

Prinos i sadržaj specijaliziranih metabolita mladih izdanaka aromatičnog bilja

Vrbanić, Mia

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:204:859072>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**PRINOS I SADRŽAJ SPECIJALIZIRANIH METABOLITA
MLADIH IZDANAKA AROMATIČNOG BILJA**

DIPLOMSKI RAD

Mia Vrbanić

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

**Prinos i sadržaj specijaliziranih metabolita
mladih izdanaka aromatičnog bilja**

DIPLOMSKI RAD

Mia Vrbanić

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Sanja Fabek Uher

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Mia Vrbanić**, JMBAG 0178119147, rođena 21.10.1999. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

PRINOS I SADRŽAJ SPECIJALIZIRANIH METABOLITA MLADIH IZDANAKA
AROMATIČNOG BILJA

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 **Mije Vrbanić**, JMBAG 0178119147, naslova

**PRINOS I SADRŽAJ SPECIJALIZIRANIH METABOLITA MLADIH IZDANAKA
AROMATIČNOG BILJA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-------------------------------------|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Sanja Fabek Uher | mentor | _____ |
| 2. | izv. prof. dr. sc. Jana Žic Žlabur | član | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Sanja Radman | član | _____ |

Zahvala

Želim se zahvaliti svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Sanji Fabek Uher na strpljenju, ukazanom povjerenju, smirenosti tijekom pisanja rada i odličnom mentorstvu.

Od sveg srca želim se zahvaliti prije svega prijateljicama, a tek onda kolegicama, s preddiplomskog studija Antoniji, Mili, Vlatki, Ani, Valentini, Heleni i Luciji bez kojih studiranje ne bi bilo zabavno, a možda i završeno. Također, želim se zahvaliti kolegicama s diplomskog studija Ani i Ani koje su isto tako studiranje učinile lakšim i veselijim.

Zahvaljujem se i svojim roditeljima i bratu na svemu omogućenom.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj rada.....	2
2. Pregled literature.....	3
2.1. Mladi izdanci i njihov uzgoj	3
2.2. Nutritivna vrijednost mladih izdanaka	4
2.2.1. Sadržaj suhe tvari, klorofila i karotenoida	4
2.2.2. Sadržaj vitamina C i minerala	5
2.2.3. Specijalizirani metaboliti	6
3. Materijal i metode	8
3.1. Provedba pokusa	8
3.2. Analiza uzoraka.....	16
3.2.1. Analiza suhe tvari, ukupnih klorofila i karotenoida	16
3.2.2. Određivanje vitamina C	18
3.2.3. Određivanje ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida	19
3.2.4. Određivanje antioksidacijskog kapaciteta ABTS metodom.....	22
3.2.5. Statistička obrada podataka	24
4. Rezultati i rasprava	25
4.1. Prinos mladih izdanaka	25
4.2. Sadržaj suhe tvari.....	26
4.3. Sadržaj ukupnih klorofila i karotenoida.....	27
4.4. Sadržaj vitamina C	28
4.5. Ukupni fenoli	30
4.5.1. Flavonoidi i neflavonoidi	32
4.6. Antioksidacijski kapacitet – ABTS metoda.....	33
5. Zaključak	35
6. Popis literature	36
Životopis	40

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Mije Vrbanić**, naslova

PRINOS I SADRŽAJ SPECIJALIZIRANIH METABOLITA MLADIH IZDANAKA AROMATIČNOG BILJA

Microgreens ili mladi izdanci beru se u fazi kotiledona i nepotpuno razvijenih prvih pravih listova 7 do 21 dan nakon sjetve. Smatraju se nutritivno bogatim namirnicama te imaju visok antioksidativni učinak. Cilj rada bio je utvrditi utjecaj tri supstrata (komercijalni supstrat za uzgoj presadnica, mješavina komercijalnog supstrata i kokosovih vlakana, kokosova vlakna) na količinu suhe tvari, ukupnih klorofila i karotenoida, ukupnih fenola, vitamina C i antioksidacijskog kapaciteta mladih izdanaka piskavice (*Trigonella foenum-graecum*), vlasca (*Allium schoenoprasum*), korijandra (*Coriandrum sativum*), dragoljuba (*Tropaeolum majus*) i bosiljka (*Ocimum basilicum*). Najveći prinos mladih izdanaka (2,15 kg/m²) ostvaren je na komercijalnom supstratu. Izdanci dragoljuba, piskavice i korijandra izdvajali su se najvećim sadržajem vitamina C. U mladim izdancima korijandra uzgajanim na kokosovim vlaknima utvrđen je najveći sadržaj suhe tvari (22,48 %). Supstrat je utjecao na količinu ukupnih fenola, kojih je bilo najviše u izdancima uzgojenim na kokosovim vlaknima (234,28 mg GAE/100 g svježe mase), a najmanje u izdancima uzgojenim na komercijalnom supstratu (124,33 mg GAE/100 g svježe mase). Mladi izdanci svih testiranih vrsta bilježe visok antioksidacijski kapacitet koji je varirao između 1928,74 i 2494,58 μmol TE/L.

Ključne riječi: supstrat, ukupni fenoli, vitamin C, suha tvar, antioksidacijski kapacitet

Summary

Of the master's thesis – student **Mia Vrbanić**, entitled

YIELD AND CONTENT OF SPECIALIZED METABOLITES IN THE AROMATIC HERBS MICROGREENS

Microgreens are harvested at the stage of fully developed cotyledons and incompletely developed first pair of leaves. They are considered as nutrient-rich foods and have high antioxidant capacity. The aim of this study is to determine the effect of three substrates (commercial seedling substrate, a mixture of commercial substrate and coconut fiber, coconut fibers) on dry matter, total chlorophyll and carotenoid content, total phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*), chives (*Allium schoenoprasum*), coriander (*Coriandrum sativum*), nasturtium (*Tropaeolum majus*) and basil (*Ocimum basilicum*) microgreens. The highest yield of microgreens (2.15 kg/m²) was obtained on commercial substrate. The highest vitamin C content was obtained in microgreens of nasturtium, fenugreek and coriander. The highest dry matter content (22.48%) was found in coriander microgreens sown on coconut fiber. The substrate affected the total phenolic content, which was the highest on the coconut fiber substrate (234.28 mg GAE /100 g fresh weight) and lowest on the commercial seedling substrate (124.33 mg GAE /100 g fresh weight). The microgreens of all tested species had high antioxidant capacity, ranging from 1928.74 to 2494.58 μmol TE/L.

Keywords: substrate, total phenolics, vitamin C, dry matter, antioxidant capacity

1. Uvod

Današnji svijet karakteriziraju sve brže promjene, ali isto tako i sve brže rastuća populacija. Posljednjih godina ljudi sve veću pažnju pridaju prehrani te sadrži li hrana sve potrebne nutritivne sastavnice važne za ljudski organizam (Xiao i sur., 2016). Tako se kod potrošača javlja trend konzumacije funkcionalne hrane. Funkcionalnom hranom smatraju se namirnice koje uz svoju osnovnu nutritivnu vrijednost djeluju i pozitivno na opće zdravlje ljudi ili sudjeluju u prevenciji i ublažavanju simptoma bolesti srca i krvožilnog sustava, karcinoma, pretilosti i osteoporoze (Tudor Kalit i sur., 2014). Mladi izdanci (eng. *microgreens*) smatraju se funkcionalnom hranom zato što dokazano imaju veću nutritivnu vrijednost u odnosu na ostale faze zrelosti određenih kultura (Bulgari i sur., 2021).

Mladi izdanci povrća, aromatičnog bilja, žitarica te samoniklih i divljih vrsta beru se u fazi kotiledona i nepotpuno razvijenih prvih pravih listova (Treadwell i sur., 2020; Paradiso i sur., 2018; Kyriacou i sur., 2020) najčešće 7 do 21 dan nakon sjetve (Xiao, 2012). Osim što su zanimljivi radi svoje veličine i živih boja (žuta, zelena, crvena, ljubičasta), intenzivnih su okusa (pikantnost, slatkoća, kiselost) te su hrskave teksture. Pojam mladih izdanaka po prvi puta javlja se u kasnim 80-ima prošlog stoljeća u San Franciscu u Kaliforniji kao novitet u kulinarstvu i od tada su sve popularniji (Kyriacou i sur., 2016). Mogu se koristiti kao dekoracija ili kao sastojak u raznim jelima i pićima (Brentlinger, 2005).

Značaj mladih izdanaka jest u njihovoj nutritivnoj i potencijalno bioaktivnoj vrijednosti. Vrste koje se najčešće uzgajaju za upotrebu u fazi mladih izdanaka pripadaju porodicama Brassicaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Amarillydaceae, Amaranthaceae i Cucurbitaceae (Kyriacou i sur., 2016). Dosadašnja istraživanja dokazala su brojne prednosti konzumiranja mladih izdanaka, kod kojih fotosintetska aktivnost stimulira nakupljanje vitamina C, fitokinona i tokoferola. Konzumacija mladih izdanaka u svježem stanju omogućava potpuni unos askorbinske kiseline, tj. vitamina C u odnosu na povrće koje se prije konzumacije termički obrađuje (Ebert, 2022). Sadržaj karotenoida mladih izdanaka najčešće je veći u usporedbi s povrćem koje se upotrebljava u kasnijoj fenološkoj fazi (Ebert, 2022).

Mladi izdanci mogu se jednostavno uzgojiti u zaštićenom prostoru, primjerice u plastenicima, staklenicima ili visokim tunelima te na otvorenom prostoru, ali i u kućanstvima. Također je popularna i hidroponska proizvodnja čiji se uzgoj temelji na hranivim otopinama bez supstrata tehnikom hranivog filma i tehnikom plime i oseke (Opačić i sur., 2018). Mladi izdanci mogu doći na tržište u potpuno svježem stanju do krajnjeg potrošača koji će obaviti berbu, ali se i dalje javlja problem okolišnih uvjeta, logistike i transporta te zadnjeg stadija rasta mladih izdanaka koji imaju rok uporabe 3 do 5 dana (Di Gioia i sur., 2015; Kyriacou i sur., 2016). Najčešće korištene podloge za uzgoj mladih izdanaka su mješavine tresetnog supstrata, no zbog njihove visoke cijene, proizvođači su u potrazi za alternativnim podlogama kao što su pijesak, perlit te kokosova i tekstilna vlakna.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj različitih uzgojnih podloga (komercijalni supstrat za uzgoj presadnica, kokosova vlakna te mješavina supstrata i kokosovih vlakana) na prinos i sadržaj vitamina C, ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida, ukupnih klorofila i karotenoida te antioksidacijskog kapaciteta mladih izdanaka crvenolisnog bosiljka, vlasca, piskavice, dragoljuba i korijandra.

2. Pregled literature

2.1. Mladi izdanci i njihov uzgoj

Mladi izdanci predstavljaju novu kategoriju bilja koje karakteriziraju intenzivniji okus te različita obojenost u usporedbi s klijancima i mladim rezanim lisnatim povrćem (eng. *baby leaf*) (Di Gioia i sur., 2015). Klijance čini mladi izdanak zajedno s korijenom, a sadrže obilje dijetalnih vlakana i biljnih fitokemikalija koje povoljno utječu na ljudsko zdravlje (Aloo i sur., 2021). Klijanci se uzgajaju naklijavanjem sjemena, bez prisutnosti svjetla, a njihov proizvodni ciklus traje samo nekoliko dana. Iz razloga što se konzumiraju sirovi, propisi Europske unije o hrani zahtijevaju da proizvođači klijanaca sjeme za uzgoj nabavljaju od pouzdanih dobavljača kako bi mogućnost kontaminacije bila minimalna, odnosno, kako ne bi došlo do zaraze ili oboljenja ljudi. Sjeme je potrebno ispitati na prisutnost bakterije *Escherichia coli* koja stvara toksin shiga (STEC) i *Salmonelle* spp (ESSA, 2011). Isti propisi vrijede i za uzgoj mladih izdanaka, koji se također konzumiraju u svježem stanju, ali bez korijena (Di Gioia i sur., 2015).

Mladi izdanci imaju nešto duži proizvodni ciklus (dva do tri tjedna) u odnosu na klijance. Dok se klijanci uzgajaju bez prisutnosti svjetla, mladim izdancima potrebna je prirodna ili dopunska svjetlost, ali tek kada sjeme proklija (Di Gioia i sur., 2015). Sjeme klija u mraku, a u kućnom odnosno, hobi uzgoju sjeme se prekiva folijom ili papirnatim ručnicima kako bi se održala optimalna vlažnost i optimalna temperatura tijekom klijanja (Opačić i sur., 2018). Mladi izdanci se mogu uzgajati na raznim supstratima poput komercijalnog supstrata za uzgoj presadnica, jute, pamuka, konopljinih vlakana te kombinaciji supstrata poželjnih fizikalnih i kemijskih svojstava za uzgoj (Di Gioia i sur., 2015). Prema Abad i sur. (2001) supstrat za uzgoj mladih izdanaka trebao bi imati pH između 5,5 i 6,5 te optimalni kapacitet zadržavanja vode od 55 do 70 %. Porozitet treba biti oko 85 % posto od ukupnog volumena, a prozračnost 20 – 30 %. U istraživanju Kyriacou i sur. (2020) za uzgoj korabice, kineske raštike (pak choi) i korijandra kao najbolji supstrat pokazala se tresetna mahovina pri čemu je ostvareni prinos iznosio: 2270 g/m² (korijandar), 3430 g/m² (korabica) i 3160 g/m² (pak choi). Navedeni supstrat imao je pH između 5,3 i 5,7, a klijanje sjemena odvijalo se bez svjetlosti na 24 °C te 100 % relativnu vlažnost zraka (RVZ).

Sjetvena norma varira ovisno o vrsti, masi sjemena, klijavosti i željenoj gustoći sjetve. Prema Di Gioia i sur. (2015) optimalna sjetvena norma mladih izdanaka može varirati od 1 sjemenke/cm², za vrste krupnog sjemena poput graška i suncokreta, do 4 sjemenke/cm² za vrste sitnog sjemena poput vlasca i bosiljka. U istraživanju Kyriacou i sur. (2020) utrošak sjemena po m² iznosio je za korijandar 46 000 sjemenki, za korabicu 60 000 i za pak choi 63 000 sjemenki. Prema Bulgari i sur. (2017) utrošak sjemena za uzgoj rige, bosiljka i blitve iznosio je 45, 48,5 i 242 g/m². Za optimalnu temperaturu uzgoja mladih izdanaka navode 21 do 25 °C, a relativnu vlažnost zraka 50 do 60 %.

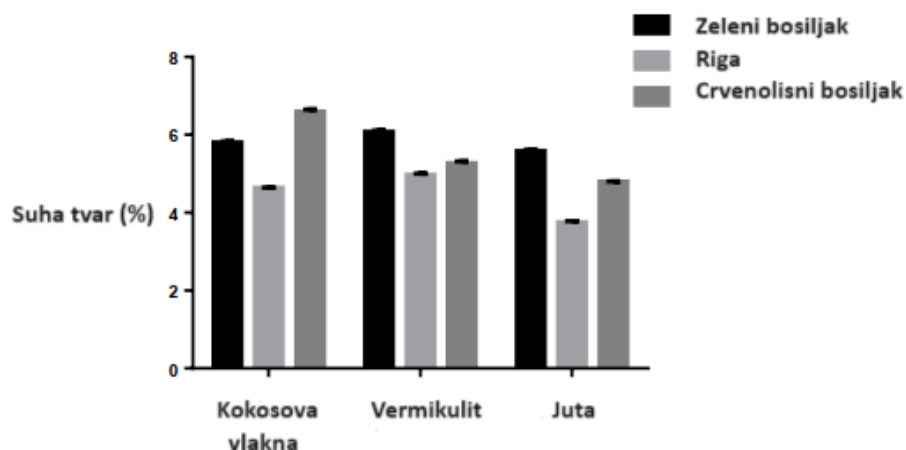
Hidroponski uzgoj mladih izdanaka sve je popularniji zbog učinkovitije uporabe vode i hranivih tvari, a s obzirom da su biljke u kontroliranim uvjetima, njihov vegetacijski period traje kraće, odnosno rast biljaka se ubrzava (Hayden, 2006). U istraživanju Fabek Uher i sur. (2023) proveden je hidroponski uzgoj mladih izdanaka lucerne, crvenog kupusa, žute cikle i komorača. Najveći prinos imali su izdanci crvenog kupusa (2,69 kg/m²), a najmanji prinos izdanci komorača (0,22 kg/m²).

Bulgari i sur. (2017) također su proveli istraživanje hidroponskog uzgoja mladih izdanaka bosiljka, rige i blitve. Sjeme testiranih vrsta naklijavano je na vermikulitu u mraku pri temperaturi 24 °C, a nakon 2 do 3 dana (ovisno o vrsti), naklijale sjemenke su premještene u polietilenske posude koje su sadržavale pet litara Hoaglandove hranive otopine. Električna vodljivost i pH hranive otopine iznosili su 1,12 mS/cm i 5,5. Uzgoj mladih izdanaka je proveden na otvorenome, a minimalna temperatura tijekom uzgoja bila je 9,7 °C, dok je maksimalna bila 43 °C. Blitva je imala najveći prinos izdanaka (1,9 kg/m²), a bosiljak najmanji (oko 1 kg/m²).

2.2. Nutritivna vrijednost mladih izdanaka

2.2.1. Sadržaj suhe tvari, klorofila i karotenoida

Mladi izdanci su tijekom svog rasta izloženi svjetlosti kako bi se povećao sadržaj minerala i ostalih bioaktivnih tvari (Verlinden, 2019). Dosadašnja istraživanja pokazala su značajan utjecaj svjetlosti, temperature i supstrata za uzgoj na sadržaj nutritivnih vrijednosti (Giordano i sur., 2022).



Grafikon 2.2.1.1. Sadržaj suhe tvari (%)

Izvor: Bulgari i sur. (2021)

Bulgari i sur. (2021) istraživali su utjecaj supstrata (kokosova vlakna, vermikulit i juta) na sadržaj prinosa, ukupnih klorofila, fenola, suhe tvari, nitrata mladih izdanaka rige te zelenolisnog i crvenolisnog bosiljka. Izdanci su uzgojeni u posudama koje su sadržavale 2,5

litara Hoaglandove hranive otopine, a unutar njih su postavljene aluminijske posudice manjih dimenzija s 20 grama supstrata i 2 grama sjemena. Uzgojne posude su bile smještene u zatvorenom prostoru s vlagom zraka 60 do 70 % i prosječnom temperaturom zraka 20 °C. Grafikon 2.2.1.1. prikazuje sadržaj suhe tvari mladih izdanaka u navedenom istraživanju pri čemu su mladi izdanci zelenolisnog bosiljka i rige uzgojeni na vermikulitu imali najveći sadržaj suhe tvari (oko 6,1 i 5,9 %), dok su mladi izdanci crvenolisnog bosiljka najveći sadržaj suhe tvari ostvarili uslijed uzgoja na kokosovim vlaknima (5,9 %).

Zelena boja povrća koja potječe od klorofila važna je kao vizualno svojstvo za budućeg kupca proizvoda, ali glavna uloga ovog pigmenta je u procesu fotosinteze. Sadržaj klorofila ovisi o količini svjetlosti kojoj je biljka izložena tijekom uzgoja (Teng i sur., 2022). U istraživanju Bulgari i sur. (2021) supstrat nije značajno utjecao na količinu klorofila i karotenoida mladih izdanaka bosiljka i rige, iako je najveći sadržaj klorofila utvrđen u mladim izdancima zelenolisnog bosiljka na vermikulitu. Pri uzgoju na kokosovim vlaknima mladi izdanci crvenolisnog bosiljka imali su najmanje klorofila, a izdanci rige najveći. Količina karotenoida varirala je ovisno o vrsti, a bila je u rasponu od 33 µg/g SM (crvenolisni bosiljak na juti) do 44 µg/g SM (riga na kokosovim vlaknima). U istraživanju Xiao i sur. (2012) uzgajano je 25 vrsta mladih izdanaka na komercijalnom supstratu, dokazano je da mladi izdanci sadrže više β-karotena u odnosu na zrelo povrće.

U istraživanju Giordano i sur. (2022.) ukupni klorofili (klorofil a i klorofil b) mladih izdanaka vlasca, kima, anisa i kopra varirali su između 0,99 mg/g svježe mase i 1,10 mg/g SM, pri čemu je anis sadržavao najveću koncentraciju ukupnih klorofila, a kopar najmanju.

2.2.2. Sadržaj vitamina C i minerala

Brojni čimbenici tijekom uzgoja izravno utječu na rast biljaka i njihov sadržaj fitonutrijenata i minerala (Weber, 2017). Askorbinska kiselina (AK), odnosno vitamin C je esencijalna bioaktivna fitokemikalija koja se također smatra antioksidansom koji povoljno utječe na ljudski organizam (Bhaswant, 2023). U istraživanju Ghoora i sur. (2020) analiziran je sadržaj vitamina C i E, β-karotena, proteina, dijetalnih vlakana i minerala mladih izdanaka 10 vrsta, među kojima su piskavica, zelenolisni bosiljak, komorač i hibiskus. Sadržaj askorbinske kiseline bio je u rasponu od 52,5 mg/100 g SM (komorač) do 123 mg/100 g SM (hibiskus). Mladi izdanci zelenolisnog bosiljka i piskavice sadržavali su oko 90 mg/100 g SM.

Prema rezultatima istraživanja Ghoora i sur. (2020) može se zaključiti da su mladi izdanci bilja odličan izvor vitamina C. U istraživanju De la Fuente i sur. (2019) analiziran je kemijski sastav mladih izdanaka brokule, kovrčavog kelja, crvene gorušice i rotkvice. Sadržaj askorbinske kiseline u mladim izdancima varirao je između 31 i 56 mg/100 g SM, što osigurava 38 % i 70 % od preporučenog dnevnog unosa vitamina C (De la Fuente, 2019).

Prema Bulgari i sur. (2017) u uzgoju mladih izdanaka rige, blitve i bosiljka, utvrđena je najmanja količina dušika, fosfora i kalija. Najveća količina kalija (92 g/kg suhe tvari (ST)) utvrđena je u izdancima blitve dok su izdanci rige bili najbogatiji kalcijem (18 g/kg ST).

U istraživanju Brlek (2019) ispitivana je nutritivna vrijednost mladih izdanaka suncokreta, graška, cikle, poriluka i brokule na supstratu, mješavini supstrata i perlita te na juti. U tablici 2.2.2.1. prikazane su maksimalne količine kalcija, magnezija, fosfora i kalija u mladim izdancima u istraživanju Brlek (2019). Mladi izdanci svih vrsta imali su najveće količine kalija (K) na supstratu, a najveće količine magnezija (Mg) na juti. Količina fosfora (P) u mladim izdancima varirala je između 58,993 i 113,17 mg P/100 g SM. Najveći udio fosfora imali su mladi izdanci cikle na juti, zatim grašak na mješavini perlita i supstrata te brokula uzgojena na supstratu. Mladi izdanci poriluka na juti ostvarili su najveću količinu kalcija (154,043 mg Ca/100 g SM).

Tablica 2.2.2.1. Maksimalne količine Ca, Mg, K, i P u mladim izdancima brokule, suncokreta, graška, cikle i poriluka (Brlek, 2019)

Mineralne tvari	Brokula	Suncokret	Grašak	Cikla	Poriluk
K (mg K/100 g SM)	168,3	234,077	245,467	384,407	270,273
P (mg P/100 g SM)	70,563	63,763	80,697	113,17	58,993
Mg (mg Mg/100 g SM)	333,967	38,547	18,847	64,253	47,222
Ca (mg Ca/100 g SM)	80,97	49,707	17,31	57,57	154,043

*plava boja – supstrat, crvena boja - supstrat+perlit, zelena boja – juta

2.2.3. Specijalizirani metaboliti

Specijalizirani metaboliti u biljkama prisutni su u znatno manjim količinama u usporedbi s primarnim metabolitima koji su neophodni za rast i razvoj, fotosintezu te disanje, a uključuju ugljikohidrate, proteine, lipide i nukleinske kiseline. Specijalizirani metaboliti uključuju terpene, alkaloidne, glukozinolate te fenole. Predmet su brojnih istraživanja zbog njihovih terapijskih svojstava i antioksidativnog učinka (Høyen, 2017). Fenoli se klasificiraju na temelju broja i rasporeda ugljikovih atoma na flavonoide koji uključuju flavanole, flavone, flavan-3-ole, antocijanide, flavanone, izoflavone i druge, i na neflavonoide koji uključuju fenole kiseline, stilbene, hidroksicinamate i ostale spojeve. Fenoli se nalaze u biljkama vezani sa šećerima i organskim kiselinama (Crozier i sur., 2006). Fenolni antioksidansi pomažu u promicanju metaboličke aktivnosti, sprječavaju oksidacije slobodnih radikala i smanjuju upale (Kumar i Goel, 2019).

U istraživanju Fabek Uher i sur. (2023) u plutajućem hidroponu uzgojene su sljedeće vrste mladih izdanaka: crveni kupus, žuta cikla, komorač i lucerna. U tablici 2.2.3.1. prikazane su

vrijednosti ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida mladih izdanaka u navedenom istraživanju. Najveći sadržaj ukupnih fenola imali su mladi izdanci komorača (408,03 mg GAE/100 g), dok su se mladi izdanci crvenog kupusa izdvajali najmanjim sadržajem fenola (115,31 mg GAE/100 g). Mladi izdanci komorača izdvajali su se najvećim vrijednostima flavonoida (214,47 mg GAE/100 g) i neflavonoida (193,56 mg GAE/100 g). Mladi izdanci lucerne i crvenog kupusa imali su podjednaku količinu flavonoida (oko 60 mg GAE/100 g).

Tablica 2.2.3.1. Količina ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida, (mg GAE/100 g)*

Vrste	Komorač	Žuta cikla	Crveni kupus	Lucerna
Ukupni fenoli	408,03	137,90	115,31	120,16
Flavonoidi	214,47	54,14	64,29	60,11
Neflavonoidi	193,56	83,76	51,02	60,06

*mg ekvivalenata galne kiseline na 100 grama uzorka

Izvor: Fabek Uher i sur. (2023)

3. Materijal i metode

3.1. Provedba pokusa

Istraživanje za potrebe ovog diplomskog rada provodilo se tijekom travnja i svibnja 2023. godine u plasteniku pokušališta Zavoda za povrćarstvo na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Pokus je uključivao uzgoj sljedećih aromatičnih vrsta: korijandra (*Coriandrum sativum* L.), vlasca (*Allium schoenoprasum* L.), piskavice (*Trigonella foenum-graecum*), dragoljuba (*Tropaeolum majus* L.) i crvenoslinog bosiljka (*Ocimum basilicum*). Korišteno je sjeme organskog podrijetla, nabavljeno od tvrtki Remsprout Company—Rem S.R.L. (Italija) te Lokvina d.o.o. (Hrvatska).

Uzgoj mladih izdanaka navedenih pet aromatičnih biljaka proveden je na tri različita supstrata:

1. komercijalni supstrat za presadnice 'Klasman Potgrond H' – mješavina crnog i finog bijelog treseta s vodotopivim gnojivom i mikroelementima
2. kokosova vlakna – usitnjena na manje dijelove
3. mješavina komercijalnog supstrata 'Klasman Potgrond H' i kokosovih vlakana.

Korijandar, vlasac, crvenolisni bosiljak, dragoljub i piskavica uzgajani su u posudama dimenzija 26 x 36 x 6,3 cm (0,094 m²). Pokus je postavljen po metodi slučajnog bloknoeg rasporeda u 3 ponavljanja (slika 3.1.1.).



Slika 3.1.1. Supstrati za uzgoj – 1. komercijalni supstrat za presadnice (S), 2. kokosova vlakna (KV) i 3. mješavina kokosovih vlakana i komercijalnog supstrata (KV + S)
(Foto: M. Vrbančić)

Prije samog stavljanja supstrata u posude, kokosova vlakna trebalo je usitniti na manje dijelove kako bi supstrat za uzgoj bio rahliji te kako bi se ostvarili bolji uvjeti za rast mladih izdanaka (Slika 3.1.2.).



Slika 3.1.2. Priprema supstrata kokosovih vlakana (foto: M. Vrbačić)

Tablica 3.1.1. Utrošak supstrata po uzgojnoj posudi

Supstrat	Omjer (L)
Komercijalni supstrat 'Potgrond H'	3
Kokosova vlakna	4
Supstrat 'Potgrond H' + kokosova vlakna	1:2

Utrošak sjemena po uzgojnoj posudi prikazan je u tablici 3.1.2. Korijandar, vlasac i dragoljub sijani su 11. travnja, a crvenolisni bosiljak i piskavica 14. travnja. Nakon sjetve sjemena u posude s testiranim supstratima, posude su prekrivene papirnatim ručnicima koji su obilno poprskani vodom i prekrivene poklopcima (slika 3.1.3) kako bi se naklijavanje provelo bez svjetlosti, uz održavanje odgovarajuće vlage. Nakon tjedan dana od sjetve, poklopci su uklonjeni te su uzgojne posude postavljene na stolove za uzgoj u plasteniku, a svakodnevno je provedeno prskanje vodom.

Tablica 3.1.2. Utrošak sjemena aromatičnog bilja u istraživanju

Vrsta	Količina sjemena (g)	Utrošak (g/m ²)
Korijandar	40	425
Vlasac	30	319
Crvenolisni bosiljak	30	319
Dragoljub	63	670
Piskavica	65	691



Slika 3.1.3. Gustoća sjetve vlasca i prekrivanje uzgojnih posuda papirnatim ručnicima
(foto: M. Vrbanić)

Razvoj mladih izdanaka prikazan je na slikama 3.1.4. i 3.1.5., a u tablici 3.1.3. prikazana je dužina vegetacije s obzirom na testirane kombinacije supstrata i vrste.

Tablica 3.1.3. Dužina vegetacije za istraživane vrste, s obzirom na testirane supstrate

Vegetacijski period	12 dana	15 dana	18 dana	20 dana	21 dan	23 dana
Vrste						
K		S, S + KV			KV	
D		S, S + KV				KV
V				S + KV	S	
B			S, S + KV	KV		
P	S, S + KV		KV			

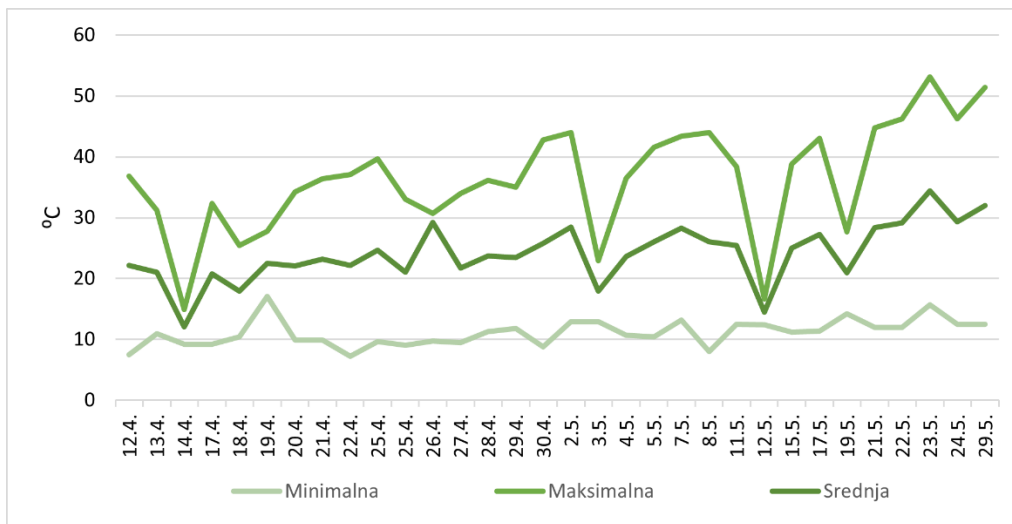


Slika 3.1.4. Dragoljub (S) 6 dana nakon sjetve (1) i dragoljub (S) 9 dana nakon sjetve (2) (foto: M. Vrbanić)

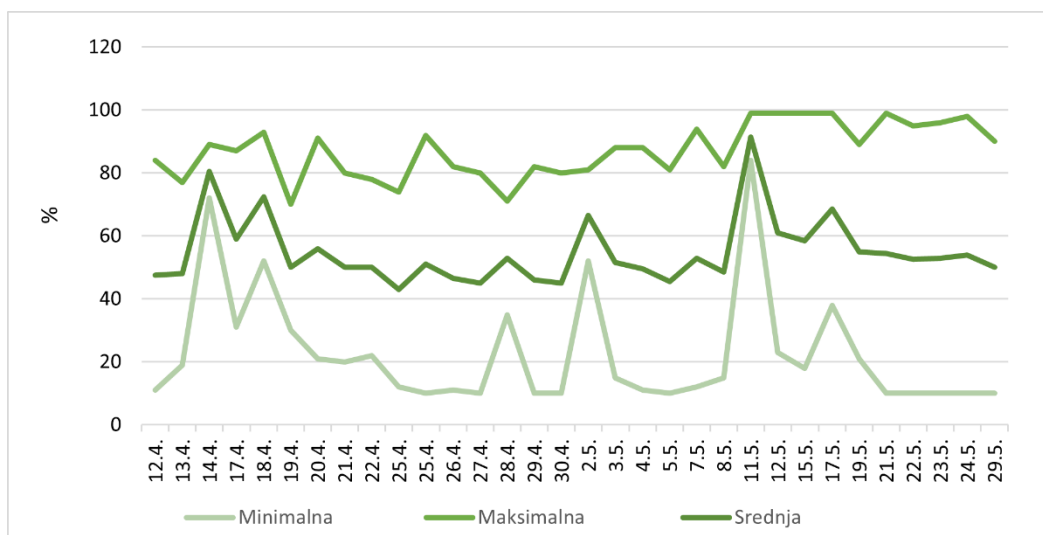


Slika 3.1.5. Dragoljub 13 dana nakon sjetve (S) (foto: M. Vrbanić)

Tijekom uzgoja mladih izdanaka kontinuirano su mjerene maksimalna i minimalna dnevna temperatura zraka u plasteniku, na temelju kojih je izračunata srednja dnevna temperatura zraka. Iz grafikona 3.1.1. vidljivo je variranje minimalne dnevne temperature od 7,2 (22. travnja) do 17,1°C (19. travnja), dok je maksimalna dnevna temperatura zraka bila u rasponu od 14,9 (14. travnja) do 53,1 °C (23. svibnja). Navedeno je rezultiralo srednjim dnevnim temperaturama zraka u rasponu od 12,05 do 34,4 °C, pri čemu je srednja dnevna temperatura tijekom uzgoja iznosila 24,05 °C (podaci nisu prikazani).



Grafikon 3.1.1. Minimalna, srednja i maksimalna dnevna temperatura zraka u plasteniku tijekom istraživanja



Grafikon 3.1.2. Relativna vlaga zraka u plasteniku tijekom istraživanja

Minimalna relativna vlaga zraka tijekom pokusa varirala je od 10 do 84 %, dok je maksimalna vlaga zraka bila u rasponu od 70 do 99 % (grafikon 3.1.2.). Navedene vrijednosti rezultirale su srednjom relativnom vlagom zraka u rasponu od 43 (25. travnja) do 91,5 % (11. svibnja) s prosječnom vrijednosti 54,8 % (podaci nisu prikazani).

Berba mladih izdanaka obavljena je ručnim škarama pri kojoj su izdanci odrezani malo iznad površine supstrata. Berba mladih izdanaka korijandra, dragoljuba i piskavice na supstratu te mješavini supstrata i kokosovih vlakana bila je 26. travnja (slika 3.1.6. i 3.1.7.).



Slika 3.1.6. Mladi izdanci dragoljuba na komercijalnom supstratu pred berbu
(foto: M. Vrbanić)



Slika 3.1.7. Korijandar (S) (1) i piskavica (S) (2)
(foto M. Vrbanić)

Berba mladih izdanaka korijandra i piskavice na kokosovom vlaknu te bosiljka na dva supstrata (S, S+KV) provedena je 2. svibnja, a izgled izdanaka u toj fazi prikazan je na slici 3.1.8.



Slika 3.1.8. Mladi izdanci bosiljka na kokosovim vlaknima (foto: M. Vrbanić)

Berba mladih izdanaka dragoljuba i bosiljka na kokosovim vlaknima te vlasca na supstratu provedena je 4. svibnja. Berba mladih izdanaka vlasca na mješavini supstrata i kokosovih vlakana provedena je 25. svibnja (slika 3.1.9.). U uzgoju mladih izdanaka vlasca na kokosovim vlaknima nije ostvarena dovoljna količina biljnog materijala za analizu specijaliziranih metabolita (slika 3.1.10.).



Slika 3.1.9. Mladi izdanci vlasca na supstratu (1) i na mješavini supstrata i kokosovih vlakana (2) (foto: M. Vrbanić)



Slika 3.1.10. Propadanje mladih izdanaka vlasca uzgojenih na kokosovim vlaknima (foto: M. Vrbančić)

Tijekom berbe određen je prinos mladih izdanaka po uzgojnoj posudi te su vrijednosti preračunate za površinu 1 m², odnosno prinos je izražen u kg/m² (slika 3.1.11.).



Slika 3.1.11. Mjerenje prinosa mladih izdanaka piskavice na supstratu (foto: M. Vrbančić)

Nakon određivanja prinosa, pripremljeni su reprezentativni uzorci (100 g) te su dostavljeni u laboratorij Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport na Agronomskom fakultetu gdje je provedena kemijska analiza biljnog materijala.

3.2. Analiza uzoraka

3.2.1. Analiza suhe tvari, ukupnih klorofila i karotenoida

Za određivanje suhe tvari korištena je metoda sušenja pri 105 °C (AOAC, 1995).

Aparatura i pribor:

- laboratorijski sušionik
- eksikator
- staklene posudice
- analitička vaga
- stakleni štapić
- kvarcni pijesak

Postupak određivanja:

U osušenu i izvaganu staklenu posudicu stavi se oko 5 g kvarcnog pijeska. Pomoćni materijal se potom osuši u laboratorijskom sušioniku pod određenim uvjetima sa skinutim poklopcem. Nakon sušenja poklopac se stavi na posudicu, posudica se izvadi iz sušionika i ohladi u eksikatoru, a zatim važe s točnošću 0,0002 g. U posudicu s pijeskom stavi se oko 2,5 g pripremljenog uzorka, koji se dobro izmiješa staklenim štapićem i sve zajedno se izvaže (slika 3.2.1.1.). Staklena posudica u kojoj se nalazi pijesak i ispitivana količina uzorka stavi se u laboratorijski sušionik zagrijan na 105 °C ± 0,5 °C u kojem se zagrijava. 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. Iznova se važe s točnošću ± 0,0002 g.

Formula:

$$\text{suha tvar (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

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 nakon sušenja.



Slika 3.2.1.1. Prikaz vaganja suhe tvari uzoraka (foto: M. Vrbanić)

Analiza klorofila i karotenoida napravljena je spektrofotometrijskom metodom po Holmu i Wettsteinu. Ovom metodom određuje se koncentracija kloroplastnih pigmenata (klorofil a, klorofil b, ukupni klorofili) u acetonskom ekstraktu biljnog materijala. Postupak ekstrakcije i određivanja klorofila treba se izvoditi brzo u zamračenim uvjetima (Holm, 1954; Wettstein, 1957). Na slici 3.2.1.2. prikazan je postupak određivanja klorofila.

Aparatura i pribor:

- vaga
- staklena kiveta
- laboratorijski homogenizator
- Erlenmayerova tikvica (300 mL)
- vakuum pumpa na vodeni mlaz
- odmjerna tikvica (25 mL)
- spektrofotometar (Shimadzu UV 1650 PC)

Kemikalije:

- aceton
- magnezijev karbonat ($MgCO_3$)₂₀

Priprema uzorka:

Odvagan je uzorak mase 0,2 g u staklenu kivetu, dodano je malo praha magnezijeva karbonata zbog neutralizacije kiselosti te ukupni volumen od 15 mL acetona. Uzorak je homogeniziran laboratorijskim homogenizatorom (IKA Ultraturax T18, Njemačka). Smjesa je kvantitativno prenijeta na Büchnerov lijevak postavljen na Erlenmayerovu tikvicu umetnutu u vakuum bocu. Macerat je profiltriran uz pomoć vakuuma uz ispiranje lijevka acetonom te kvantitativno prenesen u odmjernu tikvicu (25 mL) i nadopuni acetonom do oznake.

Postupak određivanja:

Na spektrofotometru se očita apsorbancu u dobivenom filtratu pri valnim duljinama 662, 644 i 440 nm, uz aceton kao slijepu probu.

Formula:

klorofil a = $9,784 \times A_{662} - 0,990 \times A_{644}$ mg / L

klorofil b = $21,426 \times A_{644} - 4,65 \times A_{662}$ mg / L

klorofil a + b = $5,134 \times A_{662} + 20,436 \times A_{644}$ mg / L

karatenoidi = $4,695 \times A_{440} - 0,268 \times (\text{klorofil a} + \text{b})$ mg / L

Formula za izračunavanje koncentracije pigmenata u mg/g svježe tvari:

$$c \text{ mg g} = \frac{c1 \times V}{m}$$

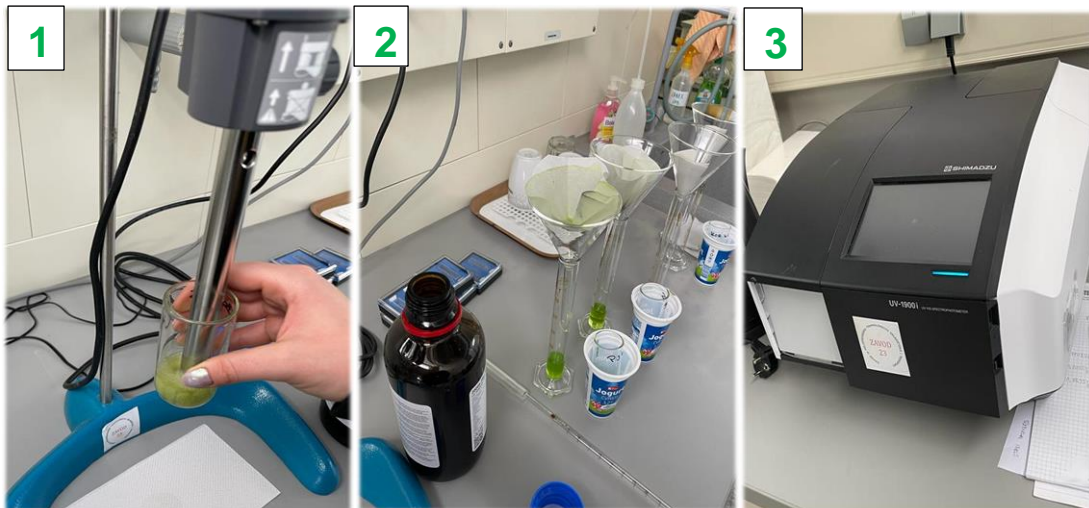
Prema kojoj je:

c (mg/g) – masena koncentracija pigmenata

c1 (mg/L) – masena koncentracija pigmenata

V (mL) – volumen filtrata

m (mg) – masa uzorka



Slika 3.2.1.2. Prikaz postupka određivanja klorofila – 1. uzorak s acetonom koji se homogenizira, 2. filtracija uzorka, 3. spektrofotometar (foto: M. Vrbanić)

3.2.2. Određivanje vitamina C

Metoda koja se koristila za određivanje sadržaja vitamina C (askorbinske kiseline) mladih izdanaka temelji se na oksidaciji L-askorbinske kiseline u dehidroaskorbinsku bazu, dok boja reagensa ne prijeđe u bezbojnu leukobazu, pa služi istovremeno i kao indikator. Na slici 3.2.2.1. prikazan je dio postupka za određivanje sadržaja vitamina C.

Aparatura i pribor:

- odmjerna tikvica volumena 100 mL
- tehnička vaga
- lijevak

- čaša volumena 100 mL
- Erlenmeyerova tikvica
- filter papir
- bireta

Reagensi:

- oksalna kiselina (2%)
- 2,6-diklorfenolindofenol

Postupak određivanja:

Uzorak mase 10 g se homogenizira uz dodatak 2 %-tne otopine oksalne kiseline (v/v) i kvantitativno prenosi u odmjernu tikvicu od 100 mL. Uz povremeno miješanje, nakon jednog sata, odmjernu tikvicu se nadopuni do oznake otopinom 2 %-tne oksalne kiseline. Filtrat se titrira otopinom 2,6-diklorindofenola. Iz utrošenog 2,6-diklorindofenola za titraciju filtrata do pojave ružičaste boje koja je bila postojana pet sekundi, izračuna se sadržaj L-askorbinske kiseline u uzorcima te se izrazi u mg/100 g svježe mase.

Formula za izračun:

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

Gdje je: V (mL) - volumen utrošenog 2,6-diklorindofenola pri titraciji

F* - faktor otopine 2,6-diklorindofenola

D (g) - masa uzorka u filtratu



Slika 3.2.2.1. Prikaz postupka za vitamin C- filtracija uzorka nakon koje slijedi pipetiranje u 4 tikvice (foto M. Vrbanić)

3.2.3. Određivanje ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida

Za određivanje ukupnih fenola koristi se Folin-Ciocalteu metoda u kojoj se fenoli određuju spektrofotometrijski u etanolnom ekstraktu uzorka mjerenjem nastalog intenziteta plavog

obojenja pri valnoj duljini 750 nm. Metoda se bazira na kolornoj reakciji fenola s Folin-Ciocalteu reagensom. Folin-Ciocalteu reagens je smjesa fosfovolframove i fosfomolibden kiseline, a pri oksidaciji fenolnih spojeva ove kiseline reduciraju se volfram-oksidi i molibden-oksidi koji su plavo obojeni (Ough i Amerine, 1988).

Aparatura i pribor:

- tehnička vaga (s točnošću $\pm 0,01$)
- konusna tikvica
- odmjerne tikvice (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)

a) Izrada baždarnog pravca:

Za pripremu baždarnog pravca odvažuje se 500 mg galne kiseline koja se otopi u 80%-om etanolu i nadopuni u odmjerne tikvici od 100 mL do oznake. Od pripremljene otopine galne kiseline prirede se razrjeđenja, tako da se otpipetira redom (0, 1, 2, 3, 5 i 10) mL alikvota standarda u svaku tikvicu i potom se nadopunjavaju do oznake 80 % 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 dodaje redom 30 mL destilirane vode, 2,5 mL F.C. reagensa i 7,5 mL zasićene otopine natrijevog karbonata. Dobro se izmiješa i nadopunjava destiliranom vodom do oznake. Uzorci se ostave dva sata na sobnoj temperaturi. Nakon toga mjeri se apsorbancija pri valnoj duljini 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu. Iz izmjerenih vrijednosti apsorbancija nacrtava se baždarni pravac tako da se na apscisi nanese koncentracija galne kiseline (mg/L), a na ordinati izmjerene vrijednosti apsorbancije.

b) Ekstrakcija fenolnih spojeva iz uzorka voća ili povrća

Na tehničkoj vagi odvažuje se 10 g uzorka s točnošću $\pm 0,01$ i homogenizira s 40 mL 80%-og etanola. Homogena smjesa 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%-og etanola i uz povratno hladilo se kuha još 10 min (slika 3.2.3.1). Dobiveni ekstrakt se spoji s prethodno dobivenim ekstraktom te se odmjerne tikvica nadopuni do oznake 80%-im etanolom. Reakcija s Folin-

Ciocalteu reagensom provodi se kako slijedi: 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 čega se izmjeri apsorbancija pri valnoj duljini od 750 nm uz destiliranu vodu kao slijepu probu.

Račun:

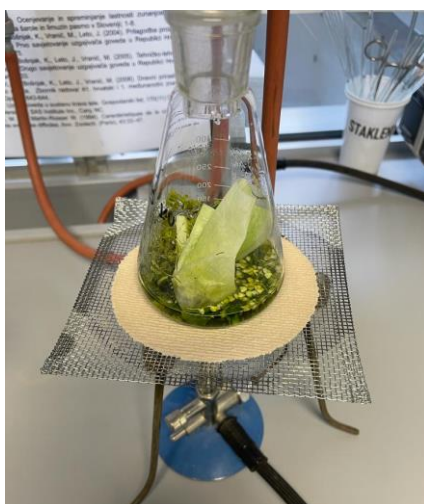
Baždarni pravac nacrtan se pomoću računala u programu Microsoft Excel te se izračuna jednadžba pravca prema kojoj se izračuna koncentracija ukupnih fenola.

Formula za izračun:

$$y = 0,001 x + 0,0436$$

Prema kojoj je: y – apsorbancija na 750 nm

x – koncentracija galne kiseline (mg/ L)



Slika 3.2.3.1. Postupak za određivanje ukupnih fenola – prokuhavanje uzorka zajedno s filter papirom (foto: M. Vrbačić)

Za taloženje flavonoidnih fenolnih spojeva preporuča se upotreba formaldehida. Formaldehid reagira s C-6 ili C-8 pozicijom na 5,7-dihidroksi flavonoidu 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 sadržaj flavonoida.

Aparatura i pribor:

- filter papir
- stakleni lijevci
- Erlenmeyer-ova tikвица sa šlifom i čepom volumena 25 mL
- pipete volumena (1 mL, 2 mL, 5 mL, 10 mL, 25 mL)
- analitička vaga

- staklene kivete
- spektrofotometar (Shimadzu UV 1650 PC) 19

Kemikalije:

- klorovodična kiselina, HCl 1:4 (koncentrirana HCl razrijedi se vodom u omjeru 1:4)
- formaldehid (13 mL 37 %-og formaldehida u 100 mL vode)
- dušik za propuhivanje uzorka
- zasićena otopina natrijeva karbonata
- Folin-Ciocalteu reagens
- 80 %-ni etanol

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.

3.2.4. Određivanje antioksidacijskog kapaciteta ABTS metodom

Metoda se temelji na gašenju stabilnog plavo-zelenog radikal-kationa 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-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 apsorbancije ABTS radikala te se uspoređuje sa smanjenjem apsorbancije koju uzrokuje dodatak određene količine Troloxa (6-hidroksi-2,5,6,7,8-tetrametilkroman-2-karbonska kiselina) pri istim uvjetima (Miller i sur., 1993; Re i sur., 1999).

Priprema reagensa:

1. dan:

- 140 mM otopina 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 (140mM) 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%-na otopina ABTS^{•+} (1 mL ABTS^{•+} otopine otpipetira se u odmjernu tikvicu od 100 mL i nadopuni 96%-im etanolom do oznake. Nakon toga mjeri se apsorbancija 1%-ne otopine ABTS^{•+} pri 734 nm koja mora iznositi $0,70 \pm 0,02$. Ako apsorbancija otopine ne iznosi 0,734 onda ju je potrebnom namjestiti, odnosno ako je apsorbancija premala u tikvicu od 100 mL pripremljene 1%-ne otopine ABTS^{•+} treba dodati još par kapi stabilne ABTS^{•+} otopine, a ako je apsorbancija prevelika onda treba razrijediti odnosno u tikvicu (100 mL) dodati još 96 %-og etanola.

Priprema uzoraka za analizu:

Procedura ekstrakcije iz uzoraka ista je kao i u protokolu određivanja fenola Folin-Ciocalteu metodom. ABTS metodu najbolje je provesti kada se rade i fenoli te iz pripremljenih fenolnih ekstrakata napraviti analizu i za fenole i za ABTS tako da se poslije rezultati sadržaja fenola i ABTS-a mogu korelirati.

Postupak određivanja (spektrofotometrijski):

160 μ L uzorka (ekstrakta) pomiješa se s 2 mL 1%-ne otopine ABTS^{•+} te se nakon 1 min mjeri apsorbancija na 734 nm. Za slijepu probu se koristi 96 % etanol.

Izrada baždarnog pravca:

Za izradu baždarnog pravca u ABTS metodi koristi se Trolox koji uzrokuje smanjenje boje ABTS^{•+} otopine. Točke određene za izradu baždarnog pravca su (0, 100, 200, 400, 1000, 2000 i 2500) μ mol/dm³. Najprije se pripremi stock otopina i to tako da se u odmjernu tikvicu od 25 mL izvaže 0,0156 Trolox-a, a tikvica se 80 %-im 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 Trolox (samo EtOH)
- 100 → 0,4 mL
- 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%-ne ABTS^{•+} otopine podešene apsorbance ($0,70 \pm 0,02$). Nakon što pomiješamo dodanu koncentraciju Trolox-a i 1

%-ne ABTS⁺ otopine izmjeri se apsorbancu pri 734 nm. I tako za svaku točku koncentracije Troloxa. Temeljem izmjerenih vrijednosti apsorbancu za svaku točku napravi se baždarni pravac.

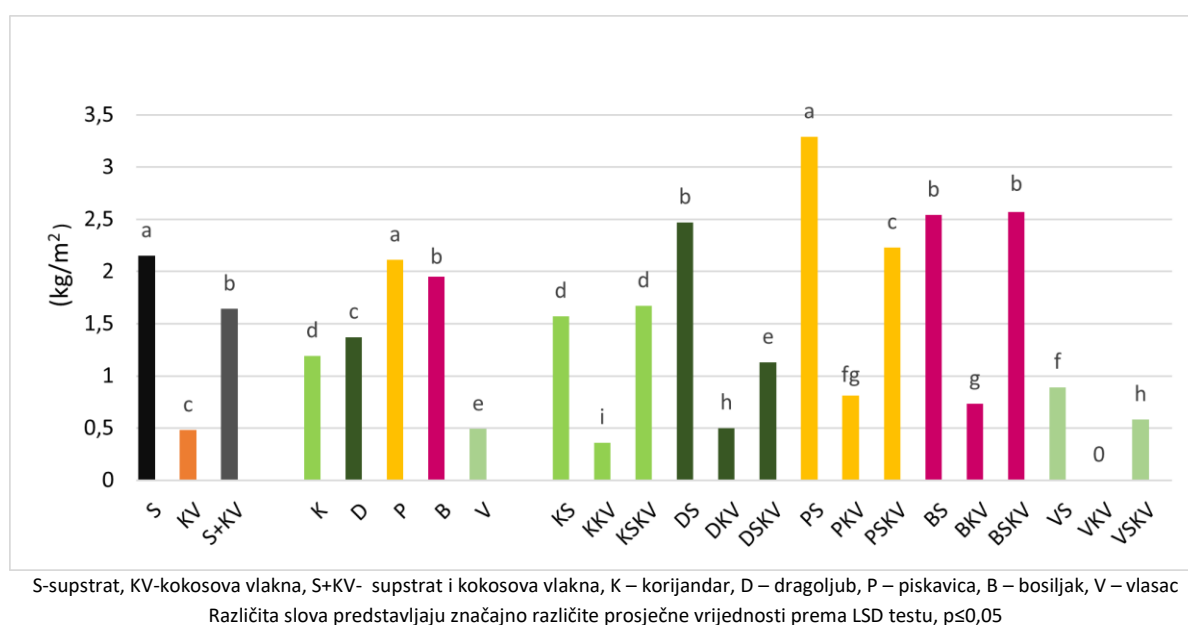
3.2.5. Statistička obrada podataka

Podaci istraživanja statistički su obrađeni u programskom sustavu SAS, verzija 9.3 (SAS/STAT, 2017). Rezultati za sva svojstva analizirani su putem analize varijance (ANOVA), a sve laboratorijske analize provedene su u tri repeticije. Srednje vrijednosti uspoređene su t-testom (LSD) na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Prinos mladih izdanaka

U grafikonu 4.1.1. prikazan je prinos mladih izdanaka testiranih vrsta. Najveći prinos zabilježen je u uzgoju mladih izdanaka piskavice (2,11 kg/m²) i bio je gotovo 4 puta veći od prinosa izdanaka vlasca (0,49 kg/m²). S obzirom na testirane supstrate najveći prinos ostvaren je pri uzgoju mladih izdanaka na komercijalnom supstratu (2,15 kg/m²), a najmanji na kokosovim vlaknima (0,48 kg/m²). Promatrajući kombinacije vrste i uzgojnog supstrata, prinos je varirao od 0,36 (korijandar × kokosova vlakna) do 3,29 kg/m² (piskavica × supstrat). Statistički jednak prinos zabilježen je kod izdanaka bosiljka i dragoljuba kod uzgoja na tresetnom supstratu (2,54 i 2,47 kg/m²). Najmanji i statistički jednak prinos ostvaren je kod izdanaka korijandra i dragoljuba na supstratu od kokosovih vlakana.



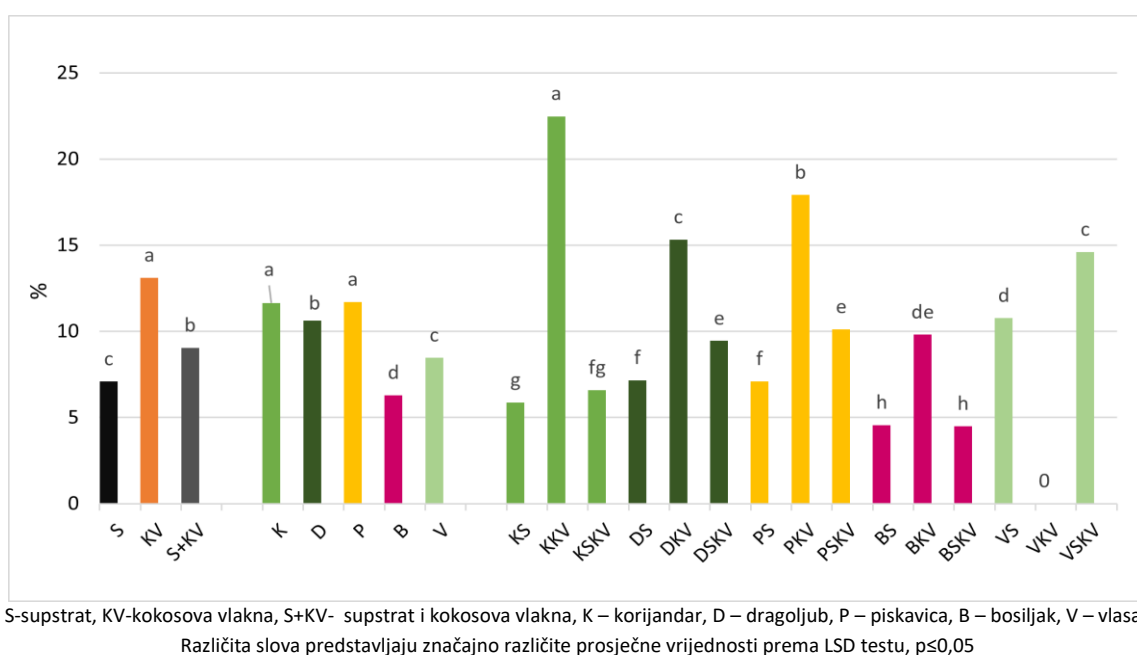
Grafikon 4.1.1. Prinos mladih izdanaka

Prema Bulgari i sur. (2021), prinos mladih izdanaka uzgojenih na kokosovim vlaknima, juti i vermikulitu varirao je od 1,90 (juta) do 3,10 kg/m² (vermikulit). Navedene vrijednosti sukladne su rezultatima prinosa u istraživanju ovog diplomskog rada (grafikon 4.1.1.).

U istraživanju Brlek (2019) mladi izdanci suncokreta, graška, poriluka, brokule i cikle uzgojeni su na komercijalnom supstratu, mješavini perlita i supstrata te na supstratu jute. Na tresetnom supstratu zabilježeni su najveći prinosi od kojih je brokula imala najveći prinos (1,69 kg/m²), dok je najmanji prinos zabilježen na mladim izdancima cikle (0,513 kg/m²). U ovom diplomskom radu, uzgoj mladih izdanaka na tresetnom supstratu rezultirao je većim prinosom u odnosu na istraživanje Brlek (2019).

4.2. Sadržaj suhe tvari

Iz grafikona 4.2.1. vidljive su statistički opravdane razlike u sadržaju suhe tvari između testiranih vrsta, supstrata i njihovih kombinacija. Najveći sadržaj suhe tvari (13,10 %) utvrđen je kod uzgoja na kokosovim vlaknima, a najmanji sadržaj suhe tvari pri uzgoju na komercijalnom supstratu (7,08 %). S obzirom na testirane vrste aromatičnog bilja, u rang statistički najveće količine suhe tvari pripadali su korijandar (11,64 %) i piskavica (11,70 %). Najmanja količina suhe tvari utvrđena je u izdancima crvenolisnog bosiljka (6,29 %). Sadržaj suhe tvari iznad 15 % utvrđen je pri kombinacijama korijandar × kokosova vlakna (22,48 %), piskavica × kokosova vlakna (17,91 %) te dragoljub × kokosova vlakna (15,32 %). Najmanji sadržaj suhe tvari utvrđen je u izdancima bosiljka uzgojenih na tresetnom supstratu (4,56 %) te mješavini tresetnog supstrata i kokosovih vlakana (4,49 %).



Grafikon 4.2.1. Sadržaj suhe tvari mladih izdanaka

U istraživanju Bulgari i sur. (2021) suha tvar mladih izdanaka crvenolisnog bosiljka na kokosovim vlaknima iznosila je 5,9 % što je značajno manje od suhe tvari dobivene u ovom diplomskom radu (9,80 %). Navedene razlike mogu biti rezultat različitog korištenog sortimenta bosiljka, kemijskog sastava kokosovih vlakana, ali i abiotskih čimbenika tijekom uzgoja.

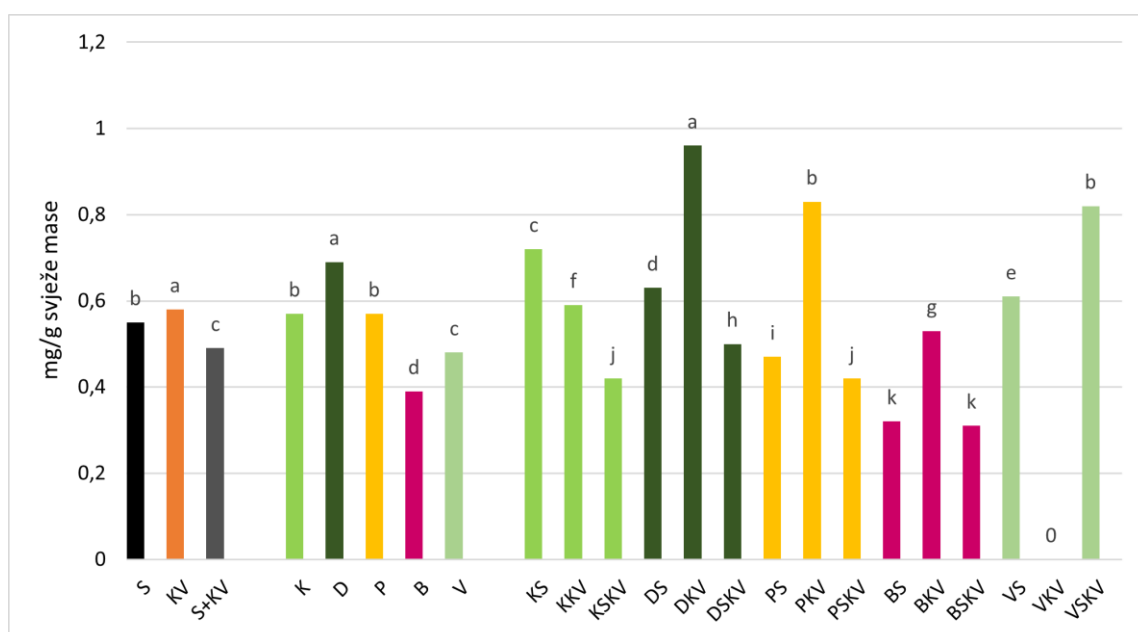
U istraživanju Xiao i sur. (2012), od 25 uzgojenih mladih izdanaka vrsta na komercijalnom supstratu, sadržaj suhe tvari varirao je od 4,9 do 10,2 % što je dvostruko manje od maksimalne vrijednosti suhe tvari zabilježene u ovom radu (22,48 %; korijandar × kokosova vlakna). U odnosu na rezultate ovog diplomskog rada, Xiao i sur. (2012) zabilježili su manju suhu tvar u izdancima korijandra (8,3 %).

U istraživanju Brlek (2019), najveći sadržaj suhe tvari svih vrsta mladih izdanaka ostvaren je na supstratu jute u rasponu između 6,81 % i 9,77 %. Mladi izdanci poriluka su imali najveći sadržaj suhe tvari (9,77 %), koji je sukladan sadržaju suhe tvari mladih izdanaka dragoljuba (9,44 %) uzgojenih na kombinaciji tresetnog supstrata i kokosovih vlakana te izdancima crvenolisnog bosiljka uzgojenih na kokosovim vlaknima (9,80%).

Prema rezultatima istraživanja Fabek Uher i sur. (2023) hidroponski uzgoj mladih izdanaka lucerne, crvenog kupusa, žute cikle i komorača rezultirao je prosječnom vrijednosti suhe tvari od 7,85 %, što je usporedivo s vrijednosti suhe tvari na tresetnom supstratu u ovom radu (7,04 %).

4.3. Sadržaj ukupnih klorofila i karotenoida

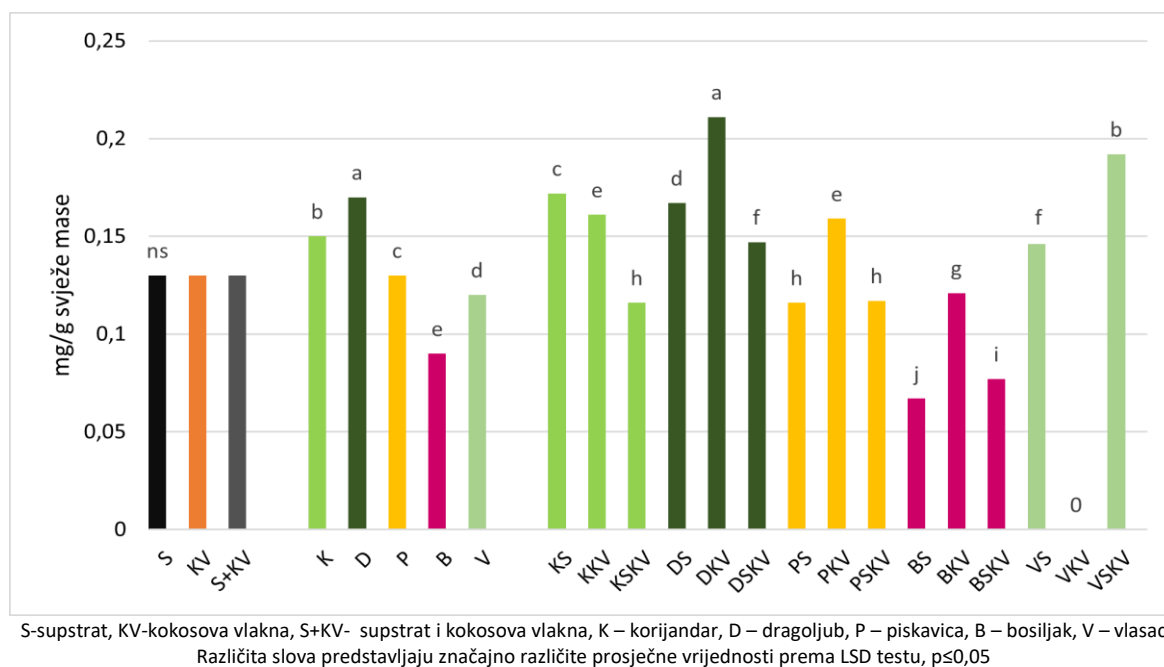
U grafikonu 4.3.1. prikazan je sadržaj ukupnih klorofila mladih izdanaka testiranih biljnih vrsta, uzgojnih supstrata i njihovih kombinacija. Izdanci dragoljuba izdvajali su se najvećim sadržajem ukupnih klorofila (0,69 mg/g svježe mase), a nešto manji i statistički jednak sadržaj utvrđen je u mladi izdancima korijandra i piskavice (0,57 mg/g SM). Crvenolisni bosiljak sadrži više antocijana nego klorofila radi svojih crveno – ljubičastih listova te je najmanji sadržaj ukupnih klorofila utvrđen u izdancima ove vrste (0,39 mg/g SM). S obzirom na testirane supstrate, najveći sadržaj ukupnih klorofila utvrđen je pri uzgoju mladih izdanaka na kokosovim vlaknima (0,58 mg/g SM), a najmanji kod kombinacije tresetnog supstrata i kokosovih vlakana (0,49 mg/g SM). Promatrajući kombinacije biljne vrste i supstrata, sadržaj ukupnih klorofila bio je u rasponu od 0,31 (bosiljak × S+KV) do 0,96 mg/g SM (dragoljub × kokosova vlakna).



S-supstrat, KV-kokosova vlakna, S+KV- supstrat i kokosova vlakna, K – korijandar, D – dragoljub, P – piskavica, B – bosiljak, V – vlasac
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p<0,05

Grafikon 4.3.1. Sadržaj ukupnih klorofila mladih izdanaka

U grafikonu 4.3.2. prikazan je sadržaj ukupnih karotenoida mladih izdanaka testiranih vrsta aromatičnog bilja. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u testiranim supstratima, dok su se između testiranih vrsta najvećom količinom karotenoida izdvajali mladi izdanci dragoljuba (0,17 mg/g SM). U mladim izdancima crvenolisnog bosiljka utvrđena je najmanja količina ukupnih karotenoida (0,09 mg/g SM). Sukladno količini ukupnih klorofila, kod dragoljuba uzgajanog na kokosovim vlaknima utvrđena je najveća količina ukupnih karotenoida (0,211 mg/g SM). Također, visokim sadržajem ukupnih karotenoida izdvajali su se mladi izdanci vlasca uzgojeni na kombinaciji supstrata i kokosovih vlakana (0,192 mg/g SM).



Grafikon 4.3.2. Sadržaj ukupnih karotenoida mladih izdanaka

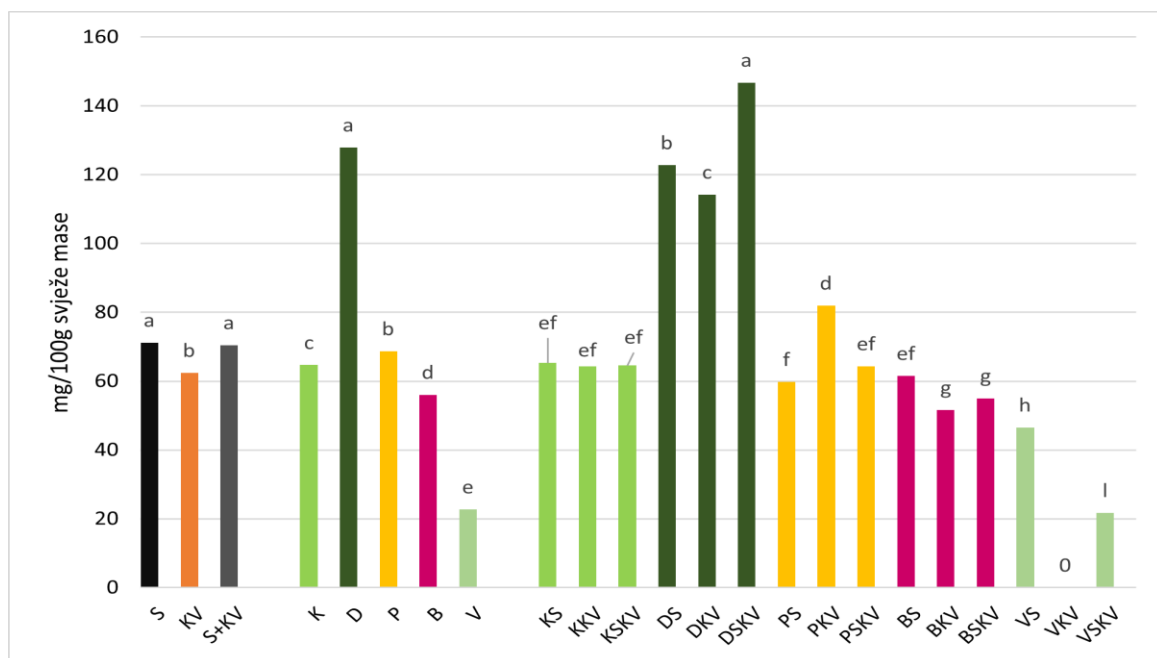
U istraživanju Choe i sur. (2018) količina β -karotena u mladim izdancima crvenog kupusa iznosila je 0,115 mg/g SM što je sukladno vrijednostima kod mladih izdanaka korijandra i piskavice (0,116 mg/g SM; S+KV) u ovom diplomskom radu. U istraživanju Fabek Uher i sur. (2023) količina karotenoida mladih izdanaka komorača iznosila je 0,196 mg/g SM, što je usporedivo s količinom karotenoida mladih izdanaka vlasca (0,192 mg/g SM; S + KV) u ovom diplomskom radu. Isto tako, količina karotenoida žute cikle (0,089 mg/g SM) usporediva je s količinom u mladim izdancima crvenolisnog bosiljka na tresetnom supstratu i kombinaciji tresetnog supstrata i kokosovih vlakana s prosječnom vrijednosti od 0,072 mg/g SM.

4.4. Sadržaj vitamina C

Povećanjem količine askorbinske kiseline u biljkama, može se povećati otpornost na stresne okolišne uvjete. Naime, fotosintetizirajuća tkiva poput cvjetova, vrškova korijenja, plodova i spremišnih organa biljke, imaju veće koncentracije askorbinske kiseline (Gest i sur., 2013). Koncentracija askorbinske kiseline ovisi o razvojnem stadiju biljke, okolišnim uvjetima i fiziološkoj zrelosti (Matić, 2014). Askorbinska kiselina ima utjecaj na biosintezu nekih biljnih

hormona poput etilena i apscizinske kiseline. Proces fotosinteze povećava se u fazi kotiledona, što izravno potiče proizvodnju glukoze koja je važan prethodni čimbenik u sintezi askorbinske kiseline (Fabek Uher i sur., 2023). Također, količina askorbinske kiseline, odnosno vitamina C, povećava se rastom lišća, a smanjuje se starenjem biljke (Huang, 2019).

Između testiranih vrsta, uzgojnih supstrata i njihove interakcije utvrđene su statistički opravdane razlike u sadržaju vitamina C mladih izdanaka (grafikon 4.4.1.). Statistički jednak sadržaj vitamina C utvrđen je kod mladih izdanaka uzgojenih na supstratu (S) i mješavini supstrata i kokosovih vlakana (S+KV) te je iznosio 71,17 mg/100 g SM, odnosno, 70,46 mg/100 g SM. Mladi izdanci dragoljuba imali su najveći sadržaj vitamina C (127,9 mg/100 g SM). Mladi izdanci vlasca imali su najmanji sadržaj vitamina C (22,74 mg/100 g SM) što je rezultat niskog sadržaja vitamina C posebice pri uzgoju na kombinaciji supstrata i kokosovih vlakana (S+KV). Količina vitamina C u mladim izdancima korijandra nije se značajno razlikovala s obzirom na korišteni supstrat.



S-supstrat, KV-kokosova vlakna, S+KV- supstrat i kokosova vlakna, K – korijandar, D – dragoljub, P – piskavica, B – bosiljak, V – vlasac

Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,05$

Grafikon 4.4.1. Sadržaj vitamina C mladih izdanaka

U ovom diplomskom radu sadržaj vitamina C varirao je gotovo u identičnom rasponu koji navode Xiao i sur. (2012). Prema navedenim autorima količina vitamina C u mladim izdancima crvenog kupusa bila je jednaka sadržaju vitamina C mladih izdanaka dragoljuba iz ovog diplomskog rada. No, u istraživanju Xiao i sur. (2012) mladi izdanci crvenolisnog bosiljka sadržavali su veću količinu vitamina C (90 mg/100 g SM) u odnosu na mlade izdanke zelenolisnog bosiljka (71 mg/100 g SM). Ostvarene vrijednosti vitamina C u izdancima bosiljka bile su veće od količine utvrđene u izdancima crvenolisnog bosiljka u ovom diplomskom radu (56,04 mg/100 g SM).

El-Nakhel i sur. (2021) proveli su istraživanje nutritivne vrijednosti peršina u fazi mladih izdanaka na tresetnom supstratu. Mladi izdanci peršina sadržavali su 20,26 mg/100 g SM vitamina C što je značajno manje u odnosu na vrste mladih izdanaka u ovom diplomskom radu, čiji je prosječni sadržaj vitamina C iznosio 68,01 mg/100 g SM.

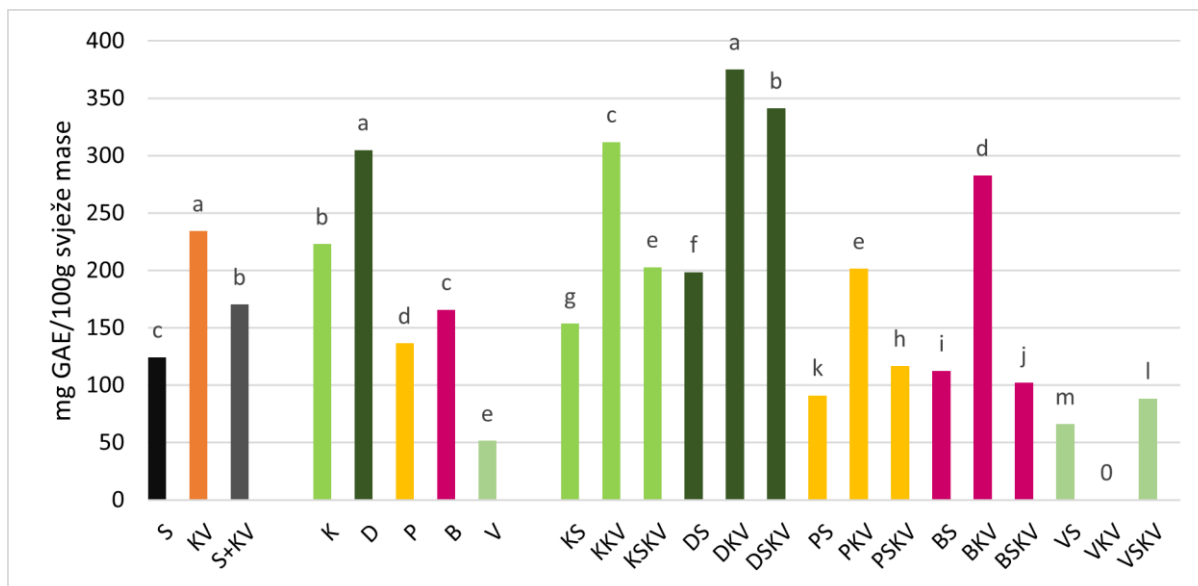
Prema Fabek Uher i sur. (2023) raspon sadržaja vitamina C mladih izdanaka varirao je između 28,20 (žuta cikla) i 74,94 mg/100 g SM (komorač). U istom radu, u mladim izdancima crvenog kupusa sadržaj vitamina C iznosio je 49,34 mg/100 g SM što je usporedivo s količinom vitamina C mladih izdanaka crvenolisnog bosiljka (K, S + KV; oko 50 mg/100 g SM) i vlasca (S; 46,53 mg/100 g SM) u ovom radu.

U radu Ghoora i sur. (2020) uzgajani su mladi izdanci špinata, mrkve, gorušice, luka, rotkvice, piskavice, suncokreta, komorača i bosiljka na kokosovim vlaknima. Visokim sadržajem vitamina C izdvajali su se izdanci piskavice (95 mg/100 g SM) i špinata (75 mg/100 g SM). Ostvareni rezultati sukladni su sadržaju vitamina C u mladim izdancima dragoljuba uzgojenih na supstratu (122,76 mg/100 g SM) te izdancima korijandra i piskavice.

4.5. Ukupni fenoli

Iz grafikona 4.5.1. vidljive su statistički opravdane razlike u sadržaju ukupnih fenola između testiranih vrsta, uzgojnih supstrata i njihove kombinacije. Ukupne fenole predstavljaju flavonoidi i neflavonoidi. Ukupni fenoli mjere se u miligramima ekvivalenta galne kiseline po 100 grama svježe mase uzorka, a galna kiselina služi za određivanje baždarnog pravca koji se koristi u metodi za određivanje ukupnih fenola.

Sadržaj ukupnih fenola bio je u rasponu od 66,06 (vlasac × S) do 375 mg GAE/100 g SM (dragoljub × KV). Uzgoj mladih izdanaka dragoljuba na mješavini supstrata i kokosovih vlakana rezultirao je visokim sadržajem ukupnih fenola (341,25 mg GAE/100 g SM). Nešto niža količina ukupnih fenola utvrđena je u izdancima korijandra na kokosovim vlaknima (311,95 mg GAE/100 g SM) i pri uzgoju crvenolisnog bosiljka na istom supstratu (KV) (282,68 mg GAE/100 g SM). Mladi izdanci vlasca isticali su se najmanjim sadržajem ukupnih fenola (51,43 mg GAE/100 g SM), dok je najveći sadržaj utvrđen u mladim izdancima dragoljuba (304,97 mg GAE/100 g SM). Supstrat je značajno utjecao na količinu ukupnih fenola, a najviše ukupnih fenola utvrđeno je u mladim izdancima uzgojenim na kokosovim vlaknima (234,28 mg GAE/100 g SM), a dvostruko manje pri uzgoju na komercijalnom supstratu (124,33 mg GAE/100 g SM).



S-supstrat, KV-kokosova vlakna, S+KV- supstrat i kokosova vlakna, K – korijandar, D – dragoljub, P – piskavica, B – bosiljak, V – vlasac
 Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,05$

Grafikon 4.5.1. Sadržaj ukupnih fenola mladih izdanaka

U istraživanju Fabek Uher i sur. (2023) mladi izdanci komorača sadržavali su najviše ukupnih fenola (408,03 mg GAE/100 g SM), što je više od maksimalnih vrijednosti u ovom diplomskom radu. Sadržaj ukupnih fenola mladih izdanaka lucerne i crvenog kupusa podjednak je vrijednostima ostvarenim u mladim izdancima piskavice pri uzgoju na kombinaciji supstrata i kokosovih vlakana (S+KV) te bosiljka uzgojenog na supstratu (S).

U radu Teng i sur. (2021) određen je prinos, mineralni sastav i sadržaj specijaliziranih metabolita 30 vrsta mladih izdanaka. Sadržaj ukupnih fenola varirao je između 88,6 (repa) i 811,2 mg/GAE 100 g SM (rotkvica). Sadržaj ukupnih fenola mladih izdanaka crvenog kupusa bio je 306,7 mg/GAE 100 g SM, dok Fabek Uher i sur. (2023) navode dvostruko manji sadržaj ukupnih fenola u mladim izdancima crvenog kupusa (115,31 mg/GAE 100 g SM). Nadalje, sadržaj ukupnih fenola crvenog kupusa iz rada Teng i sur. (2021) podjednak je sadržaju mladih izdanaka korijandra na kokosovim vlaknima (311,95 mg GAE/100 g SM).

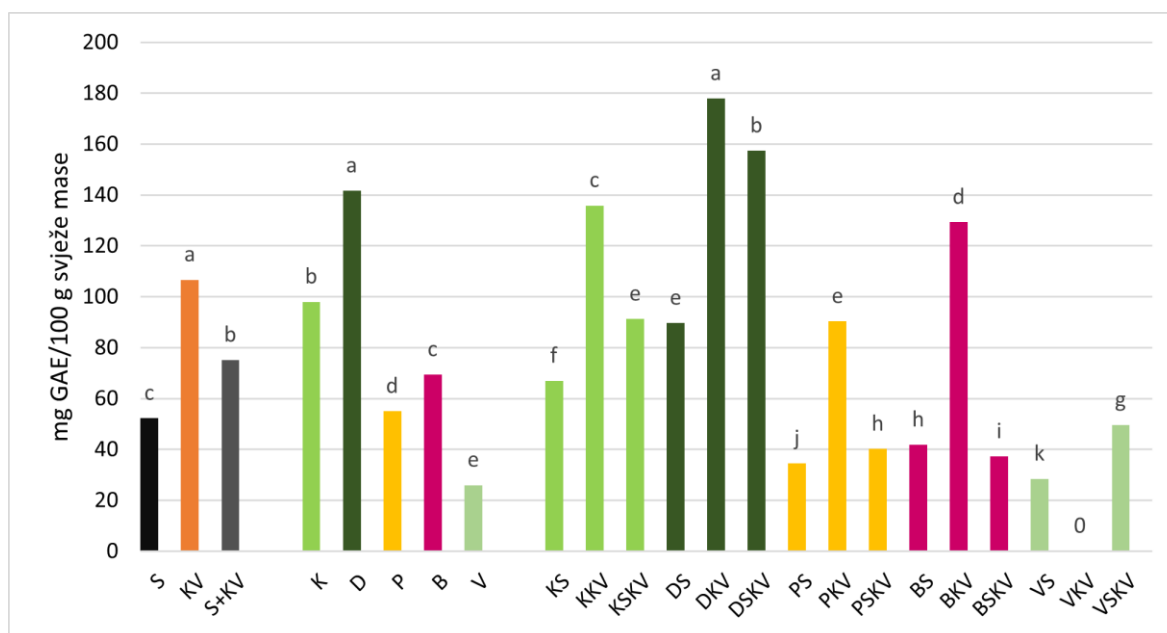
U istraživanju Kowitcharoen i sur. (2021) uzgajani su mladi izdanci vrsta iz porodica Brassicaceae, Fabaceae, Polygonaceae, Malvaceae i Convolvulaceae. Sadržaj ukupnih fenola u mladim izdancima piskavice bio je 59,72 mg/GAE 100 g SM, što je manje od sadržaja ukupnih fenola izdanaka piskavice uzgojenih na supstratu (91,08 mg GAE/100 g SM) u ovom diplomskom radu. Sadržaj ukupnih fenola mladih izdanaka leće u navedenom istraživanju bio je sukladan sadržaju fenola u izdancima vlasca uzgojenim na kombinaciji supstrata i kokosovih vlakana.

4.5.1. Flavonoidi i neflavonoidi

U grafikonu 4.5.1.1. prikazan je utjecaj supstrata, vrste i njihove interakcije na sadržaj flavonoida u mladim izdancima. Flavonoidi i neflavonoidi čine ukupne fenole. Dragoljub se izdvajao najvećim sadržajem ukupnih fenola, od kojih je flavonoida 141,64 mg GAE/100 g SM. Mladi izdanci vlasca izdvajali su najmanjim sadržajem ukupnih fenola te je isti trend uočen i pri sadržaju flavonoida (25,98 mg GAE/100 g SM).

Najveći sadržaj flavonoida utvrđen je pri uzgoju izdanaka na kokosovim vlaknima (106,67 mg GAE/100 g SM), a najmanji na tresetnom supstratu (52,22 mg GAE/100 g SM). S obzirom na kombinaciju vrste i supstrata, sadržaj flavonoida varirao je od 28,36 (vlasac × supstrat) do 177,9 mg GAE/100 g SM (dragoljub × kokosova vlakna).

U istraživanju Fabek Uher i sur. (2023) sadržaj flavonoida mladih izdanaka je varirao od 60,11 (lucerna) do 214,47 mg GAE/100 g SM (komorač) što je manje od vrijednosti flavonoida mladih izdanaka u ovom diplomskom radu.

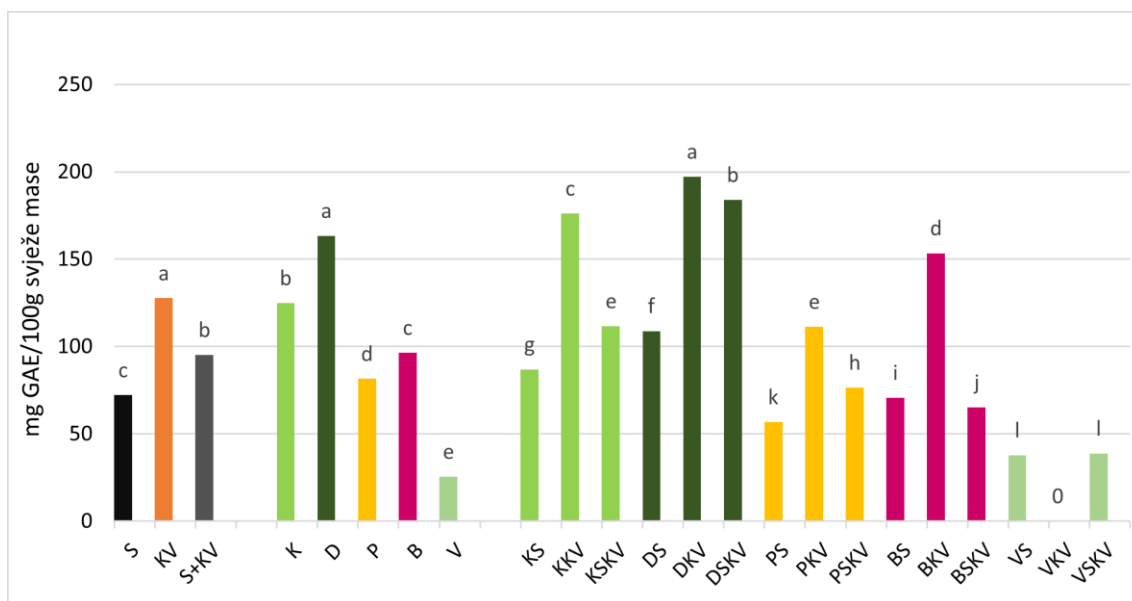


S-supstrat, KV-kokosova vlakna, S+KV- supstrat i kokosova vlakna, K – korijandar, D – dragoljub, P – piskavica, B – bosiljak, V – vlasac
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p<0,05

Grafikon 4.5.1.1. Sadržaj flavonoida mladih izdanaka

U ovom istraživanju u svim mladim izdancima testiranih vrsta utvrđena je veća količina neflavonoida u odnosu na flavonoide (grafikon 4.5.1.2.). Najveći sadržaj neflavonoida utvrđen je u izdancima dragoljuba (163,33 mg GAE/100 g SM), a najmanji u izdancima vlasca (25,45 mg GAE/100 g SM). Kao i kod sadržaja flavonoida, pri uzgoju mladih izdanaka na kokosovim vlaknima utvrđen je najveći sadržaj neflavonoida (127,6 mg GAE/100 g SM). Korijandar, dragoljub i bosiljak imali su najveće vrijednosti neflavonoida u mladim izdancima uzgojenim na supstratu kokosovih vlakana (176,08, 197,23 i 153,4 mg GAE/100 g SM).

U istraživanju Fabek Uher i sur. (2023) raspon neflavonoida varirao je od 51,02 (žuta cikla) do 193,56 mg GAE/100g SM (komorač). Sadržaj neflavonoida u izdancima komorača, može se usporediti sa sadržajem mladih izdanaka dragoljuba (KV i S + KV; 197,3 i 183,91 mg GAE/100 g SM) u ovom radu.



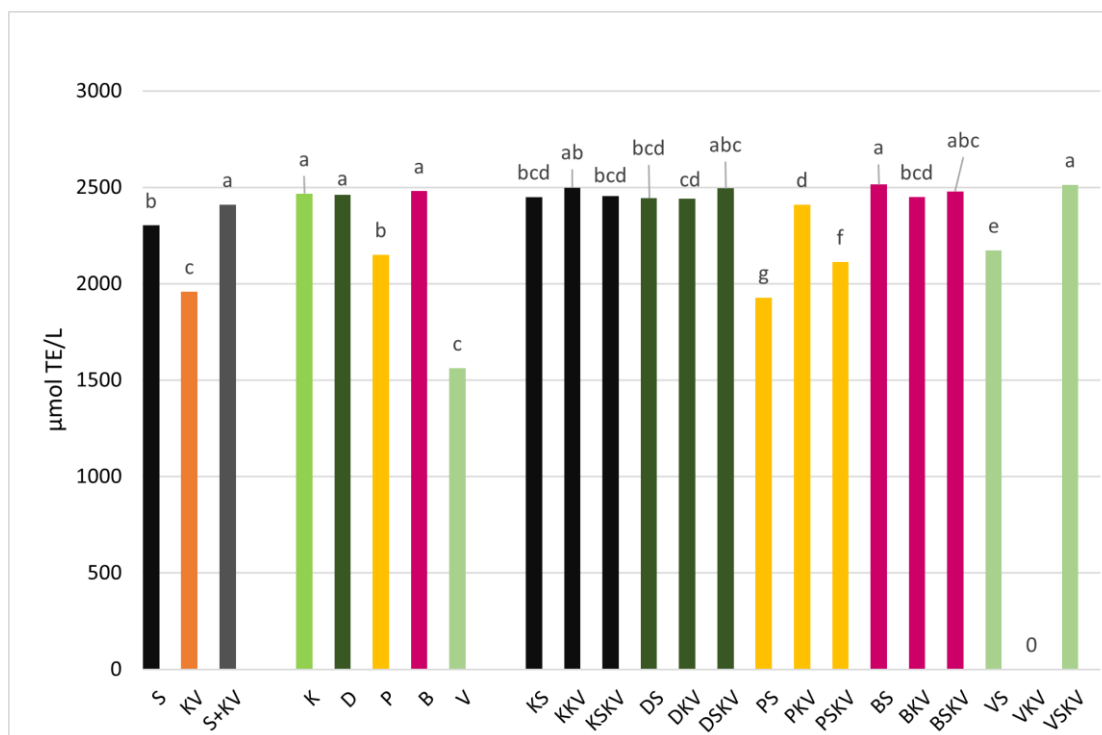
S-supstrat, KV-kokosova vlakna, S+KV- supstrat i kokosova vlakna, K – korijandar, D – dragoljub, P – piskavica, B – bosiljak, V – vlasac
Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, p<0,05

Grafikon 4.5.1.2. Sadržaj neflavonoida mladih izdanaka

4.6. Antioksidacijski kapacitet – ABTS metoda

U ovom istraživanju utvrđen je statistički opravdan utjecaj vrste, supstrata i njihove kombinacije na antioksidacijski kapacitet mladih izdanaka (grafikon 4.6.1.). U ovom je istraživanju antioksidacijski kapacitet određen ABTS metodom te se mjeri u mikromolima ekvivalenta Troloksa po litri svježe mase uzorka. Antioksidansi su spojevi koji smanjuju oštećenje stanica i oksidativni stres, a smanjuju ih na način da sprječavaju djelovanje slobodnih radikala njihovom neutralizacijom i stabilizacijom (Martinović, 2017).

Sve vrste mladih izdanaka u ovom diplomskom radu, imale su visoke vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta. Nisu utvrđene razlike u antioksidacijskom kapacitetu između izdanaka bosiljka (2481,1 $\mu\text{mol TE/L}$), korijandra (2467,6 $\mu\text{mol TE/L}$) i dragoljuba (2460,4 $\mu\text{mol TE/L}$). S obzirom na uzgojni supstrat, najveći antioksidacijski kapacitet utvrđen je pri uzgoju na kombinaciji tresetnog supstrata i kokosovih vlakana (2410,8 $\mu\text{mol TE/L}$). Sukladno tome, najveći antioksidativni kapacitet zabilježen je u mladim izdancima korijandra uzgojenih na kokosovim vlaknima (2498,57 $\mu\text{mol TE/L}$).



S-supstrat, KV-kokosova vlakna, S+KV- supstrat i kokosova vlakna, K – korijandar, D – dragoljub, P – piskavica, B – bosiljak, V – vlasac
 Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,05$

Grafikon 4.6.1. Antioksidacijski kapacitet mladih izdanaka određen ABTS metodom

Uspoređujući rezultate s vrijednostima iz istraživanja Fabek Uher i sur. (2023), vidljivo je da sve vrste mladih izdanaka imaju visok antioksidacijski kapacitet, iako nešto niži antioksidacijski kapacitet imaju mladi izdanci piskavice uzgojeni na supstratu (1928,74 μmol TE/L) u odnosu na ostale vrste mladih izdanaka u oba istraživanja.

5. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja utjecaja različitih uzgojnih podloga na prinos i sadržaj specijaliziranih metabolita mladih izdanaka crvenolisnog bosiljka, vlasca, piskavice, dragoljuba i korijandra može se zaključiti sljedeće:

- Supstrat je značajno utjecao na prinos mladih izdanaka testiranih vrsta aromatičnog bilja.
- S obzirom na kombinaciju vrste i uzgojnog supstrata, najveći prinos mladih izdanaka ostvaren je pri uzgoju piskavice, bosiljka i dragoljuba na tresetnom supstratu (3,29, 2,54 i 2,47 kg/m²).
- Sadržaj suhe tvari mladih izdanaka varirao je između 4,56 % (bosiljak x supstrat) i 22,48 % (korijandar x kokosova vlakna).
- Mladi izdanci dragoljuba sadržavali su najveću količinu vitamina C (127,9 mg/100 g svježe mase) i ukupnih klorofila (0,69 mg/ svježe mase), a izdvajaju se i visokim sadržajem ostalih promatranih svojstava, osim suhe tvari i prinosa.
- Mladi izdanci dragoljuba uzgojeni na kokosovim vlaknima te vlasca uzgojeni na kombinaciji supstrata i kokosovih vlakana izdvajali su se najvećim sadržajem karotenoida (0,211 mg/g SM i 0,192 mg/g SM).
- Supstrat je značajno utjecao na sadržaj ukupnih fenola, a najveći sadržaj ostvaren je na kokosovim vlaknima mladih izdanaka dragoljuba, zatim korijandra i bosiljka.
- Visoka vrijednost antioksidacijskog kapaciteta utvrđena je pri kombinaciji supstrata i kokosovih vlakana u uzgoju kod mladih izdanaka bosiljka (2478,7 μmol TE/L) i dragoljuba (2494,6 μmol TE/L) te izdanaka korijandra uzgojenih na kokosovim vlaknima (2498,6 μmol TE/L).
- Kao alternativna podloga mješavinama tresetnog supstrata koji se najčešće koriste u uzgoju mladih izdanaka, a karakterizira ih visoka cijena, proizvođačima se mogu preporučiti kokosova vlakna.
- Primjenom kokosovih vlakana u uzgoju mladih izdanaka ostvarene su najveće vrijednosti većine promatranih svojstava (suha tvar, ukupni klorofili, karotenoidi, ukupni fenoli, flavonoidi i neflavonoidi).

6. Popis literature

1. Abad M. N. P., Bures S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain, *Biores Technol* 77: 197-200, dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852400001528>, pristupljeno 30.07.2023.
2. Aloo, S. O., Ofosu, F. K., Kilonzi, S. M., Shabbir, U., Oh, D. H. (2021). Edible plant sprouts: health benefits, trends, and opportunities for novel exploration, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/nu13082882>, pristupljeno: 30.07.2023.
3. Bhaswant M., Shanmugam D.K., Miyazawa T., Abe C., Miyazawa T. (2023). Microgreens – a comprehensive review of bioactive molecules and health benefits, Article of special issue *Bioactive compounds in food bioscience and pharmacology*, volume 28, dostupno na: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/2/867#B55-molecules-28-00867>, pristupljeno: 03.08.2023.
4. Brentlinger D. J. (2005). New trends in hydroponic crop production in the U.S., dostupno na: https://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=742_3, pristupljeno: 30.07.2023.
5. Brlek T. (2019). Utjecaj supstrata na prinos i nutritivnu vrijednost mladih izdanaka povrća i suncokreta, dostupno na: <https://core.ac.uk/download/pdf/270088678.pdf>, pristupljeno: 15.09.2023
6. Bulgari R., Baldi A., Ferrante A., Lenzi A. (2017). Yield and quality of basil, swiss chard and rocket microgreens grown in a hydroponic system, *New Zealand journal of crop and horticultural science*, volume 45, dostupno na: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01140671.2016.1259642>, pristupljeno 10.08.2023.
7. Bulgari R., Negri M., Santoro P., Ferrante A. (2021). Quality evaluation of indoor-grown microgreens cultivated on three different substrates, Article of special issue *Urban horticulture- new trends and technologies*, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2311-7524/7/5/96#B2-horticulturae-07-00096>, pristupljeno: 30.08.2023.
8. Choe U., Liangli L. Y., T. Y. Wang T. (2018). The Science behind Microgreens as an Exciting New Food for the 21st Century, *Journal of agricultural and food chemistry*, 11519 – 11530, dostupno na: <https://www.queensmicrogreensnyc.com/uploads/b/c210f1b0-18a7-11ec-ba51-d9e6896b4a5d/6e84cff0-69a9-11ec-bc85-55f9be47aae8.pdf>, pristupljeno: 15.09.2023.
9. Crozier A., Jaganath I.B., Clifford M. N. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: An overview, dostupno na: https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=mvJmDW7CVTMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=crozier+phenols+2006&ots=oM763UGuLn&sig=R0hAUNlxP_nrSSNz94_wu1GI3NI&

redir_esc=y#v=onepage&q=crozier%20phenols%202006&f=false, pristupljeno: 10.09.2023.

10. De la Fuente B., López-García G., Máñez V., Alegría A., Barberá R., Cilla A. (2019). Evaluation of the Bioaccessibility of Antioxidant Bioactive Compounds and Minerals of Four Genotypes of Brassicaceae Microgreens, Foods, dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31324050/>, pristupljeno: 15.08.2023.
11. Di Gioia F., Santamaria P. (2015). Microgreens, dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/283426636_Microgreens, pristupljeno: 30.07.2023.
12. Ebert A. W. (2022). Sprouts and microgreens – novel food sources for healthy diets, Article of special issue Advanced research on sprouts and microgreens as a source of bioactive compound, volume 11, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/4/571>, pristupljeno: 02.08.2023.
13. El-Nakhel C., Pannico A., Graziani G., Giordano M., Kyriacou M.C., Ritieni A., De Pascale S., Roupheyl Y. (2021). Mineral and Antioxidant Attributes of *Petroselinum crispum* at Different Stages of Ontogeny: Microgreens vs. Baby Greens, Article of special issue Sprouts, microgreens and edible flowers as novel functional foods, Volume 11, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/5/857>, pristupljeno: 06.08.2023.
14. ESSA (2011). https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-04/biosafety_fh_guidance_essa_sprouts-and-seeds_hr.pdf, pristupljeno: 20.09.2023.
15. Fabek Uher S., Radman S., Opačić N., Dujmović M., Benko B., Lagundžija D., Mijić V., Prša L., Babac S., Šic Žlabur J. (2023). Alfalfa, cabagge, beet and fennel microgreens in floating hydroponics – perspective nutritious food, Plants, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/11/2098>, pristupljeno: 15.09.2023.
16. Gest N., Gautier H., Stevens R. (2013): Ascorbate as seen through plant evolution: the rise of a successful molecule, *Journal of Experimental Botany* 64: 33–53, dostupno na: <https://sci-hub.se/10.1093/jxb/ers297>, pristupljeno: 20.09.2023.
17. Ghoola M. D., Dandamudi R. B., Srividya N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens, *Journal of food composition and analysis*, dostupno na: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jfca.2020.103495>, pristupljeno: 05.08.2023.
18. Giordano M., Petropoulos S. A., Kyriacou M. C., Graziani G., Zarrelli A., Roupheyl Y., El-Nakhel C. (2022). Nutritive and phytochemical composition of aromatic microgreens herbs and spices belonging to Apiaceae family, Article of special issue Phytochemical and Nutritional Analyses of Medicinal and Aromatic Plants, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/22/3057#B5-plants-11-03057>, pristupljeno: 03.08.2023.
19. Hayden A. (2006). Aeroponic and hydroponic systems for medicinal herb, rhizome, and root crops, dostupno na: <https://www.semanticscholar.org/paper/Aeroponic-and-hydroponic-systems-for-medicinal-and-Hayden/8a5bb37c8e36ba6e09598728a9fe15eeb23f401d>, pristupljeno: 15.09.2023.

20. Høyen B. E. (2017). Light and temperature effects on metabolite concentration in selected herb and microgreens, dostupno na: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2473071/15934_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y, pristupljeno: 07.08.2023.
21. Huang, H.; Ullah, F.; Zhou, D.X.; Yi, M.; Zhao, Y. (2019). Mechanisms of ROS regulation of plant development and stress responses. *Front. Plant Sci.*, *10*, 800, dostupno na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00800/full>, pristupljeno: 25.09.2023.
22. Kowitcharoen L., Phornvillay S., Lekham P., Pongprasert N., Srilaong V. (2021), Bioactive Composition and Nutritional Profile of Microgreens Cultivated in Thailand, Special Issue Functional Properties in Preharvest and Postharvest Fruit and Vegetables), dostupno na: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/17/7981>, pristupljeno: 25.09.2023.
23. Kumar N., Goel N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications, dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31516850/>, pristupljeno: 20.08.2023.
24. Kyriacou M. C., El-Nakhel C., Pannico A., Graziani G., Soteriou G. A., Giordano M., Palladino M., Ritieni A., De Pascale S., Roupheal Y. (2020). Phenolic Constitution, Phytochemical and Macronutrient Content in Three Species of Microgreens as Modulated by Natural Fiber and Synthetic Substrates, dostupno na: <https://sci-hub.se/10.3390/antiox9030252>, pristupljeno: 10.08.2023.
25. Kyriacou M.C., Roupheal Y., Di Gioia F., Kyrtzis A., Serio F., Renna M., De Pascale S., Santamaria P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens, Trends in Food Science and Technology, volume 57, stranice 103-115, dostupno na: <https://pure.psu.edu/en/publications/micro-scale-vegetable-production-and-the-rise-of-microgreens>, pristupljeno: 30.07.2023.
26. Martinović I., (2018)., Antioksidativni učinak novosintetiziranih derivata ferocena, dostupno na: [file:///C:/Users/visnjac/Downloads/martinovic_iva_mefos_2017_zavrs_sveuc%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/visnjac/Downloads/martinovic_iva_mefos_2017_zavrs_sveuc%20(2).pdf), pristupljeno: 20.09.2023.
27. Matić D. (2014). Uloga i metabolizam askorbinske kiseline u biljkama, dostupno na: <https://repositorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf%3A2143/datastream/PDF/view>, pristupljeno: 25.09.2023.
28. Opačić N., Šagud A., Skomrak A., Đurak J., Kos F., Butković M., Fabek Uher S. (2018.), Microgreens kao funkcionalna hrana, Glasnik zaštite bilja 3/2018, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/296160>, pristupljeno: 02.08.2023.
29. Paradiso, V. M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C. E., Calasso, M., Terzano, R., Allegretta, I., Leoni, B., Caponio, F., Santamaria, P. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food & function*, *9*(11): 5629-5640. , dostupno

- na: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/fo/c8fo01182f>, pristupljeno: 30.07.2023.
30. SAS®/STAT 14.3; SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA, 2017.
 31. Teng J., Liao P., Wang M. (2021). The role of emerging micro-scale vegetables in human diet and health benefits—an updated review based on microgreens, Review article in Food and function, dostupno na: <https://sci-hub.se/10.1039/d0fo03299a>, pristupljeno: 25.9.2023.
 32. Teng Z., Luo Y., Pearlstein D. J., Wheeler R. M., Johnson C. M., Wang Q., Fonseca J. M. (2022). Microgreens for Home, Commercial, and Space Farming: A Comprehensive Update of the Most Recent Developments, Annual Review of Food Science and Technology, dostupno na: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-food-060721-024636>, pristupljeno: 30.07.2023.
 33. Treadwell D., Hochmuth R., Landrum L., Laughlin W. (2020). Microgreens: a new specialty crop, dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/345847965_Microgreens_A_New_Specialty_Crop, pristupljeno: 30.07.2023.
 34. Tudor Kalit M., Bažok R., Lukač Havranek J. (2014). Sigurnost hrane: Od polja do stola, Zagreb : M.E.P.
 35. Verlinden S. (2019). Microgreens , dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119625407.ch3>, pristupljeno: 18.9.2023.
 36. Weber C.F. (2017). Nutrient content of cabbage and lettuce microgreens grown on compost and hydroponic growing pads, Journal of horticulture, dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/312328447_Nutrient_content_of_cabbage_and_lettuce_microgreens_grown_on_compost_and_hydroponic_growing_pads, pristupljeno: 05.08.2023.
 37. Xiao Z., Codling E. E., Luo Y., Nou X., Lester G. E., Wang Q. (2016). Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties, Journal of food composition and analysis, dostupno na: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jfca.2016.04.006>, pristupljeno: 08.08.2023.
 38. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens, dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22812633/>, pristupljeno: 05.08.2023.

Životopis

Mia Vrbanić rođena je u Zagrebu, 21. listopada 1999., ali stanuje u Samoboru. Pohađala je Osnovnu školu Janka Mišića u Samoboru, nakon koje upisuje Opću gimnaziju Antuna Gustava Matoša također u Samoboru. Preddiplomski studij Agrarna ekonomika upisuje 2018. godine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Nakon završenog preddiplomskog studija 2020. godine, upisuje diplomski studij, smjer Ekološka poljoprivreda i agroturizam. Predmet francuskog jezika pohađala je tijekom osnovne i srednje škole (razina A1), dok engleski govori tečno (razina B2). Svoje slobodno vrijeme provodi u prirodi, doma slikajući i u društvu svojih ljubimaca. Također, većinu svog slobodnog vremena provodi i s prijateljima.