

Identifikacija fitokemijskog profila listova batata (Ipomoea batatas L.)

Lacković, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:204:791943>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-02**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IDENTIFIKACIJA FITOKEMIJSKOG PROFILA LISTOVA BATATA (*IPOMOEA BATATAS* L.)

DIPLOMSKI RAD

Ivana Lacković

Zagreb, rujan, 2024.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

IDENTIFIKACIJA FITOKEMIJSKOG PROFILA LISTOVA BATATA (*IPOMOEA BATATAS* L.)

DIPLOMSKI RAD

Ivana Lacković

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Jana Šic Žlabur

Zagreb, rujan, 2024.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ivana Lacković**, JMBAG 0336041602, rođena 15.12.2000. u Bjelovaru, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

IDENTIFIKACIJA FITOKEMIJSKOG PROFILA LISTOVA BATATA (*IPOMOEA BATATAS L.*)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor 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/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ivane Lacković**, JMBAG 0336041602, naslova

IDENTIFIKACIJA FITOKEMIJSKOG PROFILA LISTOVA BATATA (*IPOMOEA BATATAS L.*)

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Jana Šic Žlabur mentor

2. izv. prof. dr. sc. Sanja Radman član

3. prof. dr. sc. Sandra Voća član

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj istraživanja.....	2
2. Pregled literature	3
2.1. Opis vrste.....	3
2.2. Kemijski sastav batata	7
2.3. Biološka aktivnost batata.....	9
2.4. Primjena batata u prehrambene svrhe.....	11
3. Materijali i metode	12
3.1. Materijali rada.....	12
3.2. Metode rada	14
3.2.3. Određivanje sadržaja ukupnih fenola Folin-Ciocalteu metodom	16
3.2.4. Određivanje ukupnih klorofila	17
3.2.5. Određivanje antioksidativnog kapaciteta ABTS i FRAP metodom	19
3.2.6. Određivanje boje CIELAB metodom	22
3.2.7. Statistička obrada podataka.....	23
4. Rezultati i rasprava.....	24
4.1. Ukupna suha tvar lista batata.....	24
4.2. Bioaktivni spojevi lista batata.....	25
4.3. Fotosintetski pigmentni spojevi lista batata.....	27
4.4. Antioksidacijski kapacitet lista batata	28
4.5. Boja lista batata	29
5. Zaključak.....	32
6. Popis literature.....	33
Životopis.....	36

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ivane Lacković**, naslova

IDENTIFIKACIJA FITOKEMIJSKOG PROFILA LISTOVA BATATA (*IPOMOEA BATATAS* L.)

Batat (*Ipomoea batatas* L.) je već dobro poznata, često korištena i jedna od važnijih povrtnih prehrambenih kultura. Zbog svoje karakteristične nutritivne vrijednosti i bogatog sastava bioaktivnih spojeva sekundarnog zadebljanja korijena, batat osim hranjive vrijednosti ima i brojne funkcionalne, a zbog čega se smatra vrlo vrijednom namirnicom i sa zdravstvenog gledišta. Primarni cilj uzgoja ove vrste je sekundarno zadebljanje korijena koji se najčešće koristi u kulinarstvu i prehrambenoj industriji, no manje je poznato da je nadzemni dio biljke, odnosno list isto tako jestiv, prilikom čega su dokazana i brojna pozitivna djelovanja na ljudsko zdravlje. Proizvođači najčešće nadzemni dio batata nakon vađenja korijena bacaju, koriste za kompost ili kao stočnu hranu usprkos tome što postoji značajan potencijal za dodatno iskorištenje lista batata, prvenstveno kao lisnatog povrća, ali i u pripremi različitih dodataka prehrani, kao na primjer sušeni list koji se može koristiti kao vodeni infuz. Stoga je i cilj ovoga diplomskog rada bio identificirati sadržaj specijaliziranih metabolita lista i utvrditi funkcionalni potencijal lista batata. Za potrebe navedenog, analiziran je list triju sorti batata: bijelog, narančastog i ljubičastog, a prilikom čega je određen sadržaj: ukupne suhe tvari, askorbinske kiseline, ukupnih fenola (flavonoida i neflavonoida), fotosintetskih pigmenata (klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila i ukupnih karotenoida) i antioksidacijski kapacitet. Prema rezultatima istraživanja najveće vrijednosti sadržaja ukupne suhe tvari (16,46 %), askorbinske kiseline (54,86 mg/100 g), ukupnih polifenola (576,20 mg/100 g svježe tvari) i ukupnih flavonoida (284,01 mg/100 g svježe tvari) utvrđene su za list ljubičaste sorte batata. Prema rezultatima sadržaja analiziranih fotosintetskih pigmenata značajno više vrijednosti klorofila a, ukupnih klorofila i ukupnih karotenoida utvrđene su u listu ljubičaste sorte batata (0,99 mg/g; 1,45 mg/g; 0,69 mg/g), dok je najviši sadržaj klorofila b utvrđen u listu bijele (0,45 mg/g) i ljubičaste (0,46 mg/g) sorte batata. Analizom antioksidacijskog kapaciteta listova triju sorti batata, najveće vrijednosti prema FRAP metodi utvrđene su za list bijele i ljubičaste sorte batata. Može se zaključiti da je nadzemni dio batata iznimno vrijedna sirovina koja se ne bi trebala odbacivati već iskoristiti u svježem ili prerađenom obliku zbog bogatstva bioaktivnih spojeva iznimno vrijedne nutritivne vrijednosti.

Gljučne riječi: nadzemni dio, askorbinska kiselina, polifenoli, fotosintetski pigmenti, antioksidacijski kapacitet

Summary

Of the master's thesis – student Ivana Lacković, entitled

IDENTIFICATION OF THE PHYTOCHEMICAL PROFILE OF SWEET POTATO LEAVES (*IPOMOEA BATATAS* L.)

The sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is already well known, widely used and one of the most important plant food crops. Due to its characteristic nutritional value and the rich composition of bioactive compounds of the secondary root thickening, the sweet potato has numerous functional properties in addition to its nutritional value, which is why it is considered a very valuable food from a health point of view. The primary aim of cultivating this species is the secondary thickening of the root, which is most commonly used in the culinary and food industry. However, what is less known is that the above-ground part of the plant, i.e. the leaf, is also edible, where numerous positive effects on human health have been demonstrated. Growers usually discard the above-ground part of the sweet potato after removing the roots, or use it for compost or as animal feed, although there is significant potential for additional use of the sweet potato leaf, mainly as a leafy vegetable, but also for the preparation of various food supplements, such as dried leaves that can be used as a water infusion. The aim of this work was therefore to determine the content of specific leaf metabolites and the functional potential of sweet potato leaves. For this purpose, the leaves of three sweet potato varieties were analyzed: white, purple and orange. The content of total dry matter, ascorbic acid, total phenols (flavonoids and non-flavonoids), photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and total carotenoids) and antioxidant capacity were determined. According to the research results, the highest content of total dry matter (16.46%), ascorbic acid (54.86 mg/100 g fw), total polyphenols (576.20 mg/100 g fw) and total flavonoids (284.01 mg/100 g fw) was determined for a leaf of the purple variety of sweet potato. According to the results of the content of photosynthetic pigments analyzed, significantly higher levels of chlorophyll a, total chlorophyll and total carotenoids were found in the leaves of the purple sweet potato variety (0.99 mg/g; 1.45 mg/g; 0.69 mg/g), while the highest content of chlorophyll b was determined in the leaves of the white (0.45 mg/g) and purple (0.46 mg/g) sweet potato varieties. When analyzing the antioxidant capacity of the leaves of three sweet potato varieties, the highest values were determined using the FRAP method for the leaves of the white and purple sweet potato varieties. It can be concluded that the aerial part of the sweet potato is an extremely valuable raw material that should not be thrown away, but used in fresh or processed form, as it contains a wealth of bioactive compounds with extremely valuable nutritional value.

Key words: above-ground part, ascorbic acid, polyphenols, photosynthesis pigments, antioxidant capacity

1. Uvod

Batat (*Ipomoea batatas* L.) spada u višegodišnje tropske vrste iz porodici slakova (Convolvulaceae). Potječe iz Središnje i Južne Amerike, a smatra se kako su ga uzgajale još Maje i Inke, dok ostatku svijeta postaje poznatiji nakon otkrića Amerike (Cartabiano-Leite i sur. 2020.). Jedan je on najvažnijih prehrambenih kultura svijeta te se u mnogim zemljama u razvoju smatra osnovnom namirnicom. Od svih kontinenata najveći proizvođač batata je Azija s nešto više od 80 % ukupne proizvodnje, zatim slijede Afrika (16 %), Amerika (2,6 %), Oceanija (0,6 %) i Europa (0,1 %). Od zemalja najveći proizvođač je Kina, zatim slijede Indonezija, Vijetnam, Japan, Indija, ali tu su i neke afričke te južno američke zemlje (FAOSTAT 2020.; Hossain i sur. 2022.).

Batat je u svijetu još poznat pod nazivom „*sweet potato*”, što u prijevodu znači slatki krumpir. Zbog tog naziva često ga se povezuje s krumpirom što je netočno jer ne spadaju u istu porodicu (Cartabiano-Leite i sur. 2020.). Uz to, jestivi dio batata nije gomolj već sekundarno zadebljanje korijena biljke, a također u nutritivnom smislu značajno je bogatiji od krumpira, sadrži više dijetalnih vlakana, različite vitamine i minerale, bogat je izvor škroba i aminokiselina, a između ostalog izdvaja se i po sadržaju maltoze, disaharida koji za razliku od drugih šećera ne podiže značajno razinu šećera u krvi pa je ova namirnica pogodna za konzumaciju i dijabetičarima (Lebot 2017.; Kitahara i sur. 2017.; Arisanti i sur. 2023.). U svome sastavu ima male količine proteina i masti. Ima veću energetska vrijednost od krumpira te gotovo dva puta veći sadržaj vitamina C (Ivane i sur. 2024.).

Batat se prvenstveno uzgaja zbog sekundarnog zadebljanja korijena koji se najčešće koristi u jelima, zbog iznimne nutritivne vrijednosti koristi se i za proizvodnju brašna, tjestenina, zaslađenih i alkoholnih pića, prirodnih bojila i slastica. Nadzemni dio biljke, odnosno list većinom je zapostavljeno kada govorimo u svrhu prehrane i prerade osim u nekim dijelovima svijeta gdje su upoznati s prehrambenim vrijednostima lista te ga pripremaju kao salatu, varivo ili na juhu. Još uvijek, list batata se češće koristi kao stočna hrana ili se pak zbrinjava kao otpad (Akinoso i sur. 2022.). S obzirom na nutritivna svojstva i prehrambenu vrijednost list batata mogao bi se konzumirati kao lisnato povrće i biti dio svakodnevnog obroka. Između ostalog, važno je napomenuti kako su prinosi lista značajni, a s obzirom da se berba lista batata može odvijati 3-4 puta godišnje (Bogović i sur. 2013.). Tome u korist ide i podatak da je lišće batata odličan izvor luteina te ga sadrži više i od špinata, brokule, zelene salate i kelja koji se gotovo svakodnevno konzumiraju (Ivane i sur. 2024.).

Kemijski sastav batata uvelike ovisi o boji parenhimskog tkiva, pa tako svjetlije sorte imaju veće koncentracije fenolnih spojeva, žute i narančaste sorte imaju veće razine karotenoida (većinom β -karotena) i fenolnih kiselina, dok ljubičasto obojene sorte imaju iznimno visoke koncentracije antocijana u odnosu na ostale sorte (Laveriano-Santos i sur. 2022.). Batat je zbog svoje nutritivne vrijednosti, ali i bogatog sastava bioaktivnih spojeva svrstan u kategoriju funkcionalne hrane. Bogat je izvor ugljikohidrata, antioksidanta, β -karotena, vitamina B skupine i vitamina C, ali i minerala kao što je kalij, kalcij, magnezij, natrij, fosfor, željezo i cink

(Olubunmi i sur. 2017.). Zbog bioaktivnih spojeva koje sadrži batat (Tang i sur. 2021.) ima širok spektar djelovanja, pa tako može zaštititi organizam od različitih upala, starenja i hipertenzije (Tang i sur. 2021.). Također, batat ima i antimikrobno, antidijabetičko, hepatoprotektivno, antioksidacijsko, antibakterijsko, antikancerogeno i antitumorsko djelovanje (Nguyen i sur. 2021.).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovoga rada bio je identificirati sadržaj specijaliziranih metabolita lista i utvrditi funkcionalni potencijal lista batata.

2. Pregled literature

2.1. Opis vrste

Batat pripada porodici slakova (Convolvulaceae), raste u tropskim i suptropskim krajevima. Smatra se da je podrijetlom iz Središnje i Južne Amerike, a to potvrđuju pronađeni ostaci batata stari i više od 10 000 godina u Peruu. Sve do otkrića Amerike batat nije bio poznat ostatku svijeta, te je zahvaljujući istraživačkim ekspedicijama donesen u Europu, a kasnije kolonizacijom raširen diljem svijeta gdje je većinom postao glavna namirnica u ljudskoj prehrani (Cartabiano-Leite i sur. 2020.).

Batat je višegodišnja zeljasta vrsta koja se razmnožava vegetativnim presadnicama. Stabljike su cilindrične i razgranate, na njihovu duljinu utječu uvjeti uzgoja i vrsta sorte te mogu rasti uspravno ili se širiti po tlu. Tijekom vegetacije može formirati 10-20 vriježa (Bogović 2019.). Boja stabljike može biti crveno-ljubičaste ili zelene boje, ovisno o sorti batata. Listovi su jednostavni, spiralno raspoređeni na uspravnim peteljka. Mogu biti srcolikog, zaobljenog ili trokutastog oblika, a njihova boja varira ovisno o sorti, pa tako listovi mogu biti svjetlije ili tamnije zeleni (Slika 1), tamnocrveni (Slika 2), ljubičasti (Slika 3) te djelomično ili u potpunosti obojane plojke lista. Kod nekih sorti može postojati razlika u boji između mladog i zrelog lišća (Bogović 2019.).



Slika 1. Zeleno obojena plojka lista batata (izvor:

https://t4.ftcdn.net/jpg/06/61/31/03/360_F_661310324_FX5CDKyEY7rsYFp1BNXnuAHcTKIJT6vi.jpg)



Slika 2. Crveno obojena plojka lista batata (izvor: <https://www.lsuagcenter.com/~media/system/3/3/0/b/330bf5cddd6137468ac2bca6862fa8e9/sweet%20potato%20%20sweet%20caroline%20red%20hawk%20ornamental%20jpg.jpg>)



Slika 3. Ljubičasto obojena plojka lista batata (izvor: <https://gardenerspath.com/wp-content/uploads/2020/08/Ornamental-Sweet-Potato-Deep-Purple-Leaves.jpg>)

Cvijet batata (Slika 4) ljevkastog je oblika, sadrži prašnike i tučak. Čaška se sastoji od 5 lapova, a vjenčić od 5 latica i tako tvore oblik lijevka. Boja cvijeta je uglavnom svijetlo ljubičasta, dok kod nekih sorti oni mogu biti i bijele boje (Bogović 2019.).



Slika 4. Cvijet batata (izvor: <https://garden.org/pics/2013-11-02/Rabelch/644383.jpg>)

Korijen batata može biti izduženog ili okruglog oblika, boja mu ovisi o sorti, pa tako pokožica korijena može biti ljubičasta, narančasta, žuta ili crvena, dok parenhimsko tkivo može biti bijele (Slika 5), svijetložute, narančaste (Slika 6), crvene ili ljubičaste (Slika 7) boje (Bogović 2019.).



Slika 5. Bijelo obojeno parenhimsko tkivo batata (izvor: https://www.jungepflanzen.de/media/33/88/fb/1671071542/ipomoea_batatas_erato_white_1.jpg?1712380222)



Slika 6. Narančasto obojeno parenhimsko tkivo batata (izvor: <https://www.shutterstock.com/image-photo/sweet-potato-orange-root-tuber-260nw-1583754157.jpg>)



Slika 7. Ljubičasto obojeno parenhimsko tkivo batata (izvor: <https://bionutriciaextract.com/wp-content/uploads/2023/12/SP-1-400x267.jpg>)

2.2. Kemijski sastav batata

Batat je povrtna vrsta iznimno bogata vitaminima i antioksidansima, također sadrži i značajne količine dijetalnih vlakana te minerala kao što su kalcij, cink, kalij, magnezij, natrij i željezo (Hossain i sur. 2022.). Kemijski sastav batata može varirati ovisno o sorti, a na što značajan utjecaj ima klima, tlo, način uzgoja i ekološki čimbenici. Korijen batata u najvećem postotku čine ugljikohidrati i vlakna, a prisutni su i vitamini A i C, minerali kao što su kalcij, magnezij, fosfor, zatim karotenoidi, antocijani i drugi (Ji i sur. 2015.; Hossain i sur. 2022.). Različita istraživanja dokazala su da je i list batata bitan izvor askorbinske kiseline, tiamina, riboflavina i vitamina B6 (Hossain i sur. 2022.).

Najzastupljeniji sastojci korijena batata su voda i ugljikohidrati. Voda je iznimno bitna zbog izgradnje biljnog tkiva, a njen postotak u korijenu batata varira od 67,1 do 77,9 % (Rautenbach i sur. 2010.). Slični rezultati za korijen dobiveni su i u istraživanju Oliveire i sur. (2019.) koje je provedeno na 10 sorti batata te su se vrijednosti sadržaja vode kretale od 55,89 do 72,28 %.

Ugljikohidrati su drugi po zastupljenosti u sastavu batata (24-26 %), od kojih je najviše škroba, jednostavnih šećera i celuloze (Bogović, 2019.). Škrob je jedan od najvažnijih izvora ugljikohidrata u prehrani, spada u skupinu složenih polisaharida, a najzastupljeniji je u gomoljastom i korjenastom povrću u čiju skupinu spada i batat (Bogović 2019.). Prema istraživanju Hong i sur. (2020.) koje je provedeno na 13 sorti batata dobiveni rezultati za ukupni sadržaj ugljikohidrata su se kretali od 30,13 do 42,64 g/100 g u suhoj tvari korijena. Dok istraživanje koje je provedeno na listu 40 sorti batata pokazalo je da je sadržaj ugljikohidrata u pojedinim sortama čak i viši u odnosu na njegov sadržaj u korijenu, odnosno dobiveni rezultati na listu batata bili su u rasponu od 42,03 do 61,36 g/100 g suhe tvari (Sun i sur. 2014.). Rezultati dobiveni istraživanjem Hossain i sur. (2022.) na 8 sorti lista i uskladištenog korijena batata pokazali su da je postotak škroba viši u korijenu (od 50,45 do 54,53 %) u odnosu na sadržaj utvrđen u listu batata (od 13,40 do 18,64 %).

Batat je prepoznatljiv po svom slatkom okusu, ali unatoč tome ima nizak glikemijski indeks. Tijekom njegovog skladištenja povećava se koncentracija šećera jer dolazi do konverzije škroba u jednostavnije šećere, ali unatoč tome i dalje je pogodan za prehranu dijabetičara i osoba s prekomjernom težinom (Ellong i sur. 2013.). U svježem korijenu batata prosječno je sadržano oko 4,18 g/100 g jednostavnih šećera (Cartabiano-Leite i sur. 2020.). Prema istraživanju Dinu i sur. (2021. a) koje je provedeno na pet sorti batata, sadržaj reducirajućih šećera bio je u rasponu od 1,15 do 7,66 %. U istraživanju koje je provedeno na listu 11 sorti batata, dobiveni rezultati su pokazali da je količina topljivih šećera bila u rasponu od 14,4 do 22,5 g/100 g suhe tvari, dok količina glukoze u rasponu od 2,94 do 7,91 g/100 g suhe tvari (Tang i sur. 2021.).

Kao što je već prethodno navedeno, i korijen i list batata dobar su izvor dijetalnih vlakana. Prema istraživanju Hossain i sur. (2022.) udio dijetalnih vlakana u osam sorti batata bio je u rasponu od 1,74 do 4,81 % za korijen te od 11,57 do 14,54 % za list batata. Analizom lista 13 sorti batata utvrđena je koncentracija dijetalnih vlakana od 37,28 do 41,45 g/100g suhe tvari (Hong i sur. 2020.).

Batat u svome sastavu sadrži vitamine B skupine, ali se smatra i dobrim izvorom askorbinske kiseline, odnosno vitamina C. Prema istraživanju Hong i sur. (2020.) koje je provedeno na listu 13 sorti batata, utvrđena je koncentracija vitamina C u rasponu od 10,78 do 152,95 mg/100 g suhe tvari, zatim koncentracija vitamina B1 od 0,12 do 0,43 mg/100 g suhe tvari, vitamina B2 od 3,7 do 4,56 mg/100 g suhe tvari, te vitamina B3 od 0,56 do 0,58 mg/100 g suhe tvari. Rezultati dobiveni istraživanjem Tang i sur. (2021.) na 11 sorti batata, pokazali su da je lišće batata dobar izvor vitamina C, a navedeni autori utvrdili su sadržaj vitamina C ovisno o sorti od 99 do 511 mg/100 g suhe tvari.

Batat je bogat izvor kalcija i željeza, ali u svome sastavu ima i značajne količine kalija, magnezija, mangana, cinka, natrija, fosfora i bakra (Hong i sur. 2020.). U sastavu korijena batata udio minerala kreće se od 1,03 do 1,39 % (Bogović 2019.). Prema istraživanju Sun i sur. (2014.) najzastupljeniji makroelement u listu batata bio je kalij s prosječnom vrijednosti od 1625,1 mg/100 g suhe tvari, a zatim su ga slijedili fosfor (prosječna vrijednost od 1248,2 mg/100 g suhe tvari), kalcij (prosječna vrijednosti od 744,9 mg/100 g suhe tvari), magnezij (prosječna vrijednosti od 405,2 mg/100 g suhe tvari) i natrij (prosječna vrijednosti od 159,98 mg/100 g suhe tvari). Prema navedenom može se zaključiti da je list batata bogat izvor kalija, iznimno bitnog elementa, koji je neophodan za normalno funkcioniranje svih živih stanica. Dokazano je da prehrana bogata kalijem smanjuje rizik od hipertenzije i moždanog udara (Awol 2014.), dok nedovoljan unos kalija može rezultirati poremećajem elektrolita što može izazvati i veća oboljenja (Sun i sur. 2014.). Prema istraživanju Ayeleso i sur. (2016.) korijen batata u prosjeku sadrži niže količine minerala u odnosu na list, a to potvrđuju i dobiveni rezultati prikazani u Tablici 1.

Tablica 1. Količina minerala u korijenu i listu batata (mg/100 g)

MINERALI	KORIJEN	LIST
Kalcij	30	78
Magnezij	25	70
Fosfor	47	81
Kalij	337	508
Natrij	55	6

(Izvor: Ayeleso i sur. 2016.)

2.3. Biološka aktivnost batata

Prema nutritivnom sastavu batat je dobar izvor spojeva koji ispoljavaju značajnu biološku aktivnost, posebice je bogat sadržajem fenolnih spojeva, glikozida, alkaloida, fitosterola i terpena (Laveriano-Santos i sur. 2022.). Provedena su brojna istraživanja na korijenu i listu batata koja su dokazala povezanost između bioaktivnih spojeva i njihovog djelovanja na ljudsko zdravlje, pa tako batat ima protuupalno, antimikrobno, hepatoprotektivno, antioksidacijsko, antibakterijsko, antikancerogeno i antitumorsko djelovanje (Ivane i sur. 2024.; Nguyen i sur. 2021.).

Zbog svojih bioaktivnih sastojaka i njihovog djelovanja na zdravlje, svoje značajne nutritivne i visoke energetske vrijednosti, niskog glikemijskog indeksa kao i bogatog sadržaja vlakana, vitamina, minerala i antioksidansa batat je svrstan u kategoriju funkcionalne hrane (Ivane i sur. 2024.; Bogović 2019.). Sadržaj fenolnih spojeva nije jednak kod svih sorti batata, a na to može utjecati način uzgoja, vrsta tla, ekološki čimbenici (temperatura, količina padalina), stupanj zrelosti biljke, antropogeni čimbenici i dr. Od fenolnih spojeva u sastavu batata najbrojniji su flavonoidi i to antocijani kod ljubičasto obojenih sorti i fenolne kiseline pretežito kod žuto i narančasto obojenih sorti batata (Laveriano-Santos i sur. 2022.).

Prema istraživanju Padda i Picha (2007.) koje je provedeno na različitim biljnim dijelovima batata u različitim stadijima zrelosti, rezultati su pokazali da list biljke ima značajno veći udio ukupnih fenola u odnosu na korijen. Također su dokazali da sadržaj fenola u listu ovisi o starosti biljke, pa su tako mladi listovi imali i do 4 puta veći sadržaj ukupnih fenola u odnosu na zrelo i staro lišće batata. Prema istraživanju Ooko Abong i sur. (2020.) također je dokazano veće odstupanje u sadržaju ukupnih fenola kod lista u odnosu na korijena batata. Prosječna vrijednost za list iznosila je 5800,26 mg GAE/100 g suhe tvari, dok je za korijen prosječna vrijednost iznosila tek 151,2 mg GAE/100 g suhe tvari.

Flavonoidi se smatraju najzastupljenijim fenolnim spojem u ljudskoj prehrani. Imaju antikancerogeno, protuupalno i antimutageno djelovanje (Nguyen i sur. 2021.). Provedena su različita istraživanja o sastavu flavonoida i njihovoj koncentraciji u batatu te je otkriveno da u svom sastavu sadrži pet različitih flavonoida: kvercetin, miricetin, luteolin, apigenin i kemfero (Bogović 2019.). Prema istraživanju Ooko Abong i sur. (2020.) koje je provedeno na devet sorti narančastog, žutog i bijelog batata, flavonoidi nisu determinirani u korijenu bijele sorti, dok su u listu iste sorte utvrđeni. Najveća koncentracija flavonoida u listu utvrđena je u jednoj od narančastih sorti.

Antocijani su skupina flavonoidnih spojeva te najvažnija skupina biljnih pigmenta koji su topljivi u vodi i koji su zaslužni za crveno, ljubičasto i plavo obojenje plodova, lista i cvijeta (Bogović 2019.). Imaju antioksidativno, antikancerogeno, protuupalno i antimutageno djelovanje (Nguyen i sur. 2021.), te se većinom nalaze u tamnije obojanim sortama batata (Bogović 2019.). Fenolne kiseline spadaju u jednostavne fenole i dijele se na dvije skupine, a to su: hidroksibenzojeve kiseline i hidroksicimetne kiseline (kumarinska, kava i ferulinska kiselina). Najčešći esteri hidroksicimetne kiseline su derivati klorogenske kiseline (Šic Žlabur i sur. 2016.), a koja je i najzastupljenija u korijenu batata (Bogović 2019.). Istraživanja su pokazala da je list batata bogat izvor derivata kafeoilkininske kiseline (CQA) za koju je

dokazano da ima snažno antioksidativno djelovanje i da može pozitivno utjecati na ljudsko zdravlje (Jeng i sur. 2015a.). Uz to, utvrđeno je da derivati kafeoilkininske kiseline mogu imati uspjeha u liječenju komplikacija uzrokovanih nekim oblikom dijabetesa (Jeng i sur. 2015b).

Najrašireniji i najpoznatiji karotenoid u prirodi je β -karoten koji se nalazi u žutom i narančastom voću i povrću, ali zna biti prisutan i kod tamno-zelenih vrsta (Šic Žlabur i sur. 2016.). Karotenoidi su važan izvor vitamina A, imaju antikancerogeno djelovanje i pozitivno djeluju na rad srca (Nguyen i sur. 2021.). Korijen batata sadrži veće količine karotenoida, pogotovo žute i narančaste sorte što je potvrdilo i istraživanje Hussein i sur. (2014.) na različitim sortama batata. Najviše vrijednosti karotenoida imala je narančasta sorta batata (382,22 $\mu\text{g/g}$), dok je najmanje vrijednosti imala bijela sorta batata (111,18 $\mu\text{g/g}$). Također, u istraživanju je promatran utjecaj vremenskog trajanja skladištenja na koncentraciju karotenoida te su rezultati pokazali da se dužim skladištenjem batata njihove vrijednosti značajno smanjuju. Unutar četiri tjedna skladištenja vrijednosti za narančastu sortu su se smanjile sa 382,22 $\mu\text{g/g}$ na 233,18 $\mu\text{g/g}$.

Rezultati dobiveni istraživanjem Tang i sur. (2021.) koje je provedeno na 11 sorti lista batata pokazali su da je i list batata bogat izvor karotenoida (117-237 mg/100 g suhe tvari). Prema Dinu i sur. (2018.) pokazuju da se u plojki lista nalazi više karotenoida (23,80-25,05 mg/100 g svježe mase) nego u peteljci (16,39-16,60 mg/100 g svježe mase). Hong i sur. (2020.) su pak zaključili su da list batata ima kapacitet postati prirodno sredstvo za zaštitu od Sunca. Rezultati su varirali ovisno o sorti, ali najviša vrijednost SPF-a izmjerenog na listu batata iznosila je 24,65. Također, u istraživanju su usporedili i vezu između zaštite od Sunca i antioksidativnog djelovanja te su zaključili da sorte koje imaju jako djelovanje na zaštitu od sunca imaju i visoko antioksidativno djelovanje.

2.4. Primjena batata u prehrambene svrhe

Batat je iznimno zdrava i nutritivno vrijedna namirnica koja bi se trebala više konzumirati u svakodnevnoj prehrani. Kuhanje na pari smatra se najzdravijim oblikom pripreme batata jer na taj način ostane sačuvan nutritivni sastav, a osim kuhanja na pari može se pripremati kao varivo, pire ili peči. Zbog svog slatkog okusa, batat se može koristiti i u pripremi slastica kao što su kremšnite, „brownie”, ali i u raznim biskvitnim kolačima (Truong i sur. 2018.).

Osim korištenja u pripremi jela, sekundarno zadebljanje korijena batata može se koristiti i u prehrambenoj industriji za proizvodnju čipsa, brašna, tjestenina, zaslađenih i alkoholnih pića, prirodnih bojila, pekarskih proizvoda, slastica, ali i za proizvodnju škroba. Škrob se kasnije može koristiti kao dodatak instant juhama ili za proizvodnju škrobnog sirupa. Korijen batat koristi se i u proizvodnji dječje hrane, odnosno kašica uz dodatak nekog drugog voća ili samostalno. Osim što se prerađuje, svježiji korijen batata može se rezati na kocke ili trake i zamrzavati te tako biti dostupan tijekom cijele godine (Truong i sur. 2018.).

Osim sekundarnog zadebljanja korijena, u prehrani se može koristiti i list batata, ali njegovo korištenje je praktički zanemareno. Mladi listovi batata mogu se koristiti kao zamjena zelenom lisnatom povrću jer su iznimno bogati proteinima, vlaknima, vitaminima i mineralima. Između ostalog, važno je napomenuti kako su prinosi lista značajni s obzirom da se berba lista batata može odvijati 3-4 puta godišnje (Bogović i sur. 2013.).

Mladi listovi mogu se koristiti u prehrani u obliku variva, salata i juha, ali se mogu i osušiti te pripremiti kao vodeni infuz, pripravak na bazi čaja. Prema istraživanju Manasathien i Khanema (2022.) koje je provedeno na pet sorti lista batata, proučavali su kako temperatura i vrijeme kuhanja utječu na sastav lista te su zaključili da od pet promatranih sorti njih tri imaju visoke vrijednosti hranjivih tvari, ukupnih fenola i visoko antioksidativno djelovanje. Također, naveli su da žuta boja vodenog infuza upućuje na veće koncentracije luteina u listu batata te da neki pigmentni spojevi (karotenoidi) tijekom sušenja ili fermentacije mogu proizvesti specifičan miris što bi moglo poslužiti kod identifikacije vrste vodenog pripravka (Manasathien i Khanema, 2022.). Prema istraživanju Hong i sur. (2020.) listovi batata bi se mogli koristiti i u kozmetičkoj industriji jer imaju sposobnost prirodne UV zaštite.

Osim što se ponekad koristi u ljudskoj prehrani može se koristiti i kao hrana za stoku, ali većinom se odbacuje i završava kao otpad. Kina kao zemlja koja proizvodi najviše batata godišnje baci i do 5 % ukupnog uroda, a ostatak uroda koristi se kao stočna hrana (51 %) te za ljudsku prehranu (44 %) (Akoetey i sur. 2017.). Prema podacima iz 2011. godine, globalna količina otpada od batata iznosila je 7 % ukupnog uroda. Bitno je naglasiti da se taj otpad ne odnosi samo na lisnu masu već i na ostale nusproizvode koji se dobiju tijekom prerade korijena batata, kao što su kora, obresci, komadići gomolja (Akoetey i sur. 2017.). To dovodi do velikog rasipanja prirodnih resursa koji su iznimno bogate nutritivne vrijednosti te je od velike važnosti istražiti moguću iskoristivost listova batata.

3. Materijali i metode

3.1. Materijali rada

U ovom diplomskom radu analiziran je sadržaj specijaliziranih metabolita svježih listova sorti bijelog (Slika 8), narančastog (Slika 9) i ljubičastog (Slika 10) batata.



Slika 8. Listovi bijele sorte batata



Slika 9. Listovi narančaste sorte batata



Slika 10. Listovi ljubičaste sorte batata

Presadnice batata uzgojene su u grijanom zaštićenom prostoru Zavoda za povrćarstvo. Korijenovi različitih sorti batata stavljeni su na naklijavanje u drvene letvarice u vlažni supstrat, pri čemu su osigurani uvjeti visoke temperature i relativne vlage zraka. Nakon otprilike mjesec i pol dana iz spavajućih pupova korijena potjerali su izbojci (buduće vegetativne presadnice), koji su potom pikirani u polistirenske kontejnere sa 40 lončića. Razvijene presadnice sorti bijelog, narančastog i ljubičastog batata posađene su 3. lipnja 2024. na polietilenski (PE) malč na pokusnom polju pokušališta Maksimir, Zavoda za povrćarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu, s razmakom između biljaka od 120 × 40 cm. Ispod malča postavljen je sustav za navodnjavanje kap po kap. Berba listova obavljena je mjesec dana nakon sadnje, 4. srpnja, u jutarnjim satima, u fazi prije cvatnje. Nakon berbe, listovi su dopremljeni u laboratorij Zavoda za održive tehnologije i obnovljive izvore energije Agronomskog fakulteta u Zagrebu, gdje su odvojeni od peteljki i pripremljeni za provođenje potrebnih kemijskih analiza.

3.2. Metode rada

3.2.1. Određivanje suhe tvari sušenjem na 105 °C

Ukupnu suhu tvar čini cjelokupni sadržaj tvari iz sastava proizvoda, koja ne isparava pod definiranim uvjetima. Sušenjem pri 105 °C određuje se ostatak uzorka nakon sušenja do konstantne mase (AOAC, 1995).

Aparatura i pribor:

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

Postupak određivanja:

U suhu i izvaganu staklenu posudicu s poklopcem stavi se oko 5 g kvarcnog pijeska i stakleni štapić. U izvaganu posudicu s kvarcnim pijeskom stavi se oko 2,5 g pripremljenog uzorka (usitnjenih listova batata), koji se dobro izmiješa staklenim štapićem i sve zajedno izvaže. Staklena posudica u kojoj se nalazi kvarcni pijesak i ispitivana količina uzorka stavi se u laboratorijski sušionik zagrijan na $105 \pm 0,5^\circ\text{C}$ te se zagrijava jedan sat sa skinutim poklopcem. Nakon hlađenja u eksikatoru i vaganja, sušenje se nastavlja sve dok razlika nakon dva uzastopna sušenja u razmaku od pola sata ne bude manja od 0,001 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 (kvarcni pijesak, stakleni štapić, poklopac)

m_1 (g) - masa posudice s ispitivanim uzorkom prije sušenja,

m_2 (g) - masa posudice s ostatkom nakon sušenja.

3.2.2. Određivanje L- askorbinske kiseline (vitamina C)

2,6-diklorindofenol oksidira L-askorbinsku kiselinu u dehidroksiaskorbinsku 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:

- homogenizator,
- analitička vaga,
- odmjerna tikvica volumena 100 mL,
- čaše volumena 100 mL,
- bireta 50 mL

Reagensi:

- 2,6-diklorindofenol

Priprema uzoraka:

Na odmjernu tikvicu od 100 mL postavi se lijevak te se preko njega u tikvicu izvaže 10 g usitnjenih listova batata na tehničkoj vagi. Takav se uzorak kvantitativno prenese u tikvicu pomoću 2 %-tne otopine oksalne kiseline. Odmjerna se tikvica nadopuni do oznake otopinom oksalne kiseline.

Postupak određivanja:

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

Račun:

$$\text{Vitamin C (mg/100g sv. t.)} = \frac{V \times F}{D} \times 100$$

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-diklorindofenola:*

Za određivanje faktora otopine 2,6-diklorindofenola potrebno je napraviti otopinu askorbinske kiseline koja će se titrirati s otopinom 2,6-diklorindofenola. Prema očitom volumenu potrebnog 2,6-diklorindofenola izračuna 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 s otopinom 2,6-diklorindofenola do pojave ružičaste boje koja mora biti postojana. Iz podatka utrošenog volumena otopine 2,6-diklorindofenola potrebnog za titraciju određene mase askorbinske kiseline izračuna se faktor otopine 2,6-diklorindofenola.

3.2.3. Određivanje sadržaja ukupnih fenola Folin-Ciocalteu metodom

Metoda se zasniva na obojenoj reakciji koju fenoli razvijaju s Folin-Ciocalteu reagensom (Ough i Amerine, 1988).

Aparatura i pribor:

- tehnička vaga
- 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 natrijeva karbonata (Na_2CO_3)

Postupak određivanja:

Izrada baždarnog pravca:

Za izradu baždarnog pravca odvagati 500 mL galne kiseline, otopiti u 80 %-tnom etanolu i nadopuniti u odmjerne tikvici do oznake. Od pripremljene otopine galne kiseline pripremiti razrjeđenja u odmjernim tikvicama od 100 mL, tako da se otpipetira redom 0, 1, 2, 3, 5, 10 mL standarda (stock otopina) u svaku tikvicu, a potom tikvica nadopuni do oznake 80 %-tnim etanolom. Koncentracije galne kiseline u tikvicama iznose 0, 50, 100, 150, 250 i 500 mL/L. Iz svake tikvice otpipetirati 0,5 mL uzorka u odmjerne tikvice od 50 mL. Potom u tikvice redom dodati: 30 mL destilirane vode, 2,5 mL Folin-Ciocalteu reagensa (razrijeđenog u omjeru 1:2 destiliranom vodom) i 7,5 mL otopine zasićenog natrijevog karbonata. Sadržaj tikvice dobro izmiješati i nadopuniti destiliranom vodom do oznake. Uzorke ostaviti stajati 2 sata na sobnoj temperaturi. Nakon što su uzorci odstajali izmjeriti apsorbanču otopina pri valnoj duljini od 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu.

Ekstrakcija fenolnih spojeva:

Na tehničkoj vagi odvagati 10 g lista batata s točnošću $\pm 0,01$ i homogenizirati s 40 mL 80 %-tnog etanola. Homogenu smjesu kuhati 10 minuta uz povratno hladilo. Dobiveni ekstrakt filtrirati u odmjernu tikvicu od 100 mL preko naboranog filter papira. Zaostali talog zajedno s filter papirom ponovno prebaciti u tikvicu sa šlifom, dodati 50 mL 80 %-tnog etanola i uz povratno hladilo kuhati još 10 minuta. Dobiveni ekstrakt spojiti s prethodno dobivenim ekstraktom i odmjernu tikvicu nadopuniti do oznake 80 %-tnim etanolom.

U odmjernu tikvicu od 50 mL otpipetirati 0,5 mL ekstrakta i redom dodati 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 dobro izmiješati i nadopuniti destiliranom vodu do oznake. Uzorke ostaviti stajati 2 sata na sobnoj temperaturi. Nakon što su uzorci odstajali izmjeriti apsorbancu otopina pri valnoj duljini 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu.

3.2.4. Određivanje ukupnih klorofila

Poznato je nekoliko validiranih metoda za određivanje klorofila u biljnim uzorcima. U ovom radu klorofilni pigmenti određivani su spektrofotometrijski metodom po Holmu (1954) i Wetsteinu (1957). Cilj ove metode je odrediti koncentraciju kloroplastnih pigmenata (klorofil-a, klorofil-b i ukupnih klorofila a i b) u acetonskom ekstraktu biljnog materijala.

Aparatura i pribor:

- vaga
- laboratorijski homogenizator
- Büchnerov lijevak
- Erlenmeyerova tikvica (300 mL)
- vakuum pumpa na vodeni mlaz
- odmjerna tikvica od 25 mL
- spektrofotometar

Kemikalije:

- aceton (p.a.)
- magnezijev karbonat (MgCO_3)
- kvarcni pijesak

Postupak određivanja:

Postupak ekstrakcije i određivanja pigmenata treba izvoditi brzo, u zamračenim uvjetima. U staklenoj kiveti potrebno je odvagati 0,20 g svježeg, homogeniziranog, lista batata. Na uzorak dodati oko pola žličice kvarcnog pijeska, pola žličice praha MgCO_3 (zbog neutralizacije kiselosti) i 15 mL acetona. Smjesa je homogenizirana laboratorijskim homogenizatorom. Uzorak ekstrahiran acetonom potrebno je filtrirati preko vakuuma. Nakon što se macerat

profiltrira filtrat kvantitativno prenijeti u odmjernu tikvicu od 25 mL, koja se nadopuni do oznake acetonom. Spektrofotometrom očitati apsorbancu u dobivenom filtratu pri valnim duljinama 662, 644 i 440 nm koristeći aceton kao slijepu probu. Dobivene vrijednosti apsorpcije (662A, 644A i 440A) uvrštene su u Holm-Weststtainove jednadžbe za izračunavanje koncentracije pigmenata u mg/dm³:

$$\begin{aligned} \text{klorofil } a &= 9,784 \times A_{662} - 0,990 \times A_{644} [\text{mg/L}] \\ \text{klorofil } b &= 21,426 \times A_{644} - 4,65 \times A_{662} [\text{mg/L}] \\ \text{ukupni klorofili} &= 5,134 \times A_{662} + 20,436 \times A_{644} [\text{mg/L}] \\ \text{ukupni karotenoidi} &= 4,695 \times A_{440} - 0,268 \times \text{uk. klorofili} [\text{mg/L}] \end{aligned}$$

Brojevi u jednadžbama su molarni apsorpcijski koeficijenti po Holmu i Weststteinu. Formula za izračunavanje koncentracije pigmenata na mg/g svježe tvari ploda glasi:

Račun:

$$c \text{ (mg/g)} = \frac{c_1 \times V}{m}$$

Gdje je:

c - masena koncentracija pigmenata izražena u mg/g svježe tvari ploda

c₁ - masena koncentracija pigmenata izražena u mg/L

V - volumen filtrata (odmjerne tikvice) mL

m - masa uzorka izražena u mg

3.2.5. Određivanje antioksidativnog kapaciteta ABTS i FRAP metodom

ABTS metoda

Metoda se temelji na gašenju stabilnog plavo-zelenog radikal-kationa 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonsa kiselina) (ABTS⁺ radikal-kationa) koji se oblikuje bilo kemijskom ili enzimatskom oksidacijom otopine ABTS-a čiji je karakterističan adsorpcijski maksimum pri valnoj duljini od 734 nm. U prisutnosti antioksidansa ABTS kation se reducira u ABTS, s reakcija se očituje obezbojenjem plavo-zelene otopine. Udio uklonjenih ABTS radikala koji „gase“ različiti antioksidansi mjeri se praćenjem smanjenja apsorpcije ABTS radikala te se uspoređuje sa smanjenjem apsorpcije koju uzrokuje dodatak određene količine Troloxa (6-hidroksi-2,5,6,7,8-tetrametilroman-2-karbonska kiselina) pri istim uvjetima (Miller i sur., 1993; Re i sur., 1999.)

Priprema reagensa:

1. dan:

- 140 mM otopine kalijeva persulfata, K₂S₂O₈ (0,1892 g K₂S₂O₈ izvaže se i otopi u 5 mL destilirane vode u odmjerne tikvici od 10 mL),
- 7 mM ABTS otopina (0,0192 g ABTS reagensa otopi se u 5 mL destilirane vode u odmjerne tikvici od 10 mL),
- stabilna ABTS⁺ otopina (88 µL K₂S₂O₈ otopine (140 mM) prenese se u tikvicu u kojoj se nalazi 5 mL otopine ABTS-a. Sadržaj tikvice se dobro promiješa, zatvori, obloži aluminijskom folijom te ostavi stajati 12-16 sati na sobnoj temperaturi. Stajanjem intenzitet plavo-zelene boje se pojačava).

2. dan:

Na dan provođenja svih analiza priprema se 1 %-tna otopina ABTS⁺ (1 mL ABTS⁺ otopine otpipetira se u odmjernu tikvicu od 100 mL i nadopuni 96 %-tnim etanolom do oznake). Nakon toga mjeri se apsorbanca 1 %-tne otopine ABTS⁺ pri 734 nm koja mora iznositi 0,70 ± 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 %-tne otopine ABTS⁺ treba dodati još par kapi stabilne ABTS⁺ otopine. A ako je apsorbanca prevelika onda treba razrijediti otopinu, odnosno u tikvicu od 100 mL dodati još 96 %-tnog etanola.

Priprema uzoraka za analizu:

10 g uzorka, odnosno svježih listova batata, direktno se izvaže u Erlenmeyerovu tikvicu sa šlifom volumena 300 mL i u nju se doda 40 mL 80 %-tnog etanola te se kuha 10 minuta uz povratno hladilo. Nakon kuhanja sadržaj se profiltrira direktno u odmjernu tikvicu od 100 mL. Ostatak taloga zajedno s filter papirom vratiti u Erlenmeyerovu tikvicu, dodati 50 mL etanola i ponovno kuhati 10 minuta uz povratno hladilo. Nakon kuhanja sadržaj Erlenmeyerove tikvice se profiltrira u istu tikvicu od 100 mL, ekstrakti se spoje, ohlade te se odmijerna tikvica od 100

mL nadopuni 80 %-tnim etanolom do oznake. U slučaju prevelike apsorbance ekstrakta je potrebno razrijediti 80 %-tnim etanolom.

Postupak određivanja (spektrofotometrijski):

160 μ L uzoraka pomiješa se s 2 mL 1 %-tne otopine ABTS te se nakon 1 minute mjeri apsorbanca pri 734 nm. Za slijepu probu koristi se 96 %-tni etanol.

Izrada kalibracijskog pravca:

Za izradu kalibracijskog pravca u ATBS metodi koristi se Trolox koji uzrokuje smanjenje boje ABTS⁺ otopine. Točke određene za izradu baždarnog pravca su sljedeće: 0, 100, 200, 400, 1000, 2000 i 2500 mol/dm³. Najprije se pripremi stock otopina i to tako da se u odmjernoj tikvici od 25 mL izvaže 0,0156 Trolox-a, a tikvica se 80 %-tnim etanolom nadopuni do oznake. Iz stock otopine uzimaju se sljedeći volumeni Trolox-a za pripremu daljnjih razrjeđenja koja se pripremaju u odmjernim tikvicama od 25 mL;

- 0 → 0 mL Troloxa (samo EtOH),
- 200 → 0,8 mL
- 400 → 1,6 mL
- 1000 → 4 mL
- 2000 → 8 mL
- 2500 → 10 mL

Nakon pripreme navedenih koncentracija Trolox-a iz svake tikvice u kojoj je navedena koncentracija Trolox-a uzima se 160 μ L otopine Trolox-a i dodaje 2 mL 1 %-tne ABTS⁺ otopine podešene apsorbance ($0,70 \pm 0,02$). Nakon što pomiješamo dodanu koncentraciju Trolox-a i 1 %-tne ABTS⁺ otopine izmjeri se apsorbanca pri 734 nm. I tako za svaku točku koncentracije Trolox-a. Temeljem izmjerenih vrijednosti apsorbance za svaku točku izradi se kalibracijski pravac.

FRAP metoda

Priprema reagensa:

- TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazin) 10 mM
 - odvagati 0,0312 g TPTZ-a u tikvicu od 10 mL i do oznake nadopuniti 40 mM klorovodičnom kiselinom (za koju je potrebno odpipetirati 330 μ L 37 %-tne klorovodične kiseline u odmjernu tikvicu od 100 mL i nadopuniti destiliranom vodom do oznake).
- Željezo (III)-klorid heksahidrat ($\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$) 20 mM
 - odvagati 0,541 g željezo (III)-klorida heksahidrata u odmjernu tikvicu od 100 mL i napuniti destiliranom vodom do oznake
- Acetatni pufer 0,3 M
 - odvagati 3,1 g natrijev acetat trihidrata u tikvicu od 1 L, zatim odpipetirati 16 mL glacijalne octene kiseline, nadopuniti destiliranom vodom do oznake te provjeriti pH pufera \rightarrow 3,6

FRAP reagens (svaki put pripremiti svježi)

u tikvicu/čašu volumena 50 mL pomiješa se 25 mL acetatnog pufera (0,3 M), 2,5 mL TPTZ reagensa, 2,5 mL Fe(III)-klorid heksahidrata u omjeru 10:1:1

Postupak određivanja:

Najprije se napravi slijepa proba koja sadržava sve osim uzorka umjesto kojeg se dodaje otapalo u kojem je uzorak ekstrahiran tj. 80 %-tni etanol:

- 240 μ L destilirane vode
- 80 μ L 80 %-tnog etanol
- 2080 μ L FRAP reagensa

Zatim se termostatira 5 min u vodenoj kupelji na 37 °C.

Priprema reakcija:

U epruvetu se dodaje:

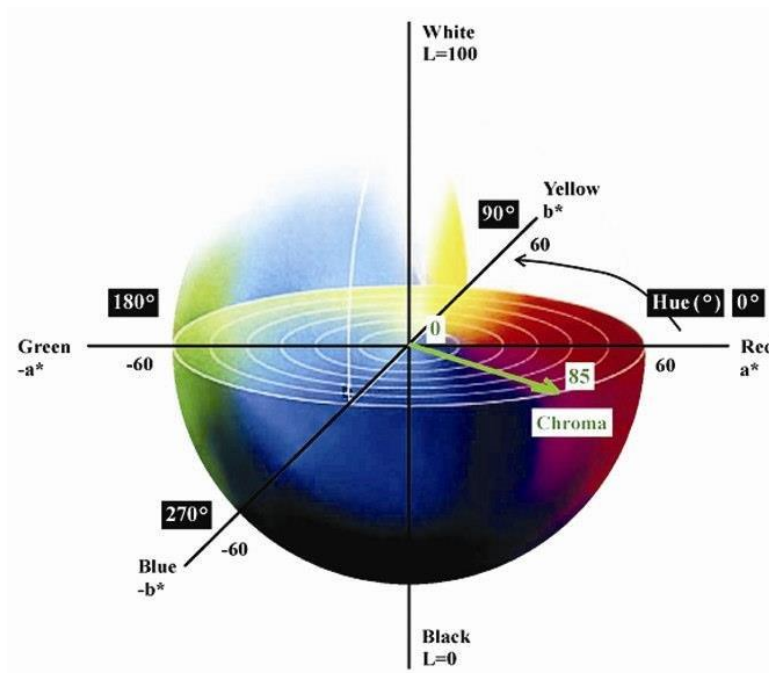
- 240 μ L destilirane vode
- 80 μ L uzorka, odnosno listova batata
- 2080 μ L FRAP reagensa

Smjesa se termostatira 5 minuta u vodenoj kupelji na 37 °C te se zatim mjeri apsorbancija pri 593 nm, u odnosu na slijepu probu. Za izračunavanje koncentracije (u mM željezo(II)-sulfat heptahidrata ($\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$)) 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 potrebe izrade baždarnog pravca koristi se kao vanjski standard Trolox.

3.2.6. Određivanje boje CIELAB metodom

Intenzitet boje utvrđivao se pomoću ColorTec PCM+ kolorimetra, odnosno CIELAB metodom. Ovom metodom se energija iz uzorka pomoću filtera pretvara u psihofizikalnu funkciju, odnosno boju. Kolorimetar je fotolektrični tristimulusni uređaj što znači da se boje na njemu opisuju pomoću tri bročane vrijednosti: L , a^* i b^* .

Vrijednost L označava intenzitet svjetla ili tame. Ako je vrijednost $L = 0$ tada nema refleksije što upućuje na prisutnost crne boje, a ako je $L = 100$ tada se radi o bijeloj boji i refleksija je najveća. Vrijednost a^* označava intenzitet crvene ili zelene boje, stoga negativne vrijednosti ($-a^*$) ukazuju na prisutnost zelene boje, a pozitivne vrijednosti ($+a^*$) ukazuju na prisutnost crvene boje. Vrijednost b^* označava intenzitet žute ili plave boje, stoga negativne vrijednosti ($-b^*$) ukazuju na prisutnost plave boje, a pozitivne vrijednosti ($+b^*$) ukazuju na prisutnost žute boje. Na kromatskom dijagramu (Slika 11) se može očitati H^* vrijednost (vizualni doživljaj, ton boje) i C vrijednost (zasićenost boje) preko očitanih vrijednosti a^* i b^* na Hunterovom kolorimetru.



Slika 11. Kromatski dijagram (izvor:

<https://www.researchgate.net/publication/328675252/figure/fig5/AS:688215195385860@1541094697873/CIE-Lab-L-a-and-b-color-space.jpg>)

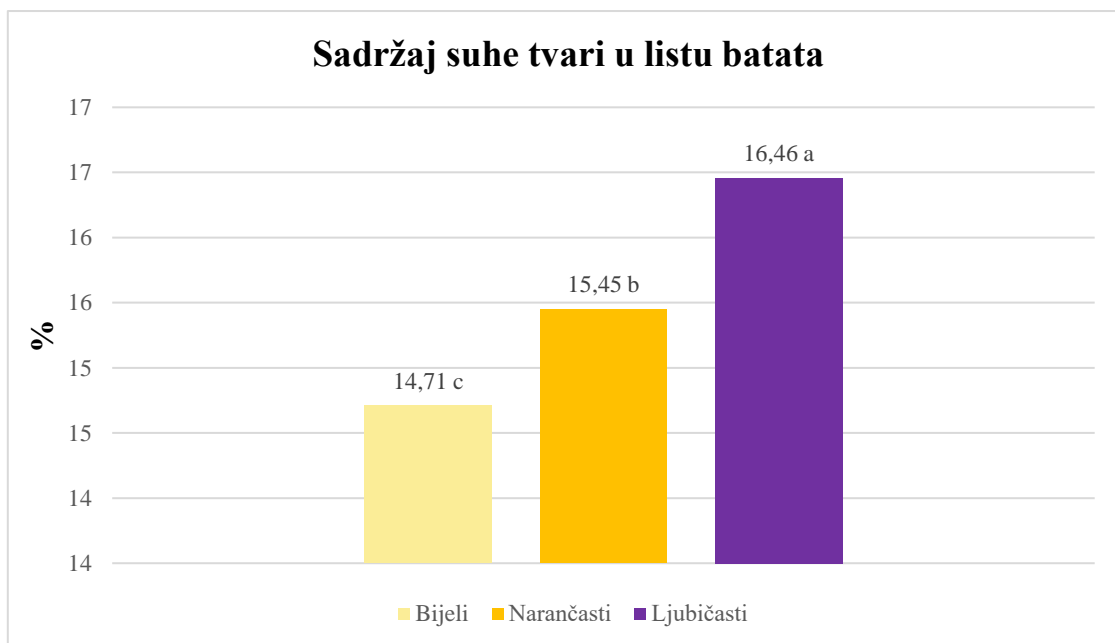
3.2.7. Statistička obrada podataka

Laboratorijske analize rađene su u tri ponavljanja za svaku od navedenih sorti. Statistička obrada podataka provedena je u programskom sustavu SAS. Rezultati svih mjerenih svojstava statistički su obrađeni analizom varijance (ANOVA). Dobivene vrijednosti uspoređene su t-testom (LSD) i smatraju se značajno različitim pri $p \leq 0,0001$ te su dobiveni rezultati prikazani u grafičkom prikazu te su različitim slovima označene grupe uzoraka.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Ukupna suha tvar lista batata

Rezultati sadržaja ukupne suhe tvari lista različitih sorti batata prikazani su u Grafikonu 1. Utvrđena je značajna statistička razlika ($p \leq 0,0001$) između istraživanih sorti batata ovisno o sadržaju ukupne suhe tvari lista. Najviši sadržaj ukupne suhe tvari lista batata zabilježen je kod ljubičaste sorte (16,46 %), dok je kod sorte bijeli batat zabilježen statistički najniži sadržaj ukupne suhe tvari lista (14,71 %). Prosječno je list ljubičaste sorte batata imao 12 % višu vrijednost ukupne suhe tvari u odnosu na list bijele sorte, te otprilike 7 % više u odnosu na list narančaste sorte batata. Autori Dinu i sur. (2018.) određivali su udio suhe tvari lista na dvije sorte batata podrijetlom iz Južne Koreje ('Pumpkin' i 'Chestnut') za koje su utvrđene vrijednosti suhe tvari od 16 % i 18,5 %, slične vrijednostima iz našeg istraživanja. Spomenuti autori također navode da listovi batata u prosjeku imaju viši udio suhe tvari, a time i veći udio hranjivih komponenata u odnosu na neke vrste lisnatog povrća. U istraživanju autora Ooko Abong i sur. (2020.) ukupan sadržaj suhe tvari lista batata bio je u rasponu od 20,05 do 25,53 %, što su značajno više vrijednosti u odnosu na rezultate utvrđene ovim istraživanjem, a čemu razlog može biti sortiment, odnosno genetske karakteristike, zatim način uzgoja, specifične agrotehničke mjere (posebice gnojidba i navodnjavanje) te ekološki čimbenici (Bogović 2019.).

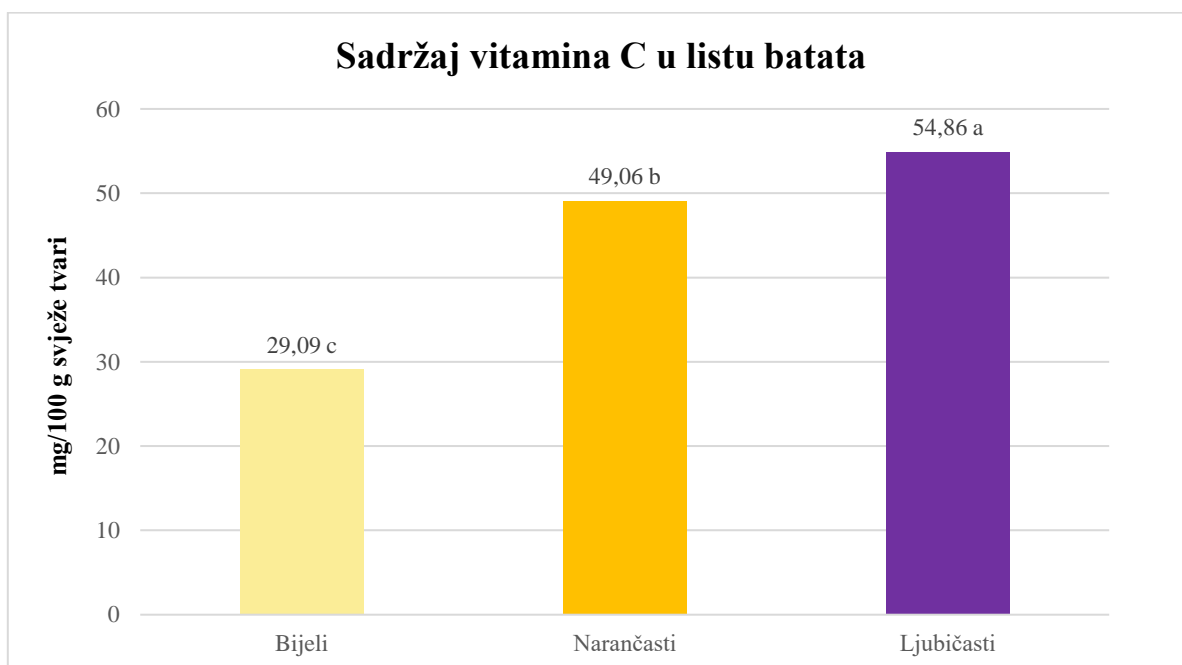


Grafikon 1. Sadržaj ukupne suhe tvari (%) u listu analiziranih sorti batata

4.2. Bioaktivni spojevi lista batata

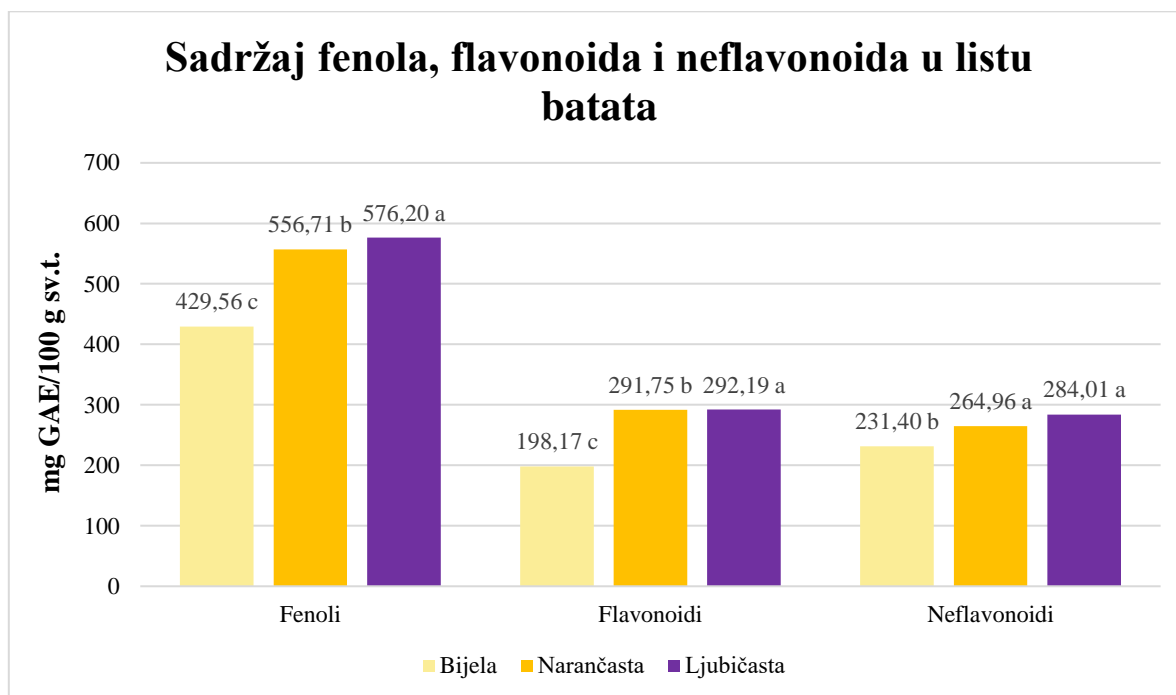
List batata bogat je izvor raznih bioaktivnih spojeva koji imaju širok spektar djelovanja i brojne pozitivne učinke na ljudsko zdravlje. Posebice je bogat vitaminima, mineralima, fenolnim spojevima, klorofilima i drugim. Dobiveni rezultati analiziranih bioaktivnih spojeva u listu različitih sorti batata prikazani su u Grafikonu 2 i 3. Za sve istraživane sorte batata utvrđena je visoko signifikantna statistička razlika ($p \leq 0,0001$) između analizirani bioaktivnih spojeva lista.

Vrijednosti sadržaja askorbinske kiseline (Grafikon 2) lista batata kretale su se u rasponu od 29,09 do 54,86 mg/100 g sv.t., a prilikom čega je najviši sadržaj utvrđen u listu ljubičaste sorte batata, dok najniži u listu bijele sorte (29,09 mg/100 g sv.t.). Naime, u listu ljubičaste sorte batata utvrđen je otprilike 89 % viši sadržaj askorbinske kiseline u odnosu na sadržaj u bijeloj sorti batata te otprilike 12 % viši sadržaj askorbinske kiseline u odnosu na sadržaj u listu narančaste sorte batata. Dobivene vrijednosti askorbinske kiseline u istraživanju Dinu i sur. (2018.) bile su dosta niže (3,56-5,96 mg/100 g svježe tvari) u odnosu na vrijednosti utvrđene ovim istraživanjem. Kako su naveli spomenuti autori, na sadržaj askorbinske kiseline utječu brojni čimbenici, a on je i izravno povezan sa sadržajem klorofila, odnosno stopom fotosinteze, a prilikom čega se mogu očekivati više vrijednosti askorbinske kiseline u tkivima s višim intenzitetom fotosinteze. Nadalje, Islam (2014.) navodi prosječnu vrijednost askorbinske kiseline u listu batata od 7,2 mg/100 g svježe tvari, dok autori Suárez i sur. (2020.) vrijednost vitamina C od 21,9 mg/100 g suhe tvari, a što su sve niže vrijednosti od onih utvrđenim ovim istraživanjem. Prema dobivenim rezultatima, može se zaključiti kako je list batata vrijedan izvor ovog bioaktivnog spoja.



Grafikon 2. Sadržaj vitamina C (mg/100 g svježe tvari) u listu batata bijele, narančaste i ljubičaste sorte

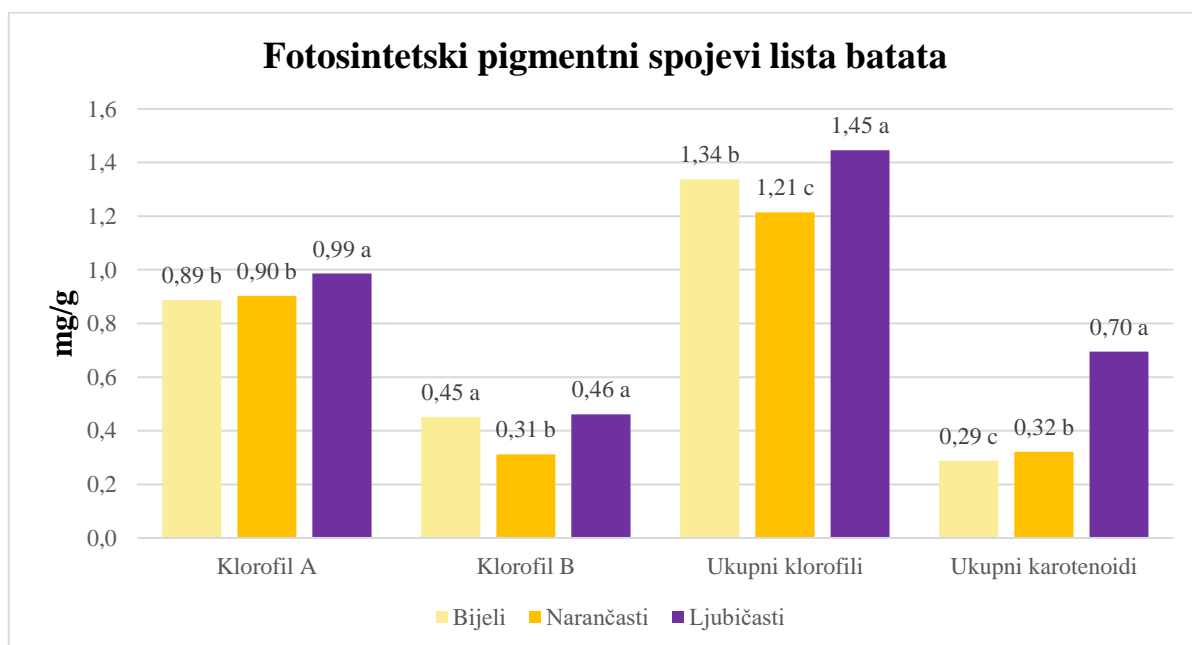
Sadržaj ukupnih fenolnih spojeva analiziranih u listu batata prikazan je u Grafikonu 3. Vrijednosti ukupnih polifenola u listu različitih sorti batata kretale su se od 429,56 do 576,20 mg/100 g svježe tvari, a prilikom čega je najviši sadržaj utvrđen u listu ljubičaste sorte batata, dok najniži u listu bijele sorte. Naime, list ljubičaste sorte batata imao je čak 34 % viši sadržaj polifenola u odnosu na sadržaj u bijeloj sorti te 3,5 % viši sadržaj u odnosu na sadržaj lista narančaste sorte batata. Najviši sadržaj ukupnih flavonoida utvrđen je u listu ljubičaste sorte batata (284,01 mg/100 g svježe tvari), dok najniži u listu bijele sorte (231,40 mg/100 g svježe tvari). Prosječno je list ljubičaste sorte batata imao otprilike 23 % viši sadržaj ukupnih flavonoida u odnosu na sadržaj bijele sorte batata te 7 % viši sadržaj u odnosu na sadržaj u listu narančaste sorte batata. Utvrđene vrijednost sadržaja neflavonoida za analizirane sorte lista batata kretale su se u rasponu od 198,17 do 292,19 mg/100 g svježe tvari. Kao i u prethodnim analizama, list bijele sorte batata imao je niže vrijednosti u odnosu na list narančaste i ljubičaste sorte batata. Dobiveni rezultati sadržaja ukupnih polifenola i ukupnih flavonoida u listu različitih sorti batata utvrđenih u ovom istraživanju poklapaju se s drugim literaturnim navodima (Ghasemzadeh i sur. 2012.; Hue i sur. 2012.; Ojong i sur. 2008.).



Grafikon 3. Sadržaj ukupnih polifenola, flavonoida i neflavonoida u listu batata bijele, narančaste i ljubičaste sorte

4.3. Fotosintetski pigmentni spojevi lista batata

List batata bogat je izvor klorofila te karotenoida (Bogović 2019.). U Grafikonu 4. prikazane su dobivene vrijednosti sadržaja fotosintetskih pigmentnih spojeva u listu različitih sorti batata. Kod istraživanih sorti utvrđene su visoko signifikantne razlike ($p \leq 0,0001$) za pigmente spojeve klorofil a, klorofila b, ukupne klorofile i ukupne karotenoide. Dobivene vrijednosti ukupnih klorofila u listu batata kretale su se u rasponu od 1,214 do 1,446 mg/g. Najviše vrijednosti utvrđene su u listu ljubičaste sorte, dok su najniže vrijednosti utvrđene u listu narančaste sorte batata. Razlika između te dvije vrijednosti iznosi približno 19 %. Dobivene vrijednosti za sadržaj klorofila a u listu batata kretale su se u rasponu od 0,887 mg/g do 0,986 mg/g. Vrijednosti sadržaja klorofila b u listu promatranih sorti batata kretale su se u rasponu od 0,312 do 0,461 mg/g. Najniže vrijednosti utvrđene su u listu narančaste sorte, dok su najviše utvrđene u listu ljubičaste sorte batata, uz razliku od čak 48 %. Vrijednosti sadržaja ukupnih karotenoida za promatrane sorte lista batata kretale su se u rasponu od 0,288 do 0,695 mg/g. Kao i kod prethodnih analiza, najviše vrijednosti utvrđene su kod lista ljubičaste sorte koja je imala čak 2 puta veće vrijednosti od lista narančaste sorte te približno 2,5 puta više vrijednosti od lista bijele sorte batata. Prema istraživanju Haripriya Anand i Byju (2008.) dobivene vrijednosti kod analiziranih listova za ukupni klorofil iznosile su 2,408 i 2,633 mg/g, za klorofil a iznosile su 1,802 i 1,963 mg/g, za klorofil b 0,614 i 0,670 mg/g. Sve vrijednosti su nešto više u odnosu na dobivene rezultate u ovome istraživanju. Prema autorima Dinu i sur. (2018.) dobiveni rezultati za klorofil a u listu batata iznosili su 4,66 i 8,22 mg/100 g svježe tvari te 6,82 i 8,32 mg/100 g svježe tvari za klorofil b. U istome istraživanju analizirani su i ukupni karotenoidi lista gdje su rezultati iznosili 23,80 i 25,05 mg/100 g svježe tvari.

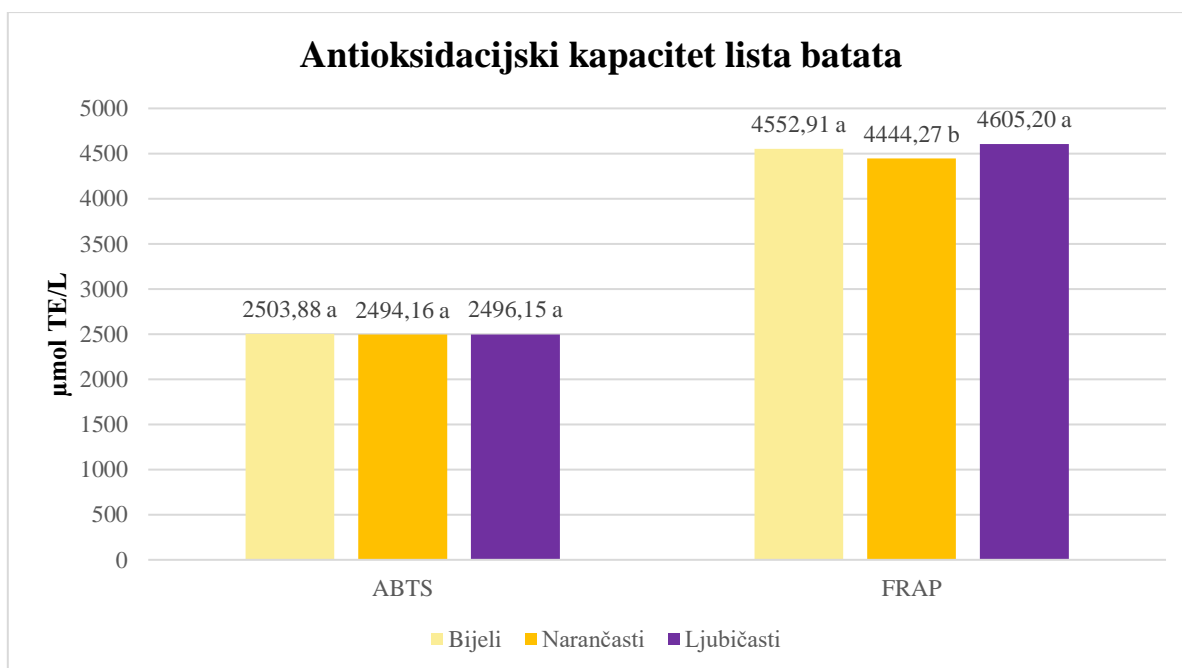


Grafikon 4. Fotosintetski pigmentni spojevi u listu batata

4.4. Antioksidacijski kapacitet lista batata

Određivanjem antioksidativnog kapaciteta utvrđuje se sadržaj svih bioaktivnih spojeva u listu batata. Vrijednosti za antioksidacijski kapacitet lista batata utvrđeni prema ABTS i FRAP metodi prikazani su u Grafikonu 5. Prema ABTS metodi antioksidacijski kapaciteti lista različitih sorti batata nisu se statistički razlikovali, a vrijednosti su bile u rasponu od 2494,16 do 2503,88 $\mu\text{mol TE/L}$. Analizom antioksidacijskog kapaciteta lista batata FRAP metodom značajno više vrijednosti utvrđene su za list bijele (4552,91 $\mu\text{mol TE/L}$) i ljubičaste (4605,20 $\mu\text{mol TE/L}$) sorte batata, a koje se nisu statistički razlikovale, dok su niže vrijednosti utvrđene u listu narančaste sorte batata (4444,27 $\mu\text{mol TE/L}$).

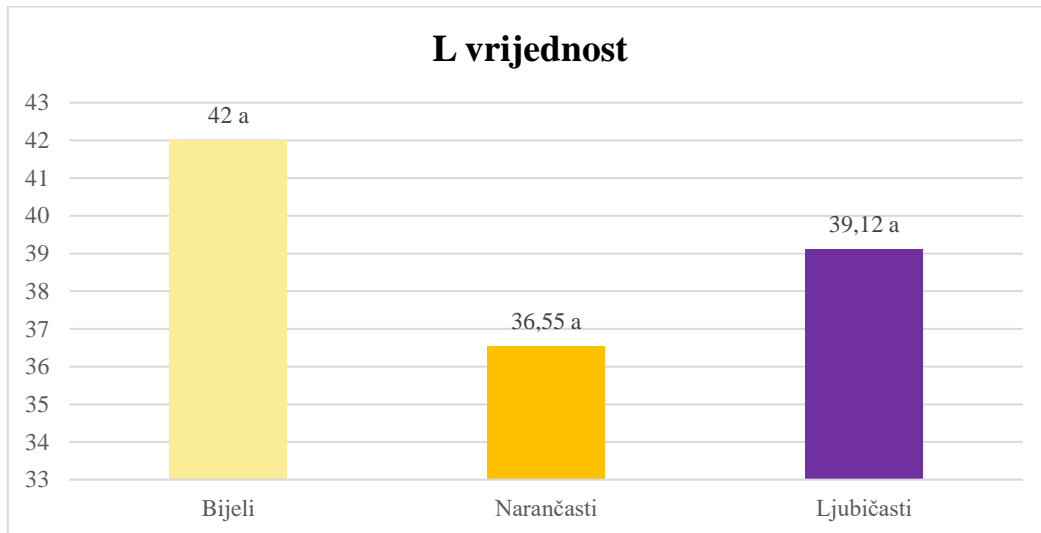
Prema rezultatima istraživanja Suárez i sur. (2020.) koje je provedeno na listu batata ubranom u tri različita perioda, antioksidativni kapacitet dobiven ABTS metodom bio je viši kod kasnije ubranih listova (2. i 3. berba) bez značajnih razlika između njih, dok su FRAP metodom utvrdili razliku između te dvije berbe i potvrdili najnižu antioksidativnu aktivnost u 1. roku berbe. Analizom antioksidativnog kapaciteta FRAP metodom provedenom na 13 sorti lista batata utvrđene vrijednosti bile su više u odnosu na dobivene rezultate ovim istraživanjem (Hong i sur. 2020.). Također, prema istraživanju Dinu i sur. (2021. b) u kojem su autori analizirali antioksidativni kapacitet šest sorti lista batata koristeći ABTS metodu, dobivene vrijednosti bile su više u odnosu na dobivene u ovom istraživanju, dok su se najniže vrijednosti podudarale s dobivenim vrijednostima ovog istraživanja. U istraživanju koje je provedeno na 11 sorti lista batata vrijednosti za antioksidativni kapacitet dobivene FRAP metodom poklapale su se s vrijednostima ovog istraživanja, dok su vrijednosti dobivene ABTS metodom bile dosta više u odnosu na one iz ovog istraživanja (Jia i sur. 2022.).



Grafikon 5. Antioksidacijski kapacitet (ABTS i FRAP metoda) lista različitih sorti batata

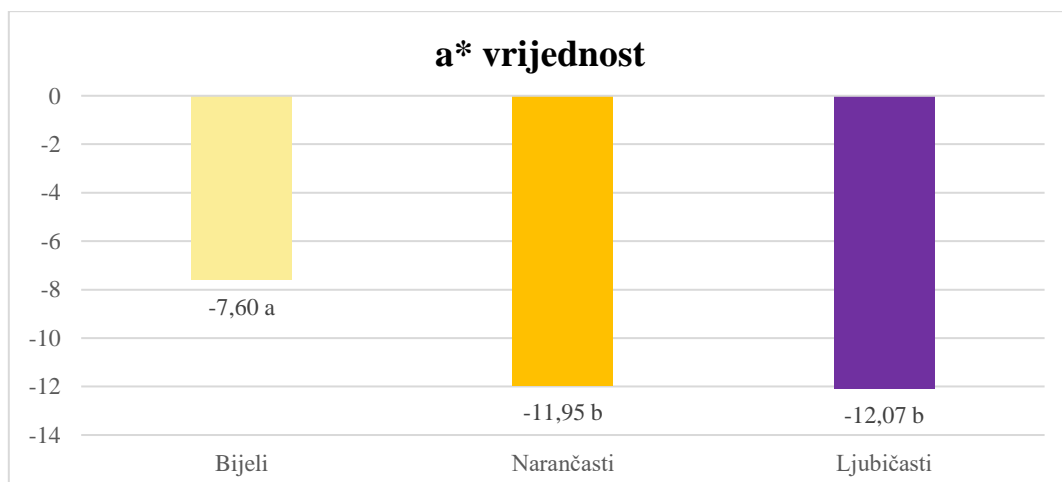
4.5. Boja lista batata

Dobiveni rezultati analize intenziteta boje triju sorti lista batata prikazani su u Grafikonima 6-10. Određivanjem intenziteta L vrijednosti (Grafikon 6.), odnosno svjetla i tame, pokazalo se da najveći intenzitet svijetle boje ima list bijele sorte batata (42), dok je intenzitet tamnije boje zabilježen kod lista narančaste sorte batata (36,55).



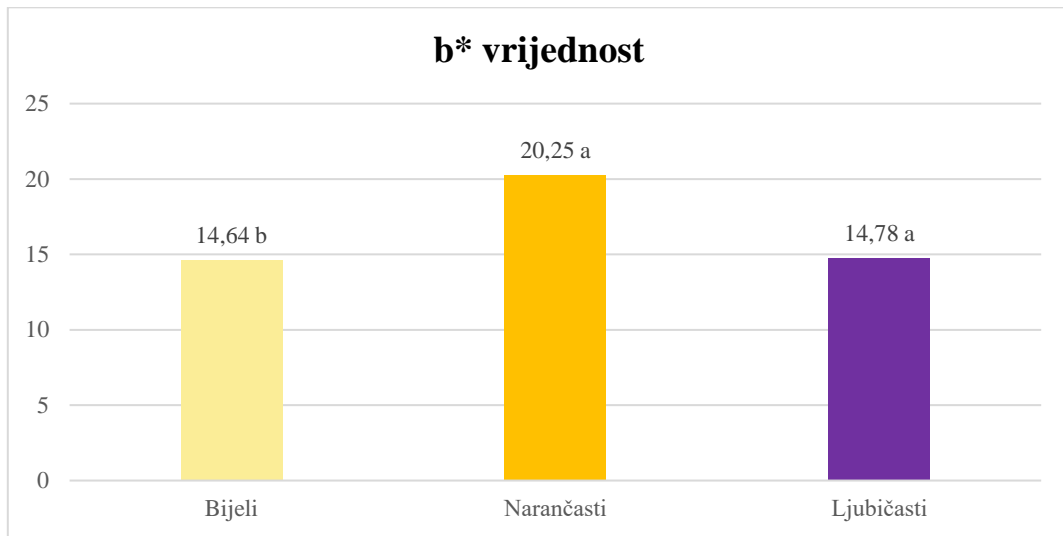
Grafikon 6. L* vrijednosti lista različitih sorti batata

Nadalje, rezultati za prisutnost zelene boje u listu batata (negativne a* vrijednosti) prikazani su u Grafikonu 7. Najviše negativne vrijednosti (veći udio zelene boje) utvrđene su za list ljubičaste sorte batata, dok su značajno niže vrijednosti utvrđene kod lista bijele sorte batata.



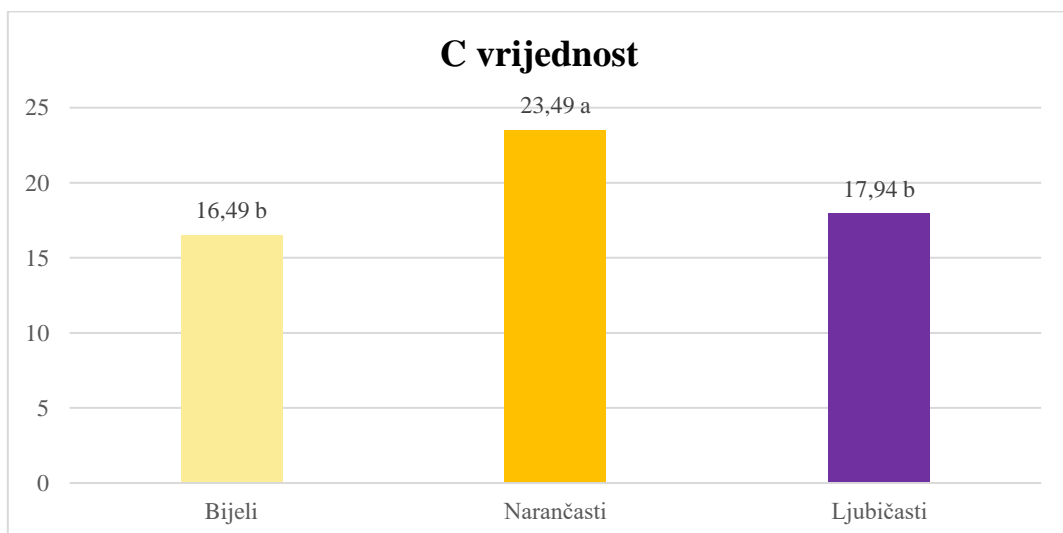
Grafikon 7. a* vrijednosti lista različitih sorti batata

Nasuprot tome, pozitivni rezultati b^* vrijednosti (Grafikon 8) ukazuju na prisutnost žute boje u listu batata. Povećani intenzitet žute boje utvrđen je u listu narančaste sorte lista batata (20,25), dok je nešto manji intenzitet utvrđen u listu bijele sorte lista batata (14,64).

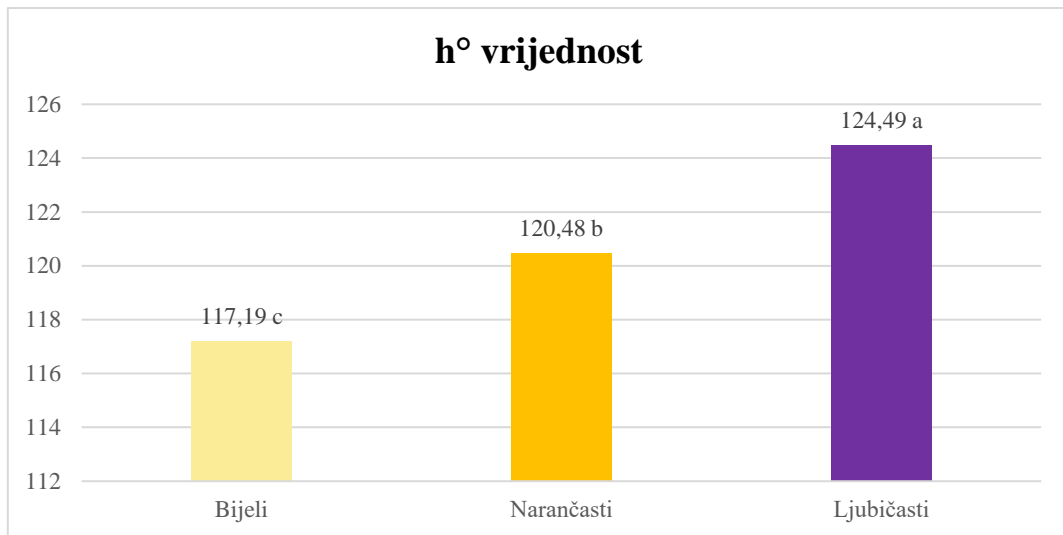


Grafikon 8. b^* vrijednosti lista različitih sorti batata

Uz navedene vrijednosti, određena je još zasićenost (C vrijednost) i vizualni doživljaj boje (h° vrijednosti) (Grafikoni 9 i 10). U listu narančaste sorte batata utvrđene su više vrijednosti (23,49) u odnosu na list bijele i ljubičaste sorte. Dok su za vizualni doživljaj (h° vrijednost) utvrđene signifikantno više vrijednosti u listu ljubičaste sorte batata (124,49) u odnosu na narančastu (120,48) i bijelu sortu (117,19).



Grafikon 9. C vrijednosti lista različitih sorti batata



Grafikon 10. h° vrijednosti analiziranih sorti lista različitih sorti batata

5. Zaključak

Na temelju rezultata dobivenih analizom triju sorti lista batata: bijelog, narančastog, ljubičastog, može se zaključiti sljedeće:

1. Sadržaj ukupne suhe tvari (16,46 %) je bio najviši u listu ljubičastog batata po čemu se može zaključiti kako list ove sorte ima i veći udio hranjivih komponenti u odnosu na list bijelog i narančastog batata.
2. List ljubičastog batata imao je najviše vrijednosti sadržaja vitamina C (54,86 mg/100 g sv.t.), ukupnih fenola (576,20 mg/100 g sv.t.), flavonoida (284,01 mg/100 g sv.t.) i neflavonoida (292,19 mg/100 g sv.t.).
3. Najviši sadržaj fotosintetskih spojeva (klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila, ukupnih karotenoida) utvrđen je u listu ljubičastog batata (0,986 mg/g, 0,461 mg/g, 1,446 mg/g, 0,695 mg/g).
4. Sve tri analizirane sorte lista batata imaju visok antioksidacijski kapacitet. Prema ABTS metodi antioksidacijski kapaciteti lista različitih sorti batata nisu se statistički razlikovali, a vrijednosti su bile u rasponu od 2494,16 do 2503,88 $\mu\text{mol TE/L}$. Dok su analizom antioksidacijskog kapaciteta lista batata FRAP metodom značajno više vrijednosti utvrđene su za list bijele (4552,91 $\mu\text{mol TE/L}$) i ljubičaste (4605,20 $\mu\text{mol TE/L}$) sorte batata, a koje se nisu statistički razlikovale, dok su niže vrijednosti utvrđene u listu narančaste sorte batata (4444,27 $\mu\text{mol TE/L}$).
5. Analizom kromatskih parametara utvrđeno je da je bijela sorta batata imala najsvjetliju boju lista, ljubičasta sorta imala je najveći intenzitet zelene boje u listu, zatim da je povećani intenzitet žute boje utvrđen u listu narančaste sorte, dok je list ljubičaste sorte imao najviše vrijednosti za vizualni doživljaj.

Temeljem svega može se zaključiti da je nadzemni zeleni dio batata, odnosno list, iznimno vrijedna sirovina koja bi se mogla iskoristiti bilo u svježem ili prerađenom obliku, a ne odbacivati, odnosno smatrati otpadom. U današnje vrijeme kada se sve više razmišlja o načinu prehrane i teži prema izbalansiranim i nutritivno vrijednim obrocima, batat, i to njegovo sekundarno zadebljanje korijena, ali i nadzemni dio, list vrijedni su izvori bioaktivnih spojeva, te se mogu smatrati nutritivno vrijednom namirnicom. Buduća istraživanja trebala bi obuhvatiti kemijski sastav listova batata u različitim fazama rasta biljke, s ciljem definiranja optimalne faze berbe listova s najvećim sadržajem bioaktivnih spojeva. Posebno pažnju treba posvetiti fazi vađenja korijena jer vrijeme ubiranja značajno utječe na funkcionalni potencijal listova batata, a što je ključno za njegovu upotrebu kao lisnatog povrća.

6. Popis literature

1. Akinoso R., Lawal A., Raji A., Osifuwa A. (2022). Quality characteristics of sweet potato leaves (*Ipomoea batatas* L.) as influenced by processing and storage conditions. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 14(2): 202-209.
2. Akoetey W., Britain M. M., Morawicki R.O. (2017). Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. *Ciência Rural*, 47(5): e20160610.
3. Arisanti C.I.S., Wirasuta I.M.A.G., Musfiroh I., Ikram E.H.K., Muchtaridi M. (2023). Mechanism of Anti-Diabetic Activity from Sweet Potato (*Ipomoea batatas*): A Systematic Review. *Food*, 12(14): 2810.
4. Awol A. (2014). Phytochemical Screening, Proximate and Mineral Composition of Sweet Potato Leaves Grown in Tepi Provision, South- west of Ethiopia. *Science, Technology and Arts Research Journal Sci*, 3(3): 112-115.
5. Ayeleso T. B., Ramachela K., Mukwevho E. (2017). A review of therapeutic potentials of sweet potato: Pharmacological activities and influence of the cultivar. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(12): 2751-2761.
6. Bogović M. (2019). Učinak sorte i gnojidbe na funkcionalnu vrijednost batata (*Ipomoea batatas* L.). Disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
7. Bogović, M., Belko, D., Božić, Đ., Fabek, S., Toth, N., Novak, B. i Radojčić Redovniković, I. (2013). Utjecaj folijarnog mineralnog gnojiva na sadržaj fenolnih spojeva u listu batata (*Ipomoea batatas* L.). *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 8(1-2): 29-35.
8. Cartabiano-Leite C., Porcu O., de Francisco A. (2020). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) nutritional potential and social relevance: a review. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 10(6): 23-40.
9. Dinu M., Soare R., Băbeanu C., Hoza G. (2018). Analysis of nutritional composition and antioxidant activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf and petiole. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 90: 120-125.
10. Dinu M., Soare R., Băbeanu C., Hoza G., Sima R. (2021a). Nutraceutical value and production of the sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivated in South-West of Romania. *Journal of Central European Agriculture*, 22(2): 285-294.
11. Dinu M., Soare R., Hoza G., Becherescu A. D., Băbeanu C. (2021b). Bioactive compounds content and antioxidant activity in the leaves of some sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* L.). *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 65(1): 415-423.
12. Ellong E. N., Billard C., Adenet S. (2014). Comparison of Physicochemical, Organoleptic and Nutritional Abilities of Eight Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties. *Food and Nutrition Sciences*, 5(2): 196-211.
13. Ghasemzadeh A., Omidvar V., Jaafar H.Z.E. (2012). Polyphenolic content and their antioxidant activity in leaf extract of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(15): 2971-2976.
14. Haripriya Anand M., Byju G. (2008). Chlorophyll meter and leaf colour chart to estimate chlorophyll content, leaf colour, and yield of cassava. *Photosynthetica*, 46(4): 511-516.

15. Hong J., Mu T., Sun H., Richel A., Blecker C. (2020). Valorization of the green waste parts from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): Nutritional, phytochemical composition, and bioactivity evaluation. *Food Sci Nutr*, 8(8): 4086–4097.
16. Hossain M. M., Rahim M. A., Moutosi H. N., Das L. (2022). Evaluation of the growth, storage root yield, proximate composition, and mineral content of colored sweet potato genotypes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8.
17. Hue S.M., Boyce A.N., Somasundram C. (2012). Antioxidant activity, phenolic and flavonoid contents in the leaves of different varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Australijan Journal of Crop Science*, 6(3): 375-380.
18. Hussein S. M., Jaswir I., Jamal P., Othman R. (2014). Carotenoid Stability and Quantity of Different Sweet Potato Flesh Colour over Postharvest Storage Time. *Advances in Environmental Biology*, 8(3): 667-671.
19. Islam S. (2014.) Nutritional and Medicinal Qualities of Sweetpotato Tops and Leaves. University of Arkansas at Pine Bluff.
20. Ivane N. M. A., Wang W., Ma Q., Wang J. (2024). Harnessing the health benefits of purple and yellow-fleshed sweet potatoes: Phytochemical composition, stabilization methods, and industrial utilization- A review. *Food Chemistry: X*, 23.
21. Jeng T. L., Lai C. C., Liao T. C., Lin S. Y., Sung J. M. (2015a). Effects of drying on caffeoylquinic acid derivative content and antioxidant capacity of sweet potato leaves. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23: 701-708.
22. Jeng T. L., Chiang Y. C., Lai C. C., Liao T. C., Lin S. Y., Lin T. C., Sung J. M. (2015b). Sweet potato leaf extract inhibits the simulated in vitro gastrointestinal digestion of native starch. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23: 399-406.
23. Ji H., Zhang H., Li H., Li Y. (2015). Analysis on the Nutrition Composition and Antioxidant Activity of Different Types of Sweet Potato Cultivars. *Food and Nutrition Sciences*, 6(1).
24. Jia R., Tang C., Chen J., Zhang X., Wang Z. (2022). Total Phenolics and Anthocyanins Contents and Antioxidant Activity in Four Different Aerial Parts of Leafy Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). *Molecules* 2022., 27, 3117.
25. Kitahara K., Nakamura Y., Otani M., Hamada T., Nakayachi O., Takahata Y. (2017). Carbohydrate components in sweetpotato storage roots: their diversities and genetic improvement. *Breeding science*, 67(1), 62-72.
26. Laveriano-Santos E.P., López-Yerena A., Jaime-Rodríguez C., González-Coria J., Lamuela-Raventós R.M., Vallverdú-Queralt A., Romanyà J., Pérez M. (2022). Sweet Potato Is Not Simply an Abundant Food Crop: A Comprehensive Review of Its Phytochemical Constituents, Biological Activities, and the Effects of Processing. *Antioxidants*, 11.
27. Lebot V. (2017). Rapid quantitative determination of maltose and total sugars in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. [Lam.]) varieties using HPLC. *Journal of food science and technology*, 54(3): 718-726.
28. Manasathien J. and Khanema P. (2021). Nutrition, Phytochemicals, Antioxidants, Cytotoxicity of Sweet Potato Leaf Tea. *Trends in sciences* 2022., 19(17): 5766.

29. Nguyen H.C., Chen C.C., Lin K.H., Chao P.Y., Lin H.H., Huang M.Y. (2021). Bioactive Compounds, Antioxidants, and Health Benefits of Sweet Potato Leaves. *Molecules*, 26, 1820.
30. Ojong P.B., Njiti V., Guo Z., Gao M., Besong S., Barnes S.L. (2008). Variation of Flavonoid Content Among Sweetpotato Accessions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 133(6): 819–824.
31. Oliveira A., Soares J., Da Silva É., Loubet Filho P., Candido C. J., Amaral L., Dos Santos E., Resende T., Schwarz K., Novello D. (2019). Evaluation of the chemical, physical and nutritional composition and sensory acceptability of different sweet potato cultivars. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(3): 1127-1138.
32. Olubunmi A.A., Abraham I. O., Mojirade L. A., Afolake O. B., Kehinde O. E. (2017). Development, Evaluation and Sensory Quality of Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Lam) Extruded Pasta Products. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 12(1-2): 83-89.
33. Ooko Abong G., Muzhingi T., Okoth M.W., Ng'ang'a F., Ochieng P.E., Mbogo D. M., Malavi D., Akhwale M., Ghimire S. (2020). Phytochemicals in Leaves and Roots of Selected Kenyan Orange Fleshed Sweet potato (OFSP) Varieties. *International Journal of Food Science*.
34. Padda M.S., Picha D.H. (2007). Antioxidant Activity and Phenolic Composition in 'Beauregard' Sweetpotato Are Affected by Root Size and Leaf Age. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(4): 447–451.
35. Rautenbach F., Faber M., Laurie S., Laurie R. (2010). Antioxidant Capacity and Antioxidant Content in Roots of 4 Sweetpotato Varieties. *Journal and Food Science*, 75(5): 400-405.
36. Suárez S., Mu T., Sun H., Añón M.C. (2020). Antioxidant activity, nutritional, and phenolic composition of sweet potato leaves as affected by harvesting period. *International Journal of Food Properties*, 23(1): 178-188.
37. Sun H., Mu T., Xi L., Zhong M., Chen J. (2014). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chemistry*, 156: 380-389.
38. Šic Žlabur J., Voća S., Dobričević N. (2016). Kvaliteta voća, povrća i preradevina-priručnik za vježbe. *Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb*.
39. Tang C.C., Ameen A., Fang B.P., Liao M.H., Chen J.Y., Huang L.F., Zou H.D., Wang Z.Y. (2021). Nutritional composition and health benefits of leaf-vegetable sweet potato in South China. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96.
40. Troung V. D., Avula R. Y., Pecota K. V., Yencho G. C. (2018). Sweetpotato Production, Processing, and Nutritional Quality. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, Volume II*.

Životopis

Ivana Lacković rođena je 15.12.2000. u Bjelovaru. Osnovnu školu pohađa u Bjelovaru, nakon čega 2015. godine upisuje Gimnaziju u Bjelovaru, opći smjer. Fakultetsko obrazovanje započinje 2019. godine na Sveučilištu Sjever u Koprivnici gdje upisuje smjer Prehrambena tehnologija. Na preddiplomskom studije stječe mnoga znanja o radu u laboratoriju i javnom govoru. Sudjeluje u raznim izvannastavnim aktivnostima koje doprinose promidžbi i boljitku fakulteta (Festival znanosti, Dani otvorenih vrata, Tjedan karijera). Smjer završava 2021. godine obranom završnog rada na temu: „Određivanje ukupnih fenola i antioksidacijske aktivnosti u medu iz područja Bjelovarsko-bilogorske županije” te postaje prvostupnica (*baccalaurea*) inženjerka prehrambene tehnologije. Iste godine upisuje diplomski studiji na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, smjer Ekološka poljoprivreda i agroturizam. Uz studiranje sudjeluje u izvannastavnim aktivnostima, kao što je Vrtlarska grupa te sudjeluje na različitim manifestacijama na kojima sudjeluje fakultet (AgroAdvent, Dani očaranosti biljem, Festival znanosti).