAP reagensa koji se svaki put mora pripremati kako bi bio svjež. Postupak priprema FRAP reagensa: u tikvicu ili čašu volumena 50 mL pomiješa se u omjeri 10:1:1 25 mL acetatnog pufera, 2,5 mL TPTZ reagensa, 2,5 mL Fe(III)-klorid heksahidrata.

Postupak određivanja:

Prvo je potrebno napraviti slijepu probu: 240 μ L destilirane vode, 80 μ L 80 %-tnog EtOH, 2080 μ L FRAP reagensa te se slijepa proba termostatira u vodenoj kupelji 5 min na 37 °C.

Postupak reakcije:

U epruvetu se doda 240 μ L destilirane vode, 80 μ L uzorka, 2080 μ L FRAP reagensa te se sve termostatira 5 min u vodenoj kupelji na 37 °C. Nakon toga se mjeri apsorbancija pri 593 nm, u odnosu na slijepu probu. Za izračunavanje koncentracije (u mM željezo(II)-sulfat heptahidrata (FeSO₄ x 7H₂O)) prema baždarnom pravcu potrebno je oduzeti apsorbanciju slijepa probe od apsorbancije uzorka te tako dobivenu razliku apsorbancija koristiti za preračunavanje prema dobivenoj jednadžbi pravca (Benzie i Strain, 1996).

Za izradu baždarnog pravca pripremi se 2 mM otopina Troloxa (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilna kiselina) tako da se:

- odvaži 0,0501 g Troloxa u odmjernu tikvicu od 100 mL koja se nadopuni do oznake 80 %-tnim EtOH
- od pripremljene matične/stock Trolox otopine rade se etanolna razrjeđenja konačnih koncentracija 25, 50, 100, 125, 250, 500 i 1000 μ g/mL:

u odmjerne tikvice od 10 mL redom se pipetiraju razrjeđenja matične otopine Troloxa i 80 %-tnog EtOH prema izračunima u tablici

Oznaka tikvice	Konačne koncentracije Troloxa $\mu\text{g/mL}$	V (Trolox) mL	V (80 % EtOH) mL
1	25	0,25	9,75
2	50	0,5	9,5
3	100	1	9
4	125	1,25	8,75
5	250	2,5	7,5
6	500	5	5
7	1000	10	0

Zatim se u epruvete redom pipetira 240 μL destilirane vode, 80 μL otopine standarda iz prethodno pripremljenih tikvica i 2080 μL FRAP reagensa. Reakcije se pomiješaju na Vorteu i termostatiraju 5 minuta pri 37 °C te se apsorbancija se mjeri pri 59 nm.

4. Statistička obrada podataka

Podaci istraživanja statistički su obrađeni u programskom sustavu SAS, verzija 9.3 (SAS/STAT, 2010.). Tretmani ekstrakcije (ultrazvučna i klasična) provedene su u dvije repeticije, a sve laboratorijske analize u tri ponavljanja. Također, dobiveni rezultati podvrgnuti su jednosmjernoj analizi varijance (ANOVA). T- testom (LSD) uspoređene su dobivene vrijednosti i značajno su različite pri $p \leq 0,0001$.

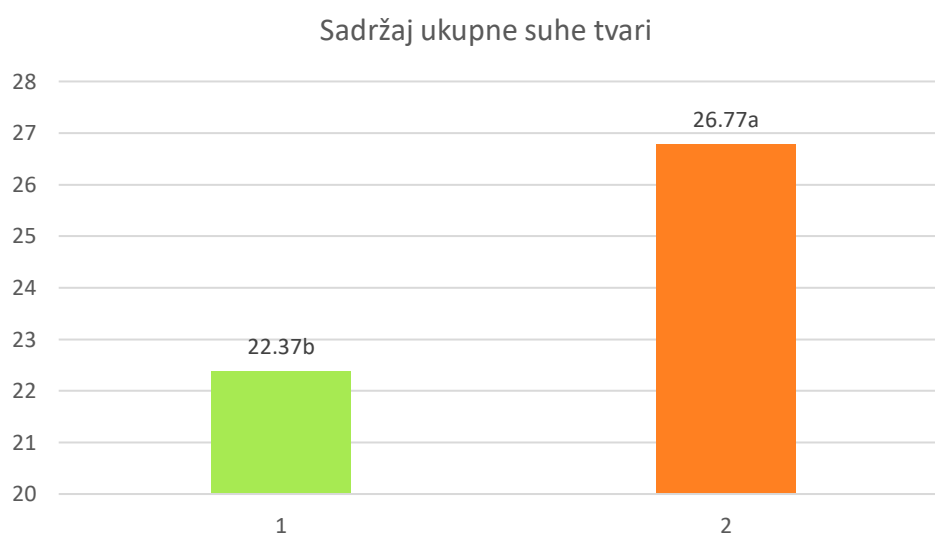
5. Rezultati i rasprava

5.1 Mehanički sastav svježeg gomolja krumpira

Temeljem utvrđenog mehaničkog sastava, iskoristivost gomolja krumpira iznosila je 77,56 %, a udio otpada 22,44 %. Može se zaključiti kako je udio otpada kod gomolja krumpira, odnosno kore, nezanemariv te da predstavlja značajnu količinu biootpada, a koja prema zakonskoj regulativi zahtjeva posebno odlaganje i zbrinjavanje.

5.2. Kemijski sastav svježeg gomolja krumpira

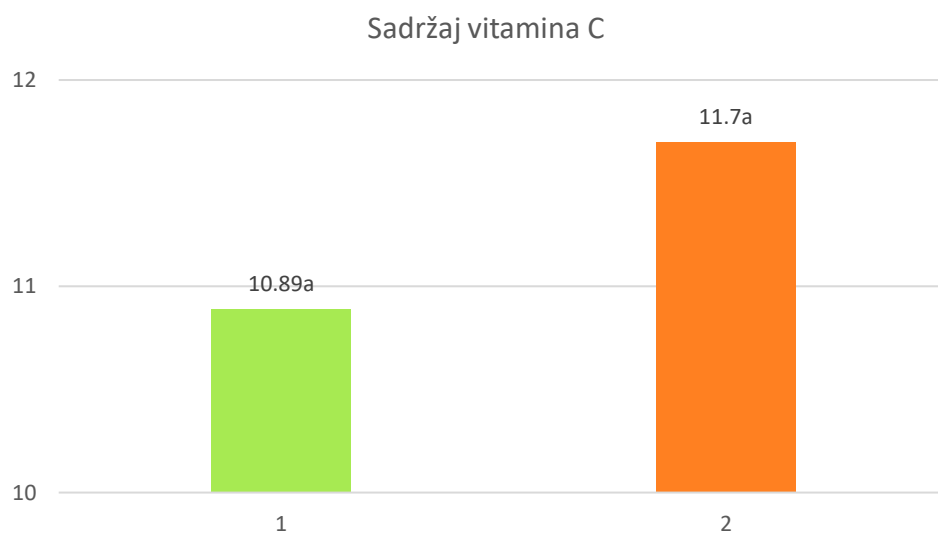
U Grafikonu 1. prikazani su rezultati sadržaja ukupne suhe tvari uzorka kore i mezokarpa gomolja krumpira. Prema provedenoj statističkoj analizi uzorci kore i mezokarpa razlikuju se u sadržaju ukupne suhe tvari, prilikom čega je viši sadržaj ukupne suhe tvari (26,77 %) utvrđen za mezokarp, dok je niži (22,37 %) utvrđen za koru. Prema Horvat i sur. (2013.) jestivi dio gomolja krumpira sadrži prosječno oko 25 % suhe tvari. Slijedom dobivenih rezultata može se zaključiti da se dobiveni rezultati poklapaju s navedenim literaturnim navodom.



1 - kora; 2 - mezokarp gomolja krumpira

Grafikon 1. Vrijednosti sadržaja ukupne suhe tvari (%) u kori i mezokarpu gomolja krumpira

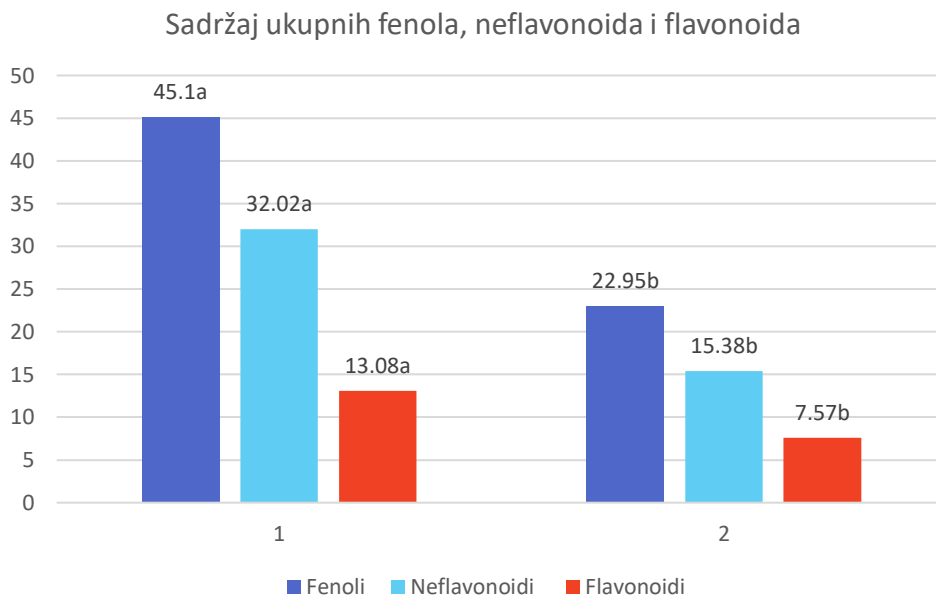
Vitamin C ili askorbinska kiselina je najvažniji u vodi topljiv vitamin s antioksidacijskim djelovanjem. Štiti lipoproteine od oksidacije hvatajući slobodne radikale. U voću kao i povrću, stabilan je samo u suhom obliku, dok je u vodenom mediju stabilan samo u odsutnosti kisika, a u suprotnom vrlo brzo dolazi do njegove oksidacije (Šic Žlabur i sur., 2016.). Grafikon 2. prikazuje vrijednosti sadržaja vitamina C u analiziranim uzorcima kore i mezokarpa gomolja krumpira. Prema provedenoj statističkoj analizi uzorci kore i mezokarpa ne razlikuju se u sadržaju vitamina C. Prema Hrabovská i sur. (2013.) u svježem gomolju krumpira sadržaj vitamina C varira zbog niza čimbenika, od genetskih karakteristika (sortiment) do agrotehničkih mjera i ekoloških čimbenika, a iznosi od 10 do 25 mg/100 g svježe tvari. Rezultati sadržaja vitamina C dobiveni u sklopu ovog istraživanja poklapaju se s navedenim literaturnim navodom.



1 - kora; 2 - mezokarp gomolja krumpira

Grafikon 2. Sadržaj vitamina C (mg/100 g svježe tvari) u kori i mezokarpu gomolja krumpira

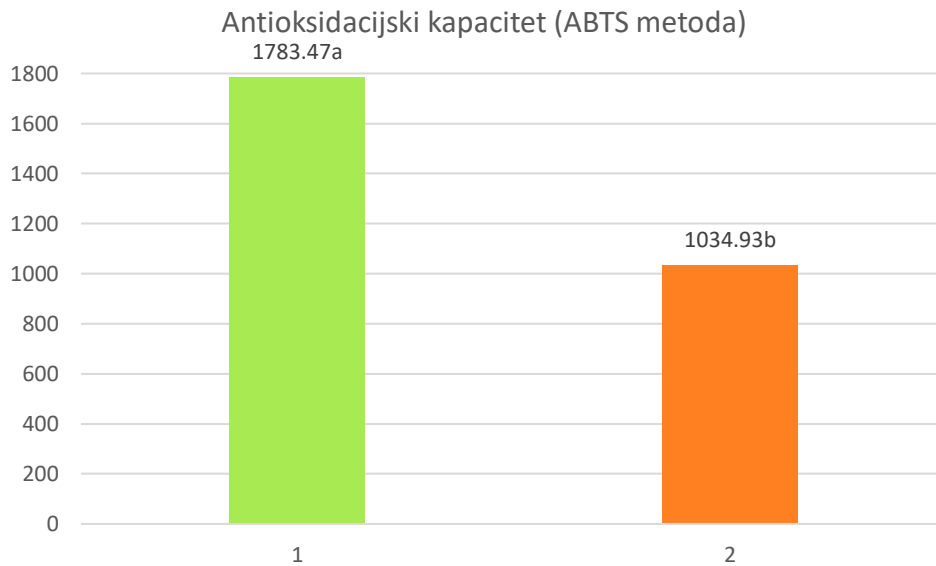
Grafikon 3. prikazuje vrijednosti sadržaja ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida u analiziranim uzorcima kore i mezokarpa gomolja krumpira. Prema statističkoj analizi, utvrđeno je da se oba uzorka značajno razlikuju u sadržaju ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida. Veći sadržaj svih polifenolnih spojeva utvrđen je u kori u usporedbi s mezokarpom. Naime, u kori je utvrđen čak 51 % viši sadržaj ukupnih fenola, 48 % viši neflavonoida i 58 % viši sadržaj flavonoida u usporedbi s mezokarpom krumpira. Općenito, polifenolni spojevi u plodovima i gomoljima najviše su sadržani u pokožici i kožici (Šic Žlabur i sur., 2016.). Sadržaj polifenola u kori krumpira u provedenim istraživanjima autora Rodríguez-Martínez i sur. (2021.) kretao se u širokom rasponu od 1,26 do čak 237,36 mg/100 g svježe tvari.



1 - kora; 2 - mezokarp gomolja krumpira

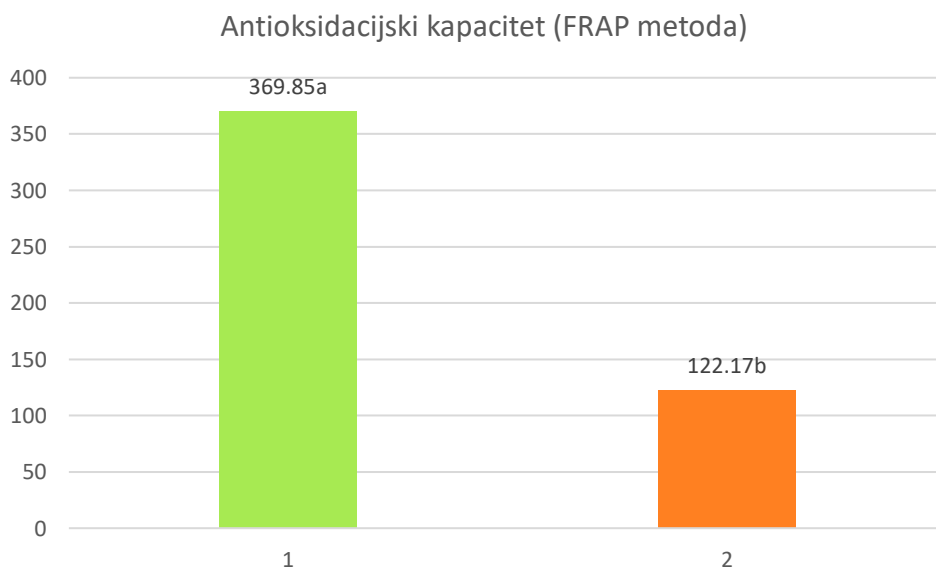
Grafikon 3. Sadržaj ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida (mg GAE/100 g svježe tvari) u kori i mezokarpu gomolja krumpira

Dobivene vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta kore i mezokarpa gomolja krumpira, određene ABTS metodom, značajno se statistički razlikuju (Grafikon 4.). Uzorak kore ima veći antioksidacijski kapacitet od mezokarpa gomolja. Kod FRAP metode (Grafikon 5.), rezultati antioksidacijskog kapaciteta kore i mezokarpa gomolja također se značajno statistički razlikuju. Ponovno, uzorak kore imao je veći antioksidacijski kapacitet od mezokarpa. Prema Kurek-Górecka i sur. (2014.) antioksidacijski kapacitet ovisi o sadržaju bioaktivnih tvari, najviše fenola, a što je utvrđeno i prema rezultatima ovog istraživanja. Naime, uzorak kore krumpira prema provedenoj analizi sadržavao je općenito više polifenolnih spojeva od mezokarpa gomolja. Samim time utvrđene su i veće vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta za koru krumpira.



1 - kora; 2 - mezokarp gomolja krumpira

Grafikon 4. Antioksidacijski kapacitet ($\mu\text{mol TE/L}$) u kori i mezokarpu gomolja krumpira određen ABTS metodom



1 - kora krumpira; 2 - mezokarp gomolja krumpira

Grafikon 5. Antioksidacijski kapacitet ($\mu\text{mol TE/L}$) u kori i mezokarpu gomolja krumpira određen FRAP metodom

5.3. Specijalizirani metaboliti i antioksidacijski kapacitet ekstrakata kore krumpira

Grafikoni 6.-11. prikazuju rezultate sadržaja analiziranih specijaliziranih metabolita i antioksidacijski kapacitet ekstrakata kore krumpira pri različitim metodama ekstrakcije.

5.3.1. Sadržaj vitamina C

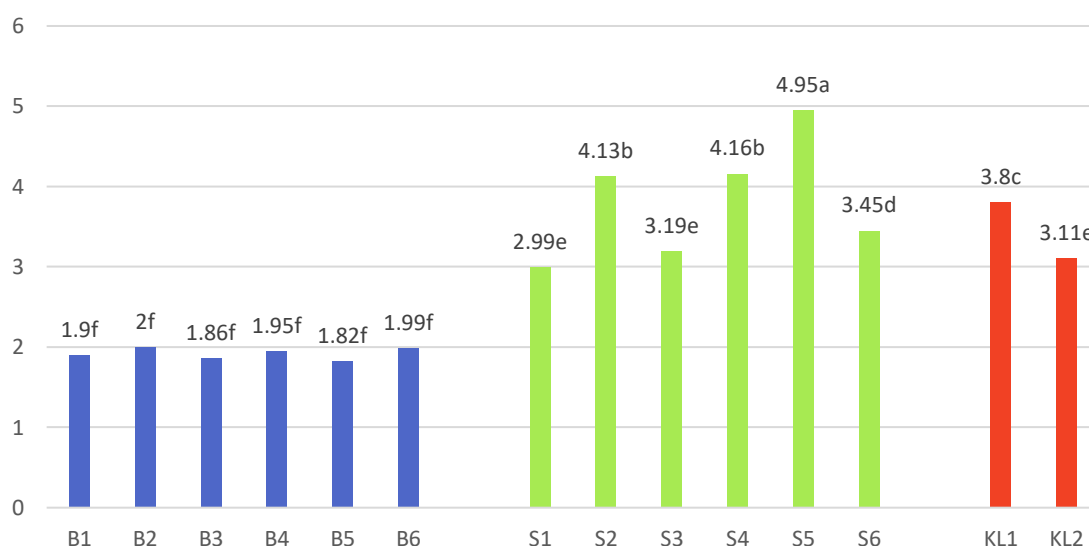
Grafikon 6. prikazuje rezultate sadržaja vitamina C u ekstraktima krumpirove kore tretiranih klasično i ultrazvučno. Najviša vrijednost (4,95 mg/100 g) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom sondom u trajanju od 15 minuta i otapalo 50 % etanol (v/v). Najniža vrijednost vitamina C (1,82 mg/100 g) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom kupelji u trajanju od 15 minuta i otapalo 50 % etanol (v/v).

Variran način ekstrakcije, klasično i ultrazvukom, značajno je utjecao na sadržaj vitamina C u ekstraktima od kore krumpira. Općenito, a neovisno o korištenom otapalu i vremenu ekstrakcije, najviše vrijednosti vitamina C zabilježene su u uzorcima tretiranim sustavom ultrazvučne sonde i to 10 % više u odnosu na klasični tretman i čak 98 % više u odnosu na uzorke tretirane u kupelji. Prema dobivenim rezultatima, ultrazvučna kupelj dala je najniže vrijednosti vitamina C, neovisno o korištenom otapalu i vremenu trajanja tretmana te se može zaključiti da je ultrazvučna kupelj bila neučinkovita u izdvajanju vitamina C. Kod ekstrakcije u ultrazvučnoj kupelji koncentracija otapala i vrijeme nisu utjecali na sadržaj vitamina C, a s obzirom da statističke razlike nisu uočene između tretmana.

Koncentracija etanola (50 i 80 %) utjecala je na sadržaj vitamina C u ultrazvučnoj ekstrakciji sondom i klasičnom tretmanu, prilikom čega je u izolaciji vitamina C u većini uzoraka bila učinkovitija viša koncentracija etanola (80 %, v/v) uz izuzetak uzorka s5 za koji je utvrđen najviši sadržaj vitamina C uz 50 % etanol. Isto tako, vrijeme tretmana značajno je utjecalo na sadržaj vitamina C kod ekstrakcije sondom. Najviša vrijednost vitamina C zabilježena je najduljem tretmanu sondom (15 min), ali uz 50 % etanol, dok valja naglasiti da u istom vremenskom trajanju, ali uz 80 % etanol sadržaj vitamina C je bio značajno niži.

Na kraju, temeljem rezultata može se zaključiti kako ultrazvuk visokog intenziteta u sustavu sonde pozitivno utječe na povećanje sadržaja vitamina C u ekstraktima iz organskog ostatka krumpira, omogućuje veći prodor otapala, povećava kontaktnu površinu između krute i tekuće faze poboljšavajući difuziju otopljenih tvari i stoga rezultira većim prinosom ekstrakcije (Rodríguez-Martínez i sur., 2021.). Također, ultrazvuk visokog intenziteta može pružiti mogućnost poboljšane ekstrakcije bioaktivnih tvari osjetljivih na toplinu pri nižim temperaturama obrade (Akyol i sur., 2016.).

Sadržaj vitamina C



B1 - 50 % EtOH, 5 min; B2 - 80 % EtOH, 5 min; B3 - 50 % EtOH, 10 min; B4 - 80 % EtOH, 10 min; B5 - 50 % EtOH, 15 min; B6 - 80 % EtOH, 15 min; S1 - 50 % EtOH, 5 min; S2 - 80 % EtOH, 5 min; S3 - 50 % EtOH, 10 min; S4 - 80 % EtOH, 10 min; S5 - 50 % EtOH, 15 min; S6 - 80 % EtOH, 15 min; KL1 - 50 % EtOH, 24 h; KL2 - 80 % EtOH, 24 h

Grafikon 6. Sadržaj vitamina C (mg/100 g) u ekstraktima krumpirove kore tretiranih ultrazvučnom sondom, ultrazvučnom kupelji i klasičnom ekstrakcijom

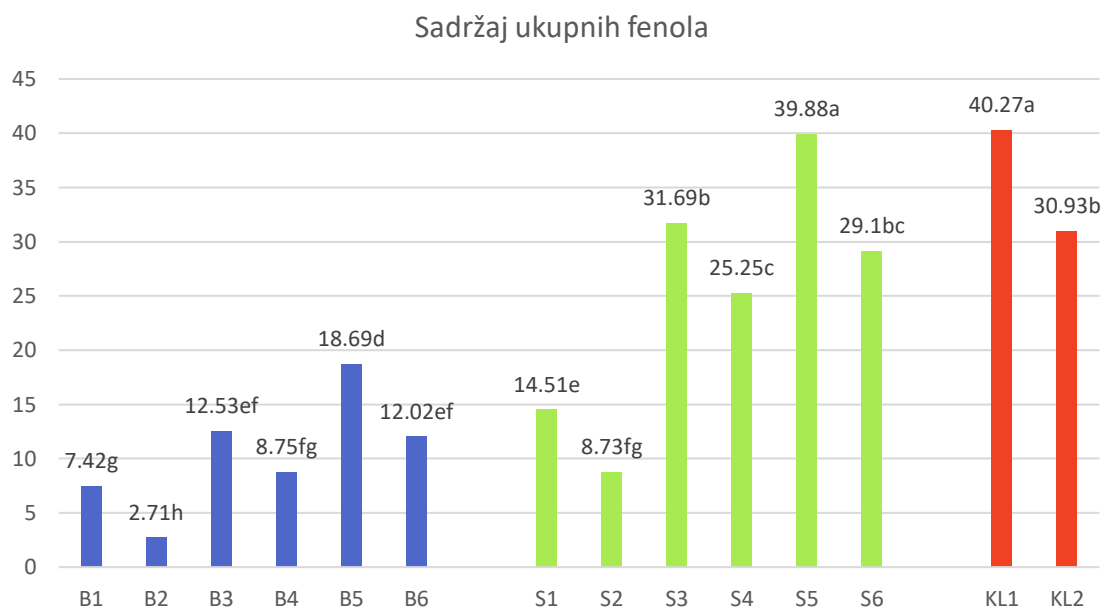
5.3.2. Sadržaj ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida

Grafikon 7. prikazuje rezultate sadržaja ukupnih fenola u ekstraktima krumpirove kore pripremljenih klasično i ultrazvučno. Najviše vrijednosti ukupnih fenola utvrđene su kod klasičnog tretmana (40,27 mg GAE/100 g sv.t.) i kod ultrazvučnog tretmana sondom (39,88 mg GAE/100 g sv.tv) uz otapalo 50 % etanol (v/v). Najniža vrijednost ukupnih fenola (2,71 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom kupelji u trajanju od 5 minuta i otapalo 80 % etanol (v/v).

Variran način ekstrakcije, klasično i ultrazvukom, značajno je utjecao na sadržaj ukupnih fenola u ekstraktima od kore krumpira. Općenito, a neovisno o korištenom otapalu, najviše prosječne vrijednosti ukupnih fenola zabilježene su za uzorke tretirane klasičnom metodom i to 43 % više u odnosu na tretman ultrazvučnom sondom i 3,5 puta više u odnosu na tretman u ultrazvučnoj kupelji. Prema dobivenim rezultatima, ultrazvučna kupelj dala je najniže prosječne vrijednosti ukupnih fenola.

Koncentracija etanola (50 i 80 %) utjecala je na sadržaj ukupnih fenola u ultrazvučnoj ekstrakciji sondom, kupelji i klasičnom tretmanu, prilikom čega je u izolaciji ukupnih fenola u većini uzoraka bila učinkovitija niža koncentracija etanola (50 %, v/v). Isto tako, vrijeme tretmana značajno je utjecalo na sadržaj ukupnih fenola. Najviša vrijednost ukupnih fenola

zabilježena je kod klasičnog tretmana uz 50 % etanol, dok valja naglasiti da se statistički ista vrijednost ukupnih fenola postigla u najduljem tretmanu sondom (15 min) uz 50 % etanol.



B1 - 50 % EtOH, 5 min; B2 - 80 % EtOH, 5 min; B3 - 50 % EtOH, 10 min; B4 - 80 % EtOH, 10 min; B5 - 50 % EtOH, 15 min; B6 - 80 % EtOH, 15 min; S1 - 50 % EtOH, 5 min; S2 - 80 % EtOH, 5 min; S3 - 50 % EtOH, 10 min; S4 - 80 % EtOH, 10 min; S5 - 50 % EtOH, 15 min; S6 - 80 % EtOH, 15 min; KL1 - 50 % EtOH, 24 h; KL2 - 80 % EtOH, 24 h

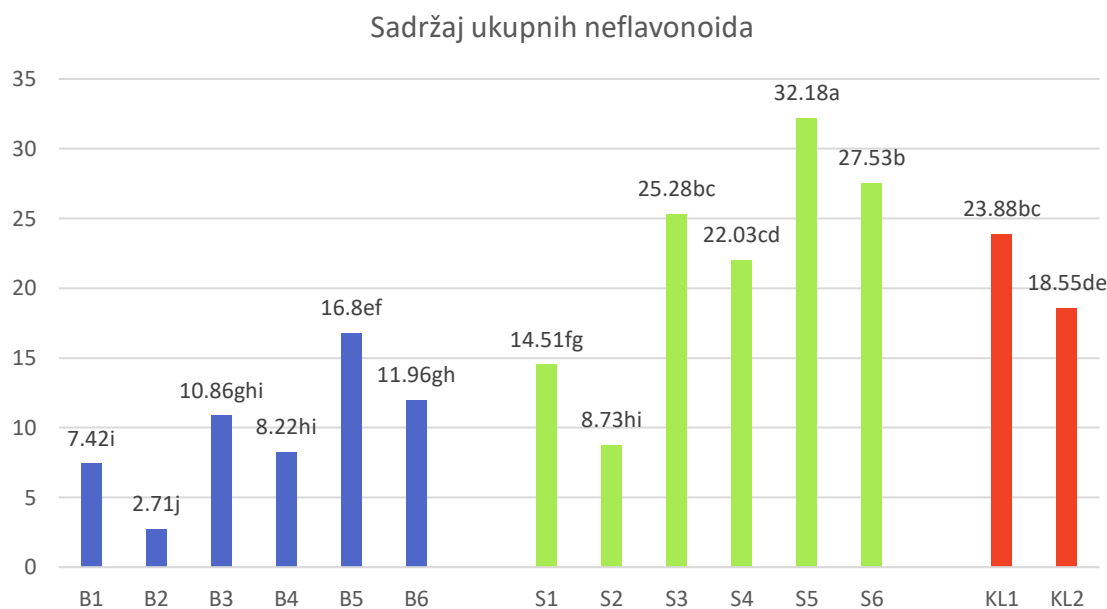
Grafikon 7. Sadržaj ukupnih fenola (mg GAE/100 g) u ekstraktima krumpirove kore tretiranih ultrazvučnom sondom, ultrazvučnom kupelji i klasičnom ekstrakcijom

Grafikon 8. prikazuje rezultate sadržaj ukupnih neflavonoida u ekstraktima krumpirove kore pripremljenih klasično i ultrazvučno. Najviša vrijednost (32,18 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom sondom uz amplitudu 40 % u trajanju od 15 minuta i otapalo 50 % etanol (v/v). Najniža vrijednost ukupnih neflavonoida (2,71 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom kupelji u trajanju od 5 minuta i otapalo 80 % etanol (v/v).

Variran način ekstrakcije, klasično i ultrazvukom, značajno je utjecao na sadržaj ukupnih neflavonoida u ekstraktima od kore krumpira. Općenito, a neovisno o korištenom otapalu i vremenu ekstrakcije, najviše prosječne vrijednosti ukupnih neflavonoida zabilježene su za uzorke tretirane klasičnom metodom i to 2 % u odnosu na tretman ultrazvučnom sondom i 2 puta više u odnosu na tretman u ultrazvučnoj kupelji. Prema dobivenim rezultatima, ultrazvučna kupelj dala je najniže prosječne vrijednosti ukupnih neflavonoida.

Koncentracija etanola (50 i 80 %) utjecala je na sadržaj ukupnih neflavonoida u ultrazvučnoj ekstrakciji sondom i klasičnom tretmanu, prilikom čega je u izolaciji ukupnih neflavonoida u većini uzoraka bila učinkovitija manja koncentracija etanola (50 %, v/v). Isto

tako, vrijeme tretmana značajno je utjecalo na sadržaj ukupnih neflavonoida kod ekstrakcije sondom. Najviša vrijednost ukupnih neflavonoida zabilježena je najduljem tretmanu sondom (15 min) uz 50 % etanol, dok valja naglasiti da u istom vremenskom trajanju, ali uz 80 % etanol sadržaj ukupnih flavonoida je bio značajno niži.



B1 - 50 % EtOH, 5 min; B2 - 80 % EtOH, 5 min; B3 - 50 % EtOH, 10 min; B4 - 80 % EtOH, 10 min; B5 - 50 % EtOH, 15 min; B6 - 80 % EtOH, 15 min; S1 - 50 % EtOH, 5 min; S2 - 80 % EtOH, 5 min; S3 - 50 % EtOH, 10 min; S4 - 80 % EtOH, 10 min; S5 - 50 % EtOH, 15 min; S6 - 80 % EtOH, 15 min; KL1 - 50 % EtOH, 24 h; KL2 - 80 % EtOH, 24 h

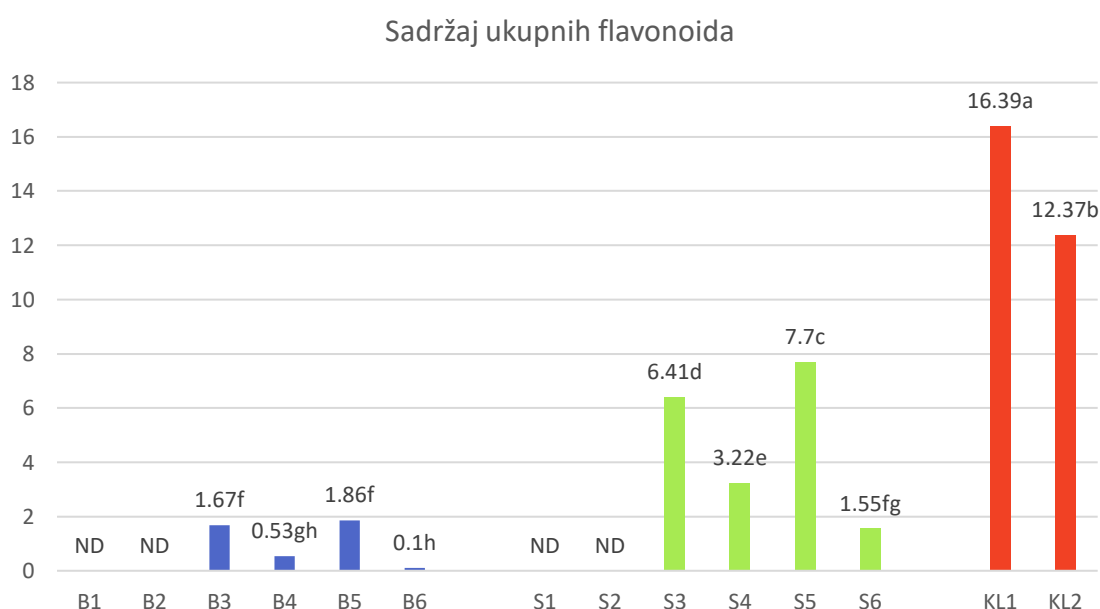
Grafikon 8. Sadržaj ukupnih neflavonoida (mg GAE/100 g) u ekstraktima krumpirove kore tretiranih ultrazvučnom sondom, ultrazvučnom kupelji i klasičnom ekstrakcijom

Grafikon 9. prikazuje rezultate sadržaj ukupnih flavonoida u ekstraktima krumpirove kore pripremljenih klasično i ultrazvučno. Najviša vrijednost (16,39 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog klasičnom ekstrakcijom i otapalom 50 % etanol (v/v). Najniže vrijednosti (0,001 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđene su kod uzoraka tretiranih ultrazvučnom kupelji i sondom u trajanju od 5 minuta i otapalima 50 % i 80 % etanol (v/v).

Variran način ekstrakcije, klasično i ultrazvukom, značajno je utjecao na sadržaj ukupnih flavonoida u ekstraktima od kore krumpira. Općenito, a neovisno o korištenom otapalu i vremenu ekstrakcije, najviše prosječne vrijednosti ukupnih flavonoida zabilježene su za uzorke tretirane klasičnom metodom i to 3 puta više u odnosu na tretman ultrazvučnom sondom i čak 13 puta više u odnosu na tretman ultrazvučne kupelji. Prema dobivenim rezultatima, ultrazvučna kupelj dala je najniže vrijednosti ukupnih flavonoida, neovisno o korištenom otapalu i vremenu trajanja tretmana te se može zaključiti da je ultrazvučna kupelj bila neučinkovita u izdvajanju ukupnih flavonoida. Kod ekstrakcije u ultrazvučnoj kupelji koncentracija otapala i vrijeme nisu utjecali na sadržaj ukupnih flavonoida, a s obzirom da

statističke razlike nisu uočene između tretmana te u uzorcima b1 i b2 ukupni flavonoidi nisu determinirani.

Koncentracija etanola (50 i 80 %) utjecala je na sadržaj ukupnih flavonoida u ultrazvučnoj ekstrakciji sondom i klasičnom tretmanu, prilikom čega je u izolaciji ukupnih flavonoida u većini uzoraka bila učinkovitija niža koncentracija etanola (50 %, v/v). Isto tako, vrijeme tretmana značajno je utjecalo na sadržaj ukupnih flavonoida kod ekstrakcije sondom. Najviša vrijednost ukupnih flavonoida zabilježena je najduljem tretmanu sondom (15 min) uz 50 % etanol, dok valja naglasiti da u istom vremenskom trajanju, ali uz 80 % etanol sadržaj ukupnih flavonoida je bio značajno niži. U najkraćem tretmanu sondom (5 min) sadržaj ukupnih flavonoida nije determiniran.



B1 - 50 % EtOH, 5 min; B2 - 80 % EtOH, 5 min; B3 - 50 % EtOH, 10 min; B4 - 80 % EtOH, 10 min; B5 - 50 % EtOH, 15 min; B6 - 80 % EtOH, 15 min;

S1 - 50 % EtOH, 5 min; S2 - 80 % EtOH, 5 min; S3 - 50 % EtOH, 10 min; S4 - 80 % EtOH, 10 min; S5 - 50 % EtOH, 15 min; S6 - 80 % EtOH, 15 min;

KL1 - 50 % EtOH, 24 h; KL2 - 80 % EtOH, 24 h

ND - nije determinirano

Grafikon 9. Sadržaj ukupnih flavonoida (mg GAE/100 g) u ekstraktima krumpirove kore tretiranih ultrazvučnom sondom, ultrazvučnom kupelji i klasičnom ekstrakcijom

Sadržaj polifenola u kori krumpira u provedenim istraživanjima Rodríguez-Martínez i sur. (2021.) kretao se u rasponu od 3,8 do 440 mg GAE/100 g. Dobiveni rezultati odgovaraju navedenom literaturnom navodu. Zaključno, tretman ultrazvukom pozitivno je utjecao na sadržaj analiziranih polifenolnih spojeva (ukupnih fenola i neflavonoida) u ekstraktima krumpirove kore, dok se klasična metoda ekstrakcije pokazala prihvatljivijom za ekstrakciju flavonoida. O iznimnoj učinkovitosti ultrazvuka u izolaciji polifenolnih spojeva dokazuju i brojni

drugi literaturni navodi (Abid i sur., 2013.; Alighourch i sur., 2013.; Brnčić i Šic Žlabur, 2019.) ističući prije svega značajno veći sadržaj polifenola u kraćem vremenskom periodu u usporedbi s konvencionalnim metodama ekstrakcije. Također, porast temperature sustava prilikom ultrazvučnog tretmana nije negativno utjecao već suprotno omogućio ubrzavanje difuzije (Herceg i sur., 2008; Drmić i Režek Jambrak, 2010).

5.3.3. Antioksidacijski kapacitet

Antioksidativno djelovanje pojedinih uzoraka izravno je povezano sa sadržajem vitamina, minerala, fenolnih spojeva, pigmenata i ostalih bioaktivnih spojeva te će općenito uzorci s većim udjelom bioaktivnih spojeva imati i veće antioksidativno djelovanje (Brnčić i Šic Žlabur, 2019.). Pozitivno djelovanje ultrazvuka na antioksidacijski kapacitet utvrdili su Sulaiman i sur. (2017.) u uzorcima soka jabuke te Bhat i sur. (2011) u uzorcima soka od limete.

Grafikoni 10. i 11. prikazuju vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta određene ABTS metodom i vrijednosti utvrđene FRAP metodom u ekstraktima krumpirove kore pripremljenih klasično i ultrazvučno.

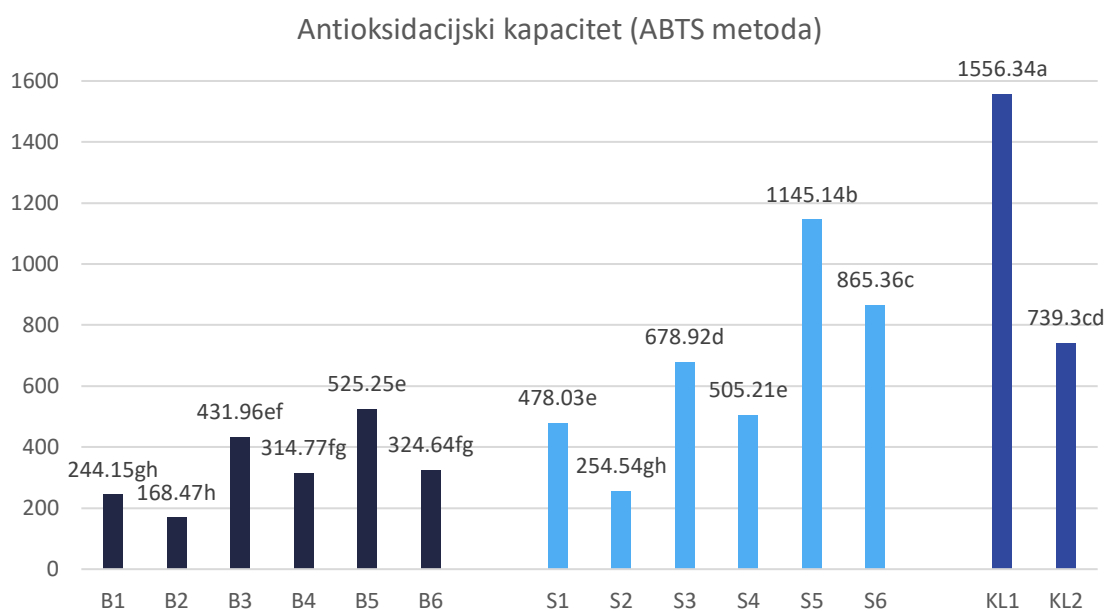
Najviše vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta prema ABTS (1556,34 $\mu\text{mol TE/L}$) i FRAP metodi (240,44 $\mu\text{mol TE/L}$) utvrđene su kod uzoraka tretiranih klasičnom metodom ekstrakcije s otapalom 50 % etanolom (v/v). Najniža vrijednost antioksidacijskog kapaciteta prema ABTS metodi od 168,47 $\mu\text{mol TE/L}$ zabilježena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom kupelji u trajanju od 5 minuta i otapalo 80 % etanol (v/v), dok je kod antioksidacijskog kapaciteta prema FRAP metodi najniža vrijednost od 44,72 $\mu\text{mol TE/L}$ zabilježena kod uzorka tretiranog ultrazvučno sondom uz amplitudu 40 % u trajanju od 5 minuta i otapalo 80 % etanol (v/v).

Variran način ekstrakcije, klasično i ultrazvukom, značajno je utjecao na antioksidacijski kapacitet u ekstraktima od kore krumpira. Općenito, a neovisno o korištenom otapalu i vremenu ekstrakcije, najviše prosječne vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta (ABTS metoda) zabilježene su za uzorke tretirane klasičnom metodom i to 75 % u odnosu na tretman ultrazvučnom sondom i 3,5 puta više u odnosu na tretman u ultrazvučnoj kupelji. Najviše prosječne vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta (FRAP metoda) zabilježene su za uzorke tretirane klasičnom metodom i to 81 % više u odnosu na tretman ultrazvučnom sondom i 3 puta više u odnosu na tretman u ultrazvučnoj kupelji. Prema dobivenim rezultatima, ultrazvučna kupelj, kod ABTS i FRAP metode, dala je najniže prosječne vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta te se pokazala neučinkovitom.

Koncentracija etanola (50 i 80 %) utjecala je na antioksidacijski kapacitet u ultrazvučnoj ekstrakciji sondom i klasičnom tretmanu, prilikom čega je u većini uzoraka bila učinkovitija niža koncentracija etanola (50 %, v/v) uz izuzetak uzorka b2 (FRAP) za koji je utvrđen najviši antioksidacijski kapacitet uz 80 % etanol. Isto tako, vrijeme tretmana značajno je utjecalo na antioksidacijski kapacitet kod ekstrakcije sondom. Najviša vrijednost antioksidacijskog

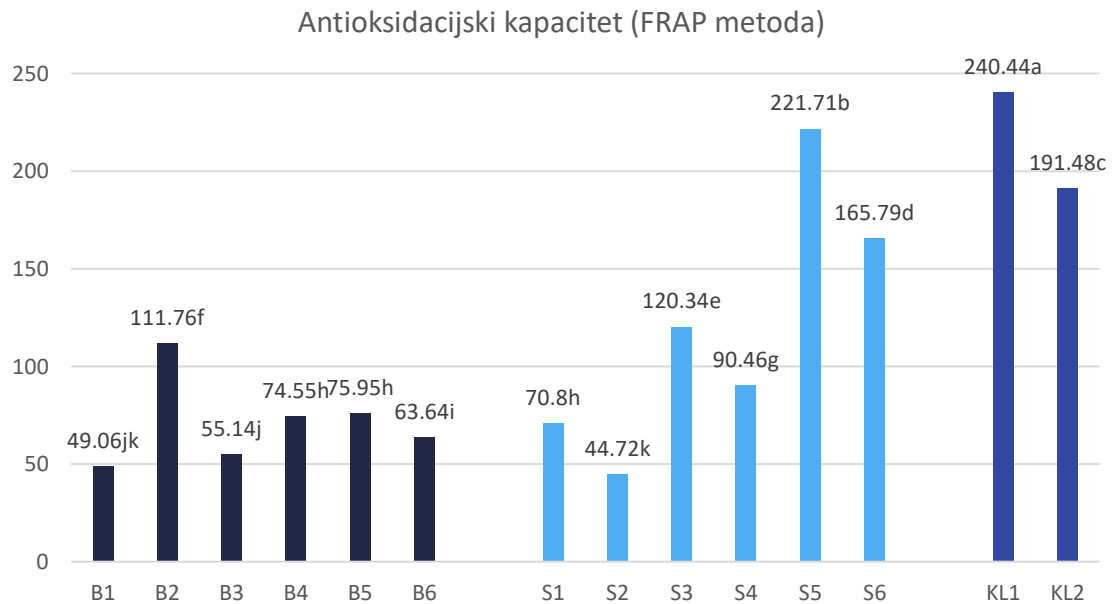
kapaciteta zabilježena je najduljem tretmanu sondom (15 min) uz 50 % etanol, dok valja naglasiti da u istom vremenskom trajanju, ali uz 80 % etanol antioksidacijski kapacitet je bio značajno niži.

Dobiveni rezultati pokazuju da ultrazvučna ekstrakcija pozitivno utječe na antioksidacijski kapacitet ABTS i FRAP metodom (Šic Žlabur i sur., 2015.; Šic Žlabur i sur., 2017.). Međutim, prema drugim literaturnim navodima (Šic Žlabur i sur., 2015.) ukazuje se da ultrazvuk ima viši antioksidacijski kapacitet u odnosu na klasičnu metodu, što u ovom istraživanju nije dokazano jer se viši antioksidacijski kapacitet primjećuje kod primjene klasične metode ekstrakcije.



B1 - 50 % EtOH, 5 min; B2 - 80 % EtOH, 5 min; B3 - 50 % EtOH, 10 min; B4 - 80 % EtOH, 10 min; B5 - 50 % EtOH, 15 min; B6 - 80 % EtOH, 15 min; S1 - 50 % EtOH, 5 min; S2 - 80 % EtOH, 5 min; S3 - 50 % EtOH, 10 min; S4 - 80 % EtOH, 10 min; S5 - 50 % EtOH, 15 min; S6 - 80 % EtOH, 15 min; KL1 - 50 % EtOH, 24 h; KL2 - 80 % EtOH, 24 h

Grafikon 10. Antioksidacijski kapacitet ABTS metodom ($\mu\text{mol TE/L}$) u ekstraktima krumpirove kore tretiranih ultrazvučnom sondom, ultrazvučnom kupelji i klasičnom ekstrakcijom



B1 - 50 % EtOH, 5 min; B2 - 80 % EtOH, 5 min; B3 - 50 % EtOH, 10 min; B4 - 80 % EtOH, 10 min; B5 - 50 % EtOH, 15 min; B6 - 80 % EtOH, 15 min; S1 - 50 % EtOH, 5 min; S2 - 80 % EtOH, 5 min; S3 - 50 % EtOH, 10 min; S4 - 80 % EtOH, 10 min; S5 - 50 % EtOH, 15 min; S6 - 80 % EtOH, 15 min; KL1 - 50 % EtOH, 24 h; KL2 - 80 % EtOH, 24 h

Grafikon 11. Antioksidacijski kapacitet FRAP metodom ($\mu\text{mol TE/L}$) u ekstraktima krumpirove kore tretiranih ultrazvučnom sondom, ultrazvučnom kupelji i klasičnom ekstrakcijom

6. Zaključak

Prema dobivenim rezultatima u ovom istraživanju može se zaključiti sljedeće:

- upotreba ultrazvuka visokog intenziteta pozitivno utječe na istraživane specijalizirane metabolite ekstrakata krumpirove kore. Značajno veće vrijednosti analiziranih vitamina C i ukupnih neflavonoida utvrđene su u uzorcima tretiranim ultrazvukom visokog intenziteta u usporedbi s uzorcima tretiranim klasičnom metodom.
- najviša vrijednost sadržaja vitamina C (4,95 mg/100 g) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom sondom u trajanju od 15 minuta i otapalo 50 % etanol (v/v).
- najviše vrijednosti ukupnih fenola utvrđene su kod uzoraka tretiranih ultrazvučnom sondom i klasično bez statističkih razlika.
- najviša vrijednost ukupnih neflavonoida (32,18 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog ultrazvučnom sondom u trajanju od 15 minuta i otapalo 50 % etanol (v/v).
- najviša vrijednost ukupnih flavonoida (16,39 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđena je kod uzorka tretiranog klasičnom ekstrakcijom i otapalom 50 % etanol (v/v), dok su najniže vrijednosti (0,001 mg GAE/100 g sv.t.) utvrđene kod uzoraka tretiranih ultrazvučnom kupelji i sondom u trajanju od 5 minuta i otapalima 50 % i 80 % etanol.
- kod ultrazvučne ekstrakcije najviše vrijednosti većine analiziranih metabolita ostvarene su u dužem vremenskom tretmanu (15 minuta) te tipu otapala 50 % etanol.

Na kraju može se zaključiti kako je organski ostatak krumpira nutritivno vrijedan nusproizvod, bogat različitim bioaktivnim spojevima. Prema svim zakonskim okvirima, kora od krumpira može se smatrati biootpadom, ali kako pokazuje značajan potencijal za uporabu, zanimljiva je sirovina za daljnju preradu i korištenje te bi se mogla koristiti u izradi različitih proizvoda, a tek onda klasificirati kao biootpad i kao takav zbrinjavati.

Suvremena, neinvazivna zelena metoda ultrazvučno potpomognute ekstrakcije pokazala se učinkovito u izdvajanju bioaktivnih spojeva iz krumpirove kore te bi se u budućnosti mogla sve više koristiti u svrhu uporabe organskog ostatka s ciljem ostvarivanja većih prinosa bioaktivnih spojeva u kratkom vremenskom razdoblju, očuvanja okoliša, smanjenju energije i troškova procesiranja.

7. Popis literature

1. Abid M., Jabbar S., Wu T., Hashim M. M., Hu Bu., Lei S., Zeng X. (2013). Effect of ultrasound of different quality parameters apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5): 1182-1187.
2. Akyol H., Riciputi Y., Capanoglu E., Caboni M. F., Verardo V. (2016). Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *Int. J. Mol. Sci.* 17(6): 835.
1. AOAC (1995). *Official methods of Analysis* (16th ed.). Washington, DC: Association of official Analytical chemists.
2. Bhat R., Kamaruddin N. S. B. C., Min-Tze L., Karim A. A. (2011). Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. 18(6): 1295-1300.
3. Bogucka B., Elżbieta T. (2018). Effect of Nitrogen and Potassium Fertilization on Mineral and Amino Acid Content of Colored Flesh Potato Cultivar Blue Congo. *Journal of Plant Nutrition*. 41, 856-866.
4. Brnčić M., Šic Žlabur J. (2019). Impact of ultrasound on food constituents. *Effect of Emerging Processing Methods on the Food Quality.*: 69-94.
5. Burlingame B., Mouillé B., Charrondière R. (2009). Nutrients, Bioactive Non-Nutrients and Anti-Nutrients in Potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* . 22(6), 494-502.
6. Buturac I., Bolf M. (2000). *Proizvodnja krumpira*. Hrvatski združeni savez, Zagreb.
7. Choi S. H., Kozukue N., Kim H. J., Friedman M. (2016). Analysis of Protein Amino Acids, Non-Protein Amino Acids and Metabolites, Dietary Protein, Glucose, Fructose, Sucrose, Phenolic, and Flavonoid Content and Antioxidative Properties of Potato Tubers, Peels, and Cortexes (Pulps). *Journal of Food Composition and Analysis*. 50, 77-87.
8. Coman V., B. E. Teleky, L. Mitrea, G. A. Mart_au, K. Szabo, L. F. Călinoiu, and D. C. Vodnar. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in food and nutrition research*. 91, 157-225.
9. Čošić Z., Repajić M., Pelaić Z., Pedisić S., Levaj B. (2019). Nutritivna vrijednost krumpira i njegov utjecaj na ljudsko zdravlje. *Glasnik zaštite bilja*. 42(6): 20-28.
10. Drmić H., Režek Jambrak A. (2010). Ultrazvučna ekstrakcija bioaktivnih spojeva. *Croatian journal of food science and technology*. 2(2): 22-33.
11. Fernandes P. A. R., Ferreira S. S., Bastos R., Ferreira I., Cruz M. T., Pinto A., Coelho E., Passos C. P., Coimbra M. A., Cardoso S. M. i Wessel D. F. (2019). Apple Pomace Extract as a Sustainable Food Ingredient. *Antioxidants*. 8(6): 189.
12. Garavand F., S. Rahae, N. Vahedikia, S. M. Jafari. (2019). Different techniques for extraction and micro/nanoencapsulation of saffron bioactive ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 89: 26-44.
13. Gullón B., Eibes G., Moreira M. T., Herrera R., Labidi J., Gullón P. (2018). A Sustainable Resource of Antioxidant Compounds. *Industrial Crops and Products*. 113: 398-405.

14. Herceg Z., Režek Jambrak A., Rimac Brnčić S., Krešić G. (2008). *Procesi konzerviranja hrane: novi postupci*. Zagreb: Golden marketing- Tehnička knjiga. Zagreb.
15. Horvat T., Poljak M., Lazarević B., Svečnjak Z., Slunjski S. (2013). Utjecaj folijarne gnojidbe na sadržaj suhe tvari i koncentraciju mineralnih elemenata u gomolju krumpira. *Glasnik zaštite bilja*. 36(4): 20-27.
16. Hrabovská D., Heldák J., Volnová B. (2013.) Changes in the content of vitamin C in potato tubers depending on variety. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2(1): 2052-2058.
17. Javed A., Ahmad A., Tahir A., Shabbir U., Nouman M., Hameed, A. (2019). Potato peel waste its nutraceutical, industrial and biotechnological applications. *AIMS Agriculture and Food*. 4(3): 807-823.
18. Korunek I., Pajić S. (2007). Agrotehnika proizvodnje merkantilnog krumpira. *Glasnik zaštite bilja*. 30(3): 4-11.
19. Kurek-Górecka A., Rzepecka-Stojko A., Górecki M., Stojko J., Sosada M., Świerczek-Zięba, G. (2014). Structure and Antioxidant Activity of Polyphenols Derived from Propolis. *Molecules*. 19: 78-101.
20. Lachman J., Hamouz K. (2005). Red and purple coloured potatoes as a significant antioxidant source in human nutrition. *Plant, Soil and Environment*. 51(11): 477-482.
21. Leahu A., Damian C., Oroian M., Miculescu V., Ropciuc S. (2013). Variation in content of antioxidant and free radical scavenging activity of basil (*Ocimum basilicum*), dill (*Anethum graveolens*) and parsley (*Petroselinum sativum*). *Journal of Faculty of Food Engineering*. 12(4): 347-353.
22. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2016). *Povrčarstvo, treće dopunjeno izdanje*, Zrinski d.d., Čakovec.
23. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2002). *Povrčarstvo*. Zrinski d.d., Čakovec.
24. Lopes J., Gonçalves I., Nunes C., Teixeira B., Mendes R., Ferreira P., Coimbra M.,A. (2021). Potato Peel Phenolics as Additives for Developing Active Starch-Based Films with Potential to Pack Smoked Fish Fillets. *Food Packaging and Shelf Life*. 28(2): 100644.
25. Martínez-Fernández J.S., Seker A., Davaritouchaee M., Gu X., Chen S. (2021). Recovering Valuable Bioactive Compounds from Potato Peels with Sequential Hydrothermal Extraction. *Waste and biomass valorization*. 12(3): 1465-1481.
26. McWilliams M. (2006). *Nutrition and Dietetics*. Eighth Edition, Pearson Education, Singapore.
27. Miller N. J., Rice-Evans C. A. (1997). Factors Influencing the Antioxidant Activity Determined by the ABTS Radical Cation Assay. *Free Radical Research*. 26(3): 195-199.
28. Miller, D. W. (1975). Irish Catholicism and the Great Famine. *Journal of Social History*. 9(1): 81-98.
29. Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Fedotova L. S., Dergileva T. T. (2021). Evaluation of Potato Tubers of Nevsky Variety and Selection Hybrids by Amino Acid Composition. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 624(1): 012155.

30. Ough C. S., Amerine M. A. (1988). *Methods for analysis of musts and wines*. J. Wiley & Sons. Washington.
31. Parađiković N. (2011). *Osnove proizvodnje povrća*. Katava d.o.o., Osijek.
32. Pevalek-Kozlina B. (2004). *Fiziologija bilja*. Profil, Zagreb.
33. Plan sprječavanja i smanjenja nastajanja otpada od hrane Republike Hrvatske 2019.-2022. NN 61/2019. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_06_61_1169.html
34. Pokluda R. (2013). Selected Nutritional Aspects of Field Grown Root Vegetables in the Czech Republic. *Acta Hort.* 989: 315-322.
35. Pospišil M. (2020). Može li opstati domaća proizvodnja krumpira?. *Gospodarski list.* 3: 20-22.
36. Pospišil, A. (2010). *Ratarstvo I. dio*. Zrinski, Čakovec.
37. Raso J., Manas P., Pagan R., Sala, F. J. (1999). Influence of different factors on the output power transferred into medium by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry.* 5(4): 157-162.
38. Reddy B. J., Mandal R., Chakroborty M., Hijam L., Dutta P. (2018). Review on Potato (*Solanum tuberosum* L.) and its Genetic Diversity. *International Journal of Genetics.* 10(2): 360-364.
39. Rice R. P., Rice L. W., Tindall H. D. (1990). *Fruit and vegetable production in warm climate*. MacMillan, London.
40. Rodríguez-Martínez B., Gullón B., Yáñez R. (2021). Identification and recovery of valuable bioactive compounds from potato peels: A comprehensive review. *Antioxidants.* 10(10): 1-18 .
41. Sagar N. A., S. Pareek, S. Sharma, E. M. Yahia, M. G. Lobo. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 17(3):512-531.
42. Sepelev I., Galoburda R. (2015). Industrial Potato Peel Waste Application in Food Production: A Review. *Research for Rural Development.* 1, 130-136 .
43. Shepherd SJ., Gibson P. R. (2013). Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease. *Journal of Human Nutrition and Dietetics.* 26(4): 349-358.
44. Smirnoff N. (1996). The Function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants. *Annals of Botany.* 78: 661-669.
45. Soquetta M. B., L. d M. Terra, C. P. Bastos. (2018). Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables. *CyTA - Journal of Food.* 16(1): 400-412.
46. Soquetta M. B., Terra L. d M., Bastos C. P., (2018). Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables. *Journal of Food.* 16(1): 400-412.
47. Spooner D. M., Nunez J., Trujillo G., Herrera M. del R., Guzman F., Ghislain, M. (2007). Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major

- reevaluation of their gene pool structure and classification. PNAS. 104(49): 19398-19403.
48. Sulaiman A., Farid M., Silva F. V. (2017). Quality stability and sensory attributes of apple juice processed by thermosonication, pulsed electric field and thermal processing. *Food Science and Technology International*. 23(3): 265-276.
 49. Šic Žlabur J. (2015). Utjecaj bioaktivnih komponenata stevije (*Stevia rebaudiana* Bertoni) na kvalitetu voćnog soka. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
 50. Šic Žlabur J., Dobričević N., Plietić S., Galić A., Bilić D. P., Voća S. (2017). Antioxidant potential of fruit juice with added chokeberry powder (*Aronia melanocarpa*). *Molecules*, 22(12): 2158.
 51. Šic Žlabur J., Voća, S., Dobričević, N. (2016). Kvaliteta voća, povrća i prerađevina - priručnik za vježbe. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
 52. Talley E. A., Toma R. B., Orr P. H. (1983). Composition of Raw and Cooked Potato Peel and Flesh: Amino Acid Content. *Journal of Food Science*48(4): 1360-1361.
 53. USDA United States Department of Agriculture Release 16, NDB Number 11352, 04/01/2019.
 54. Wadhwa M., M. P. S. Bakshi. (2013). Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok, Thailand.
 55. Winch T. (2006). *Growing food: A guide to food production*. Springer Dordrecht.
 56. Wu Z., Xu H., Ma Q., Cao Y., Ma J., Ma C. (2012). Isolation, identification and quantification of unsaturated fatty acids, amides, phenolic compounds and glycoalkaloids from potato peel. *Food Chemistry*. 135(4): 2425-2429 .
 57. Yadav S.K., Srivastava A.K. (2015). A review on agronomical aspects of potato production in north-eastern region of India. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture*. 1(6): 26-34.
 58. Zakon o gospodarenju otpadom. NN 84/2021. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html
 59. Zakon o održivom gospodarenju otpadom. NN 94/2013. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html

Web preglednici:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_potato_production - pristup 7.07.2023.
2. <https://hirc.botanic.hr/fcd/DetaljiFrame.aspx?IdVrste=10275> - pristup 7.07.2023.
3. <https://www.agrovelebit.hr/page/nasi-proizvodi> - pristup 7.08.2023.
4. <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/from-farm-to-fork/> - pristup 12.07.2023.
5. <https://www.eufic.org/en/> - pristup 12.07.2023.
6. https://www.eufic.org/en/food-safety/article/food-waste-in-europe-statistics-and-facts-about-the-problem?gclid=Cj0KCQiAmKiQBhCIARIsAKtSj-m1e7-O8H_5LMQEI%20OVO%20JQcUI7HSQoBVDgH67R4AzeM3ml24KhcJxHTQq4qoaAmSCEALw_wcB - pristup 12.07.2023.
7. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> pristup 9.07.2023.
8. <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021> - pristup 12.07.2023.

Životopis

Ema Pavlović rođena je 14. travnja 1999. godine u Karlovcu. Osnovnu školu završila je u Draganiću, a srednjoškolsko obrazovanje stekla je u Gimnaziji Karlovac gdje je pohađala jezični smjer. Srednju školu završila je 2018. godine te se upisala na Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, studij Agroekologija. Preddiplomski studij završava obranom završnog rada u rujnu 2021. godine na temu „Određivanje količine vode u tlu primjenom senzorne tehnologije“ te stječe naziv Sveučilišna prvostupnica inženjerka agroekologije. Nakon toga nastavlja obrazovanje na Agronomskom fakultetu, diplomski studij Obnovljivi izvori energije u poljoprivredi.

U slobodno vrijeme bavi se plesom u Kulturno umjetničkom društvu „Sv. Juraj“ Draganić, članica je planinarskog društva Osmica Karlovac te je dobitnica brončane diplome Hrvatskog sabora kulture za 13 i više godina neprekidnog bavljenja kulturno umjetničkim amaterizmom. Razumije, govori i piše engleskim i njemačkim jezikom (certifikat Deutsches Sprachdiplom) te poznaje i koristi alate Microsoft Office-a, ARKOD preglednika, Agronet, Hydrus i QGIS aplikacije.