

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Lovro SINKOVIČ

**VPLIV SORTE IN NAČINA PRIDELAVE NA
VSEBNOST POLIFENOLOV, VIŠJIH MAŠČOBNIH
KISLIN IN SKUPNI ANTIOKSIDACIJSKI
POTENCIAL SILJENEGA RADIČA
(*Cichorium intybus* L.)**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Lovro SINKOVIČ

**VPLIV SORTE IN NAČINA PRIDELAVE NA VSEBNOST
POLIFENOLOV, VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN IN SKUPNI
ANTIOKSIDACIJSKI POTENCIAL SILJENEGA RADIČA
(*Cichorium intybus* L.)**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**INFLUENCE OF VARIETY AND AGROTECHNICAL CONDITIONS
ON PHENOLIC COMPOSITION, FATTY ACID CONTENT AND
ANTIOXIDATIVE POTENTIAL OF CHICON (*Cichorium intybus* L.)**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2014

POPRAVKI

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa Komisije za doktorski študij Univerze v Ljubljani z dne 19.09.2012, je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za opravljanje doktorata znanosti na doktorskem študiju Bioznanosti, znanstveno področje prehrana. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Rajko Vidrih in za somentorja doc. dr. Dragan Žnidarčič.

Doktorska disertacija je zaključek interdisciplinarnega doktorskega študija Bioznanosti s področja prehrane na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Raziskovalno delo je bilo opravljeno na Katedri za tehnologije, prehrano in vino, Oddelka za živilstvo ter na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Oddelka za agronomijo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Analize mineralov so bile opravljene v laboratoriju za rentgensko spektrometrsko analizo na Inštitutu Jožefa Stefana v Ljubljani ter analize polifenolov pa so bile opravljene v laboratoriju Tehniške Univerze München v Freisingu.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Somentor: doc. dr. Dragan Žnidarčič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Članica:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je disertacija rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačano, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reprodiciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Doktorand:
Lovro SINKOVIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 635.54:631.5:641.1:543.61(043)=163.6
KG	radič/ <i>Cichorium intybus</i> /siljenje radiča/hidroponika/gnojenje/organska gnojila/mineralna gnojila/kemijska sestava/fenolne spojine/antioksidacijski potencial/minerali/maščobne kisline/hidroksicimetne kisline/cikorna kislina/klorogenska kislina/HPLC/X-ray/DPPH/FC reagent
AV	SINKOVIČ, Lovro, univ. dipl. inž. živ. teh.
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/ŽNIDARČIČ, Dragan (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Interdisciplinarni doktorski študij Bioznanosti, področje prehrane
LI	2014
IN	VPLIV SORTE IN NAČINA PRIDELAVE NA VSEBNOST POLIFENOLOV, VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN IN SKUPNI ANTIOKSIDACIJSKI POTENCIAL SILJENEGA RADIČA (<i>Cichorium intybus</i> L.)
TD	Doktorska disertacija
OP	X, 84 str., 13 pregl., 9 sl., 108 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Doktorsko delo obravnava razlike v kemijski sestavi rdečih, pisanih in zelenih sort radiča (<i>Cichorium intybus</i> L.) pridelanih z različnimi načini pridelave (siljenjen radič, rozete pridelane v loncih). V petih sortah radiča, katerega korene smo silili v hranilnih gnojilih z različnimi gnojili smo določili: vsebnost skupnih fenolov, skupnih flavonoidov, antioksidacijski potencial, mineralno sestavo in maščobnokislinski profil. Raziskali smo tudi nekatere morfometrične parametre (višina in širina rozete, število listov, pridelana masa). V različnih sortah rozet radičev pridelanih ob uporabi organskih in/ali mineralnih gnojil smo določili: posamezne fenolne spojine s HPLC, izotopsko sestavo ¹⁵ N in ¹³ C ter maščobnokislinsko sestavo. Rezultati so pokazali, da je več skupnih fenolov in višji antioksidacijski potencial v rdečih sortah radiča. Dodatek kalija v hranilno raztopino med siljenjem vpliva na večjo vsebnost fenolov in flavonoidov, dodatek dušika pa na večji antioksidacijski potencial. Multi-elementna analiza siljenih radičev je pokazala prisotnost makromineralov (P, Ca, K, Cl, S) in mikromineralov (Fe, Zn, Mn, Rb, Br in Sr). V rozetah pridelanih v loncih smo identificirali monomerne in oligomerne hidroksicimetne kisline ter njihove derivate (galna, benzojska kislina). Potrdili smo prisotnost nekaterih pomembnih flavonoidov (kvercetin, kamferol, apigenin in luteolin). Identificirali in določili smo vsebnost cikorne, klorogenske in kaftarne kisline. Maščobne kisline smo določili z GC kot metilne estre maščobnih kislin (FAME). Analiza je pokazala prisotnost α -linolenske, linolne, palmitinske, oleinske in palmitoleinske maščobne kisline, na njihovo vsebnost pa je vplival način pridelave. Največ je v radiču α -linolenske (<i>n</i> -3) in linolne (<i>n</i> -6) maščobne kisline, ugodno pa je tudi razmeje <i>n</i> -6/ <i>n</i> -3 (< 1). Analiza izotopske sestave ¹⁵ N je potrdila, da gnojenje z organskimi gnojili vpliva na značilno večje vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ kot pri gnojenju z mineralnimi gnojili.

KEY WORD DOCUMENTATION

- ND Dd
- DC UDC 635.54:631.5:641.1:543.61(043)=163.6
- CX chicory/*Cichorium intybus*/chicory forcing/hydroponics/fertilization/organic fertilizers/synthetic fertilizers/chemical composition/phenolic composition/antioxidative potential/minerals/fatty acids/hydroxycinnamic acids/cichoric acid/chlorogenic acid/HPLC/X-ray/DPPH/FC reagent
- AU SINKOVIČ, Lovro
- AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/ŽNIDARČIČ, Dragan (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Interdisciplinary Doctoral Programme in Biosciences, Field Nutrition
- PY 2014
- TI INFLUENCE OF VARIETY AND AGROTECHNICAL CONDITIONS ON PHENOLIC COMPOSITION, FATTY ACID CONTENT AND ANTIOXIDATIVE POTENTIAL OF CHICON (*Cichorium intybus* L.)
- DT Doctoral dissertation
- NO X, 84 p., 13 tab., 9 fig., 108 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Doctoral thesis deals with the differences in the chemical composition of red, red-spotted and green chicory (*Cichorium intybus* L.) cultivars grown with different production methods (forced chicons, rosettes grown in pots). In five chicon cultivars from forcing in different nutrient solutions we obtained: total phenolic content, total flavonoids, antioxidative potential, mineral content and fatty acid profiles. We measured some morphometrical parameters (height and diameter, number of leaves, net mass). In different chicory cultivars grown with the addition of organic and/or mineral fertilisers following parameters were evaluated: individual phenolic compounds by means of HPLC, stable isotope composition of ¹⁵N and ¹³C and fatty acid composition. The results showed significantly higher total phenolics and antioxidative potential in red chicory cultivars. The addition of potassium in the nutrient solution resulted in higher total phenolics and flavonoids, the addition of nitrogen increase only antioxidative potential. Multi-elemental analysis of chicons showed the content of the macro-minerals (P, Ca, K, Cl, S) and micro-minerals (Fe, Zn, Mn, Rb, Sr, Br). In rosettes grown in pots we identified the monomeric and oligomeric hydroxycinnamic acids and their derivatives (gallic, benzoic acid). We also confirmed the presence of some important flavonoids (quercetin, kaempferol, apigenin and luteolin). We further identified and quantified the chicoric, chlorogenic and caftaric acids. Fatty acids composition was determined by means of GC as fatty acid methyl esters (FAMES). The analysis revealed the presence of α -linolenic, linoleic, palmitic, oleic and palmitoleic fatty acid, their content being influenced by agricultural production method. Predominant fatty acids were α -linolenic (*n*-3) and linoleic (*n*-6) fatty acids, with the favourable *n*-6/*n*-3 ratio (< 1). Stable isotope composition of ¹⁵N confirmed, that administration of organic fertilizers results in significantly higher $\delta^{15}\text{N}$ values as compared to mineral fertilizers.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN DELA	2
1.2 RAZISKOVALNE HIPOTEZE.....	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 RADIČ IN NJEGOVA PRIDELAVA	4
2.2 BIOAKTIVNE KOMPONENTE IN MINERALI	7
2.3 MAŠČOBNE KISLINE	11
2.4 STABILNI IZOTOPI DUŠIKA IN OGLJIKA	12
2.4.1 Vplivi na porazdelitev stabilnih izotopov ¹²C in ¹³C	13
2.4.2 Vplivi na porazdelitev stabilnih izotopov ¹⁴N in ¹⁵N	14
3 MATERIAL IN METODE.....	16
3.1 RASTLINSKI MATERIAL	16
3.1.1 Poskus hidroponskega siljenja radiča	17
3.1.2 Lončni poskus pridelave rozet radiča z različnimi gnojili	18
3.2 METODE DELA	20
3.2.1 Določanje vsebnosti skupnih fenolov s Folin-Ciocalteu metodo	20
3.2.2 Določanje posameznih fenolnih spojin s HPLC metodo.....	20
3.2.3 Določanje antioksidacijskega potenciala z radikalom DPPH	22
3.2.4 Določanje vsebnosti skupnih flavonoidov z AlCl₃	23
3.2.5 Določanje mineralne (elementne) sestave	23
3.2.6 Določanje maščobnokislinske sestave.....	24
3.2.7 Določanje izotopov dušika in ogljika.....	25
3.2.8 Statistična analiza.....	26
4 REZULTATI	27
4.1 SILJEN RADIČ PRIDELAN Z RAZLIČNIMI HRANILNIMI RAZTOPINAMI	27
4.1.1 Morfometrične lastnosti.....	27

4.1.2	Vsebnost sušine, skupnih fenolov, skupnih flavonoidov in antioksidacijski potencial	29
4.1.3	Mineralna sestava.....	32
4.1.4	Multivariatna analiza – linearna diskriminantna analiza (LDA).....	36
4.2	LISTI ROZET RADIČEV PRIDELANIH Z ORGANSKIMI IN MINERALNIMI GNOJILI.....	39
4.2.1	Identifikacija fenolnih spojin	39
4.2.2	Kvantitativna analiza.....	43
4.2.3	Multivariatna analiza.....	48
4.2.4	Izotopska sestava $\delta^{13}\text{C}$ in $\delta^{15}\text{N}$ v listih radičev pridelanih z organskimi in mineralnimi gnojili.....	50
4.3	VPLIV GNOJENJA NA MAŠČOBNOKISLINSKO SESTAVO V LISTIH RADIČA IN SILJENEGA RADIČA	53
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	59
5.1	RAZPRAVA	59
5.1.1	Siljen radič	59
5.1.2	Radič pridelan ob uporabi organskih in mineralnih gnojil	63
5.1.3	Maščobnokislinska sestava listov radiča in siljenega radiča.....	66
5.2	SKLEPI.....	68
6	POVZETEK (SUMMARY).....	70
6.1	POVZETEK.....	70
6.2	SUMMARY	71
7	VIRI.....	74

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Posamezne fenolne spojine v radiču (<i>Cichorium intybus</i> L.) kot so opisane v znanstveni literaturi.....	8
Preglednica 2: Esencialni makro- in mikrominerali ter njihove funkcije v telesu (Daries, 2013)	10
Preglednica 3: Podrobnosti in opravila pri pridelavi korenov radiča.....	17
Preglednica 4: Morfometrične lastnosti siljenih radičev po končani fazi siljenja (model 1)	28
Preglednica 5: Vsebnost sušine in bioaktivnih parametrov (TPC, vsebnost skupnih fenolov; TFC, vsebnost skupnih flavonoidov; AOP, antioksidacijski potencial) v siljenih radičih po končani fazi siljenja (model 1).....	30
Preglednica 6: Vsebnosti makromineralov (elementov) v siljenih radičih po končani fazi siljenja (model 1).....	33
Preglednica 7: Vsebnosti mikromineralov v siljenih radičih po končani fazi siljenja.....	35
Preglednica 8: Fenolne spojine v listih radičev ločene s pomočjo HPLC in obravnavane glede na retencijski čas R_t (min) ter absorpcijski maksimum UV λ_{max} (nm)	40
Preglednica 9: Kvantitativni profili glavnih skupin fenolnih spojin v listih različnih sort radiča tretiranih brez ali z različnimi gnojili (model 2)	45
Preglednica 10: Vsebnosti posameznih hidroksicimetnih kislin v listih različnih sort radiča tretiranih z gnojili ali brez (model 2)	47
Preglednica 11: Maščobnokislinska sestava (ut. %/skupnih maščobnih kislin) v listih različnih sort radiča proizvedenega z uporabo različnih gnojil (model 2).....	53
Preglednica 12: Maščobnokislinska (ut. %/skupnih maščobnih kislin) sestava siljenih radičev po končani fazi siljenja v različnih hranilnih raztopinah (model 1).....	55
Preglednica 13: Prehranske informacije za radič in siljen radič izhajajoče iz podatkov o vsebnostih maščobnih kislin v najboljšem pridelovalnem tretmaju: radič gnojen z organskim gnojilom (ORG2; Stallatico Pellettato) in siljen radič pridelan v z +N/K-3% (13-0-46) hranilni raztopini.....	58

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema HPLC procesa.....	22
Slika 2: Linearna diskriminantna analiza izvedena z 19 parametri: premer rozet, pridelana masa, premer rozet, število listov, sušina, TPC, TFC, AOP in koncentracije elementov P, S, Cl, K, Ca, Fe, Zn, Mn, Rb, Br ter Sr na 43 vzorcih siljenega radiča proizvedenega v 10 različnih hranilnih raztopinah. Koordinatni sistem sestoji iz prvih dveh diskriminantnih funkcij F1/F2 in predstavlja 86,0 % celotne razpršenosti za 19 spremenljivk. TPC, vsebnost skupnih fenolov; TFC, vsebnost skupnih flavonoidov; AOP, antioksidacijski potencial.....	37
Slika 3: Linearna diskriminantna analiza izvedena z 19 parametri: podani v legendi pri sliki 2 (glej tudi tekst), na 43 vzorcih siljenega radiča proizvedenega v hranilnih raztopinah s tremi različnimi gnojili +N/P/K (11-44-11), +N/K (13-0-46), +N (15,5-0-0) in kontroli (voda). Koordinatni sistem sestoji iz prvih dveh diskriminantnih funkcij F1/F2 in predstavlja 92,1 % celotne razpršenosti za 19 spremenljivk.....	38
Slika 4: Glavni kvalitativni profili skupin posameznih fenolnih spojin v listih petih sort radiča pri tretiranjih z različnimi gnojili. Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect; HCK, hidroksicimetne kisline; NFS, neznane fenolne spojine.	41
Slika 5: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g sveže mase) v listih petih sort radiča pri tretiranjih z različnimi gnojili. Podatki so povprečne vrednosti (\pm standardni odklon) treh ponovitev. Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect.	43
Slika 6: Linearna diskriminantna analiza (LDA) z uporabo rezultatov fenolnih spojin iz analize glavnih komponent (PCA) za 30 vzorcev radiča glede na šest različnih tretiranj (organska in/ali mineralna gnojila). Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect; NFS, neznana fenolna spojina; HCK, hidroksicimetna kislina; GAD, derivat galne kisline; KQD, derivat kamferola ali kvercetina; ALD, derivat apigenina ali luteolina; BAD, derivat benzojske kisline.....	49
Slika 7: Vrednosti izotopov ogljika $\delta^{13}\text{C}$ (‰) v radičih glede na uporabo organskih in/ali mineralnih gnojil. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm \text{SO}$ (n = 5). Srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C) so statistično značilne (P <0,001; razlike med uporabljenimi gnojili). Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect.....	50

Slika 8: Vrednosti izotopov ogljika $\delta^{15}\text{N}$ (‰) v radičih glede na uporabo organskih in/ali mineralnih gnojil. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm \text{SO}$ ($n = 5$). Srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C) so statistično značilne ($P < 0,001$; razlike med uporabljenimi gnojili). KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect. 51

Slika 9: Razponi za najbolj zastopani maščobni kislini (kot so identificirane) v siljenih radičih (levo) in radičih (desno). Legenda: Trev, 'Treviški'; Ver, 'Verona'; Ani, 'Anivip'; Cf, 'Castelfranco'; Moni, 'Monivip'. 57

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AlCl ₃	aluminijev triklorid
ALD	derivat apigenina ali luteolina (angl. <i>Apigenin or Luteolin Derivative</i>)
AOP	antioksidacijski potencial
BAD	derivat benzojske kisline (angl. <i>Benzoic Acid Derivative</i>)
C16:0	heksadekanojska kislina (palmitinska kislina)
C18:0	oktadekanojska kislina (stearinska kislina)
C18:1(Δ^9)	(Z)-9-oktadecenojska kislina (oleinska kislina)
C18:2($\Delta^{9,12}$)	(Z,Z)-9,12-oktadekadienojska kislina (linolna kislina)
C18:3($\Delta^{9,12,15}$)	(Z,Z,Z)-9,12,15-oktadekatrienojska kislina (α -linolenska kislina)
C20:0	eikozanojska kislina (arašidna kislina)
DAD	detektor s serijo diod
DPPH	prosti radikal 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil
EDXRF	energijsko disperzijska rentgenska fluorescenčna spektrometrija (angl. <i>Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry</i>)
FAME	metilni estri maščobnih kislin (angl. <i>Fatty Acids Methyl Esters</i>)
GAD	derivat galne kisline (angl. <i>Galic Acid Derivative</i>)
GC	plinska kromatografija (angl. <i>Gas Chromatography</i>)
HCK	hidroksicimetne kisline (angl. <i>Hydroxycinnamic Acid</i>)
HPLC	visokotlačna tekočinska kromatografija (angl. <i>High-Performance Liquid Chromatography</i>)
K ₂ O	kalijev oksid
KQD	derivat kamferola ali kvercetina (angl. <i>Kaempferol or Quercetin Derivative</i>)
LDA	linearna dikriminantna analiza (angl. <i>Linear Discriminant Analysis</i>)
MK	maščobne kisline
MUFA	enkrat nenasičena maščobna kislina (angl. <i>Monounsaturated Fatty Acid</i>)
NFS	neznane fenolne spojine (angl. <i>Unknown Phenolic Compounds</i>)
P ₂ O ₅	fosforjev pentaoksid
PCA	analiza glavnih komponent (angl. <i>Principle Components Analysis</i>)
PUFA	večkrat nenasičena maščobna kislina (angl. <i>Polyunsaturated Fatty Acid</i>)
SFA	nasičena maščobna kislina (angl. <i>Saturated Fatty Acid</i>)
SO	standardni odklon
TFC	vsebnost skupnih flavonoidov (angl. <i>Total Flavonoid Content</i>)
TPC	vsebnost skupnih fenolov (angl. <i>Total Phenolic Content</i>)
\bar{x}	povprečna vrednost

1 UVOD

Uživanje radiča (*Cichorium intybus* L.) je bilo poznano že v davnini. Ljudje so za prehrano v glavnem uporabljali korenike in po njih to vrtnino tudi poimenovali, saj je italijanska beseda *radicchio* izpeljanka iz latinske *radix* (korenina). Radič in endivija si po videzu sicer nista podobna, vendar sta v sorodu in spadata v isto botanično družino radičevk (*Chicoriaceae*). V družino radičevk spada tudi cikorija oziroma divji radič, ki je sinonim za kavni nadomestek.

O radiču je govoril že rimski zgodovinar Plinij, ki je zapisal, da so ga prvi vzgojili Egipčani iz njegove predhodnice divje cikorije (*Chicorium intybus* L. var. *silvestre*), razširjene v Evropi, severni Afriki, na Bližnjem vzhodu in v Sibiriji. Kot zdravilno rastlino in za prehrano so ga uporabljali in cenili tako stari Grki kot Rimljani. Za izvor solatnih tipov radiča velja Italija, od koder se je pridelovanje razširilo na druga območja. V Sloveniji se kot vrtnina goji že vrsto let in postaja v zadnjem času vedno bolj cenjen. Kupci lahko vse leto izbirajo med zelenimi, pisanimi ali rdečimi glavnatimi, rozetastimi ali siljenimi tipi radičev.

Okrog leta 1830 naj bi v Belgiji slučajno odkrili kulinarčno specialiteto – 'Vitlof' (beli list). Spravljene rastline so v toplem in temnem prostoru iz korenike odgnale novo glavico, ki je bila povsem drugačna od radiča vzgojenega na njivi. Listi se niso razprli, bili so hrustljavi in skoraj sladki. Postopka imenovana siljenje in beljenje zelenjave, torej vzgoja v okolju, ki onemogoča fotosintezo, sta bila sicer znana že v antiki, a nikoli množično uporabljena. V kmetijskem almanahu L'Agricolo, Treviso leta 1862 prvič zasledimo zapis o tako vzgojenem rdečem radiču. Nekaj let kasneje so nastali prvi opisi o rdečkasti cikoriji, ki so jo jeseni kmetje spravili v hleve, kjer je izpostavljena toploti zaradi prisotnosti goveda in gnoja, dozorela v zelo cenjeno vrtnino. Siljen radič je vedno veljal za delikateso in temu primerno dosegal visoko ceno. V Sloveniji ima tovrstna pridelava že dolgo tradicijo, saj so o siljenem radiču prvič pisali v listu Kmetovalec leta 1876, nekaj let kasneje pa obsežneje v Kmetijskih in rokodelskih novicah leta 1885.

Pridelovanje radiča je lahko večnamensko. Izbira načina gojenja je odvisna od potreb trga in navad pridelovalcev. Tako je v praksi razširjeno pridelovanje radiča za spravilo listov (solatnik), rozet, glavic (glavnat radič) ter korenov za siljenje ali beljenje pridelka. Za pridelovanje je radič nezahtevna kultura, ki dobro prenaša nizke temperature, zato se lahko pobira tudi pozno jeseni in uživa v zimskem delu leta. Vsebnost aktivnih spojin je zelo odvisna od sorte, pogojev pridelovanja in skladiščnih pogojev. Uživanje tovrstne solatnice je zanimivo s prehranskega stališča predvsem zaradi vsebnosti polifenolov in antioksidantov, ki imajo preventivno vlogo pri preprečevanju različnih bolezni.

1.1 NAMEN DELA

V okviru študije smo želeli analizirati nekatere prehransko pomembne lastnosti v različnih sortah rdečega, pisanega in zelenega radiča glede na način pridelave (siljen radič, rozete pridelane v loncih) ter uporabe različnih vrst gnojil. Glavni namen raziskave je bil določiti kemijske parametre, ki pomembno prispevajo k prehranski vrednosti radiča, in sicer antioksidacijski potencial, vsebnost skupnih in posameznih fenolnih spojin, flavonoidov, mineralno sestavo ter maščobnokislinski profil.

V prvem delu raziskav smo postavili poskus, kjer smo razvite korene različnih sort radiča hidroponsko silili v hranilnih raztopinah z dodatkom različnih gnojil s poudarkom na dušiku, fosforju ali kaliju. Koreni radičev za siljenje so bili predhodno pridelani v poljskem poskusu na njivi v skladu s smernicami integrirane pridelave (MKGP, 2014). Želeli smo dokazati, da sorta radiča in sestava hranilne raztopine za hidroponsko siljenje vplivata na morfometrične lastnosti, sintezo biokemičnih snovi (skupnih in posameznih fenolov, flavonoidov) in sestavo mineralov, ki so pomembni s prehranskega stališča. Prav tako smo želeli dokazati, da imajo različne sorte radiča različno maščobnokislinsko sestavo.

Drug del raziskav je zajemal analize listov rozet radičev, ki smo jih pridelali v lončnem poskusu ob uporabi različnih organskih in/ali mineralnih gnojil. Oba poskusa smo izvajali v ogrevanem Centralnem raziskovalnem rastlinjaku Biotehniške fakultete v letih 2011 in 2012. Posebno pozornost smo namenili predvsem siljenemu tipu radiča, ki je zanimiv za uživanje zlasti v zimskih mesecih, ko je izbira sveže lokalne zelenjave na trgu omejena. Omenjeni tip zelenjave bi lahko postal za pridelovalce zelenjave v Sloveniji pomembna dopolnilna tržna niša, ki bi podaljšala pridelovalno sezono, obenem pa pripomogla k večji in hitrejši samooskrbi s svežo zelenjavo.

Cilji raziskave prvega poskusa so bili:

- Pridelati korene različnih sort radiča za nadaljnje hidroponsko siljenje (rdeče 'Treviski', 'Verona' in 'Anivip'; pisano 'Castelfranco'; in zeleno 'Monivip').
- Razvite korene hidroponsko siliti v treh različnih hranilnih raztopinah obogatenih z dušikom, fosforjem in/ali kalijem v treh različnih koncentracijah (1 %, 2 % in 3 %).
- Priprava vzorcev hidroponsko siljenega radiča za analize (ekstrakcija v 50 % (v/v) metanolu, sušenje, liofilizacija).
- Merjenje morfometričnih lastnosti posameznih rastlin in določanje sušune.
- Kvantitativna določitev skupnih fenolnih spojin v ekstraktih s spektrofotometrično Folin-Ciocalteu metodo.
- Kvantitativna določitev antioksidacijskega potenciala v ekstraktih s spektrofotometrično metodo s pomočjo radikala DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil).

- Kvantitativna določitev skupnih flavonoidov v ekstraktih s kolorimetrično metodo z $AlCl_3$.
- Kvalitativna in kvantitativna določitev vsebnosti mineralov v siljenih radičih s pomočjo energijsko disperzijske rentgenske fluorescenčne spektrometrije (EDXRF).
- Kvalitativna in kvantitativna določitev maščobnokislinske sestave siljenega radiča kot metilnih estrov maščobnih kislin (FAME) s pomočjo plinske kromatografije (GC).

Cilji raziskave drugega dela poskusa so bili:

- V lončnem poskusu v steklenjaku pridelati rozete različnih sort radiča (rdeče 'Treviški', 'Verona' in 'Anivip'; pisano 'Castelfranco'; in zeleno 'Monivip') ob vplivu dodatka organskih in/ali mineralnih gnojil.
- Priprava vzorcev iz listov radičev z liofilizacijo in določanje sušine.
- Kvalitativna in kvantitativna določitev posameznih in skupnih fenolnih spojin v ekstraktih z visokotlačno tekočinsko kromatografijo (HPLC).
- Določanje izotopske sestave dušika in ogljika z masno spektrometersko metodo IRMS (Isotope-ratio mass spectrometry).
- Kvalitativna in kvantitativna določitev maščobnokislinske sestave listov kot metilnih estrov maščobnih kislin (FAME) s pomočjo plinske kromatografije (GC).

1.2 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

Siljen radič:

- Sorta radiča in dodatek gnojila v hranilno raztopino za siljenje vplivata na vsebnost skupnih fenolnih spojin in antioksidacijski potencial.
- Sorta radiča in dodatek gnojila v hranilno raztopino za siljenje vplivata na vsebnost in količino posameznih elementov (mineralov).
- Sorta radiča in dodatek gnojila v hranilno raztopino za siljenje vplivata na maščobnokislinsko sestavo.

Rozete radiča pridelane v lončnem poskusu:

- Sorta radiča in dodatek organskega oziroma mineralnega gnojila med rastjo vplivata na fenolni profil.
- Delež izotopov dušika ($\delta^{15}N$) je pri uporabi organskih gnojil višji kot pri uporabi mineralnih gnojil.
- Sorta radiča in dodatek organskega oziroma mineralnega gnojila med rastjo vplivata na maščobnokislinsko sestavo.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RADIČ IN NJEGOVA PRIDELAVA

Radič (*Cichorium intybus* L.) je tipična mediteranska kultura, ki spada med radičevke in v rod *Cichorium*. Po vsej Evropi različne sorte in tipi radičev predstavljajo pomemben kmetijski pridelek, cenjen predvsem zaradi svojstvenega grenkega okusa, ki je posledica prisotnosti seskviterpenskih laktonov (Poli in sod., 2002). Radič velja za tradicionalno zelenjadnico, ki se že stoletja uživa kot listna zelenjava in postaja, predvsem zaradi vsebnosti bioaktivnih snovi, vse bolj priljubljena tudi v nemediteranskih kuhinjah. Za prehrano se največkrat uporabljajo listi, rozete ali glavice v različnih barvnih odtenkih (Papetti in sod., 2013). Zaradi nezahtevnosti pridelave in odpornosti na nizke temperature se lahko radič skozi vse leto uživa kot sveža solata, predvsem pa pozimi, ko je dostopnost druge listnate zelenjave na trgu manjša (Carazzone in sod., 2013). V zimskih mesecih je še posebej priljubljen siljen radič, ki zraste v temnem prostoru iz predhodno vzgojenih korenov (Godts in sod., 2010).

Pridelovanje radiča kot vrtnine ima v Sloveniji dolgo tradicijo, saj ga gojimo že več kot sto let (Žnidarčič in sod., 2004). Poznamo številne sorte in tipe, pridelava pa poteka z različnimi kmetijskimi proizvodnimi načini skozi vse leto. Potrošniki imajo tako na izbiro zelene, pisane ali rdeče glavnote, rozetaste in siljene tipe radičev. Uživanje tovrstne solatnice je zanimivo s prehranskega stališča, predvsem zaradi antioksidantov, ki imajo preventivno vlogo pri preprečevanju različnih bolezni, predvsem kardiovaskularnih obolenj. Vsebnost aktivnih spojin je zelo odvisna od sorte, pogojev pridelovanja (npr. tipa tal, gnojenja, temperature, osvetlitve, zrelosti) in skladiščnih pogojev (Žnidarčič in sod., 2011). Zaradi svojstvenih prehranskih lastnosti in vse večje priljubljenosti v prehrani v zadnjem desetletju, ima pridelava radiča velik potencial za rast, tako na lokalnih kot na mednarodnih trgih.

Pridelovanje radiča je lahko večnamensko. Izbira načina gojenja je odvisna od potreb trga in navad pridelovalcev. Tako je v praksi razširjeno predvsem pridelovanje radiča za spravilo listov (solatnik), rozet, glavic (glavnat radič, štrucar) ter korenov za siljenje ali beljenje pridelka (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999). Posamezne sorte lahko gojimo večnamensko (za siljenje, kot solatnik ali glavnat radič). Obstaja nešteto sort in tipov s široko paleto barv, ki jih lahko pridelujemo na različne načine skozi vse leto (Innocenti in sod., 2005). Nekatere sorte radiča se uporabljajo za proizvodnjo siljenih glavic, med katerimi je najbolj poznana 'Vitlof' (Francois in sod., 2008).

Siljenje radiča je eden od gospodarsko pomembnejših načinov pridelave tovrstne vrtnine, kjer iz razvitih korenov v temi pridelamo mlade liste, rozete oziroma glavice. (Vanstreels

in sod., 2002). V Sloveniji za to vrsto pridelka uporabljamo izraz siljen radič, njegov angleški sinonim pa je »chicon«. V zadnjih letih zanimanje in komercialni interes za siljen radič vedno bolj naraščata, predvsem zaradi posebne oblike glavic in kulinarčnih značilnosti, ki jih pridobimo s postopkom siljenja po spravi korenov. V teh pogojih se razvite rastline radiča neatraktivnih zelenkastih listov in trpkega okusa spremenijo v obeljen, sočen, sladek in hrustljav siljen radič. Poleg izjemnih organoleptičnih lastnosti nekatere sorte odlikuje tudi kontrastno prehajanje belega listnega rebra v živo rdečo barvo listov, ki spominja na pravo vrtnico. Poleg naštetega je tak radič tudi zdrav, saj pospešuje prebavo in zaradi antioksidacijskega učinka zavira staranje organizma. Pogoji siljenja so zasnovani tako, da čim bolj izboljšajo prehransko in estetsko kakovost radiča, kot tudi povečajo njegovo tržno vrednost (Nicoletto in Pimpini, 2009). Po tradicionalni metodi razvite korene radiča silimo v vlažni mivki ali šoti. Raziskave in izboljšave genotipov v 70-ih ter 80-ih letih prejšnjega stoletja so omogočile razvoj nove metode imenovane hidroponsko siljenje. Ta vzgojna izboljšava je omogočila velik prihranek časa, saj čiščenje siljenih glavic ni bilo več potrebno (Tan in Corey, 1990). Hidroponska pridelava je metoda gojenja rastlin na način, da korenine potopimo v vodno raztopino z dodanimi mineralnimi hranilnimi snovmi.

Hidroponsko siljenje radiča je v praksi razdeljeno na rast korenov na polju in rast le teh v temi v hranilni raztopini (Tan in Corey, 1990; De Rijck in Schrevens, 1998). Iz pobranih in očiščenih korenin v prostoru za siljenje ob ustreznih pogojih (tema, ustrezna temperatura) poženejo krhki listi oziroma rozete (glavice) svojstvenega okusa, ki se lahko uživajo dušeni, kuhani, predvsem pa surovi v solatah (Vanstreels in sod., 2002). Pri rdečelistnih sortah se, zaradi intenzivnejšega obarvanja listov, priporoča siljenje pri nekoliko nižjih temperaturah kot pri zelenolistnih. Rdeče sorte silimo pri temperaturah od 8 °C do 15 °C, zelene in pisane pa pri nekoliko višjih, in sicer od 10 °C do 18 °C. Pri nižjih temperaturah se siljenje s treh do štirih tednov podaljša na čas od enega do dveh mesecev. Siljen pridelek pobiramo v fazi normalno razvitih listov, rozet oziroma majhnih glavic, značilnih za gojeno sorto, skupaj z delom korena ali brez njega. Obtrgavanje listov lahko poteka enkrat ali večkrat, odvisno od stanja korena (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Pri pridelavi korenov radiča za nadaljnje siljenje je pomembna pravočasna zasnova posevka z neposredno setvijo, redkeje s presajanjem, saj tako dobimo manj razvejane korene. Običajno v Sloveniji radič za siljenje sejemo v juniju, najpozneje v začetku julija, da rastline ob primerni oskrbi do jeseni razvijejo dovolj debele korene. Pomembno je, da posevek radiča pravilno oskrbujemo, gnojimo in namakamo, saj drugače ne dobimo dobro razvitih in oblikovanih korenov (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999). Odebeljeni koreni vsebujejo predvsem dve glavni rezervni snovi, in sicer inulin in dušikove spojine. Polisaharid inulin spada v razred prehranskih vlaknin poznanih kot fruktani in predstavlja od 80 % do 85 % suhe mase korenov ter edini vir ogljika za metabolizem v obdobju siljenja. Dušikove spojine so količinsko manj pomembne od ogljikovih hidratov in

navadno predstavljajo približno 1 % suhe mase korenov. Dušik je shranjen v proteinih in aminokislinah, med katerimi prevladuje arginin (Fouldrin in Limami, 1993). Te rezervne snovi močno vplivajo na rast in kvaliteto siljenega radiča (Améziane in sod., 1997).

Dušik je bistven element pri rasti rastlin. Med postopkom siljenja rastline sprejmejo dušik iz dveh virov: sproščenega iz odebeljenih korenov (endogeni dušik) in iz hranilne raztopine (eksogeni dušik) (Fouldrin in Limami, 1993). Uporaba mineralnih gnojil v intenzivnem oziroma konvencionalnem kmetijstvu prispeva k večjemu pridelku, vendar pa ta način pridelave pušča za seboj različne negativne posledice, kot so onesnažena podtalnica in pojav različnih fizioloških bolezni pri rastlinah, kar je posledica porušenega razmerja med makroelementi in mikroelementi (Šturm in sod., 2010).

Pri organski oziroma ekološki pridelavi skozi celotno obdobje gojenja ne uporabljamo sintetičnih pesticidov, herbicidov in mineralnih gnojil (Heimler in sod., 2009). V zadnjih letih doživlja ekološko kmetovanje hitro rast, saj naj bi imela živila iz tovrstne pridelave višjo antioksidacijsko aktivnost, ki je posledica večje vsebnosti fenolnih spojin (Mitchell in sod., 2007; Faller in Fialho, 2010; Oliveira in sod., 2013; Vinha in sod., 2014). Cena ekološko pridelane hrane je običajno višja, zaradi višjih stroškov pridelave in postopka certificiranja (Nelson in sod., 2004). Dosedanje znanstvene študije so poročale, da uporaba mineralnih in organskih gnojil (Montalba in sod., 2010; Salama in sod., 2014), kot tudi razlike v genotipu (Cevallos-Casals in sod., 2006; Treutter in sod., 2012) lahko vplivajo na vsebnost bioaktivnih komponent v živilih. Uporaba mineralnih gnojil naj bi na podlagi nekaterih raziskav (Dumas in sod., 2003) vplivala na nižjo vsebnost antioksidantov v zelenjavi, medtem ko naj bi imela organska gnojila nasproten učinek – vendar vse študije ne potrjujejo teh trditev (Faller in Fialho, 2010).

Integrirana pridelava velja za trajnostno kmetijstvo in je neke vrste srednja pot med konvencionalnim in ekološkim kmetijstvom. Gre za naravi prijazen način pridelave, kjer se z uporabo naravnih virov in mehanizmov, ki zmanjšujejo negativne vplive kmetovanja na okolje in zdravje ljudi, prideluje kakovostna in zdrava hrana. Integrirana pridelava zelenjave je zelo razširjena med tržnimi pridelovalci v razvitih zahodnoevropskih državah in ponekod že predstavlja pogoj za prodajo trgovskim verigam. Glavni cilji so pridelovanje zdrave zelenjave, varovanje okolja, ohranjanje urejenega videza pridelovalnih površin in uporaba gnojil ter fitofarmaceutskih sredstev na osnovi izračunov potreb v skladu z gnojilnim načrtom (Bavec, 2003; Bavec in sod., 2009). Večina dosedanjih raziskav je primerjala konvencionalno in ekološko kmetijstvo (Heimler in sod., 2009; Šturm in sod., 2010), medtem ko je študij o primerjavi med ekološko in integrirano pridelavo še vedno malo. Oba pridelovalna sistema namreč podpirajo kmetijsko okoljski programi v različnih državah (Pfiffner in Luka, 2007).

2.2 BIOAKTIVNE KOMPONENTE IN MINERALI

Zelenjava predstavlja bogat vir antioksidantov in ostalih bioaktivnih komponent. S prehranskega stališča so antioksidanti, predvsem fenolne spojine, najbolj pomembni (Faller in Fialho, 2010), saj imajo varovalni učinek pred številnimi kroničnimi boleznimi (Papetti in sod., 2002). Poleg tega zelenjava vsebuje številne vitamine, encime, minerale in prehranske vlaknine, ki prav tako ugodno vplivajo na zdravje ljudi (Sulaiman in sod., 2011). Prehrana bogata z zelenjavo in sadjem je vedno bolj pomembna, saj uživanje zniža možnost za nastanek sodobnih civilizacijskih bolezni, kot sta rak in kardiovaskularne bolezni (Pellegrini in sod., 2003; Llorach in sod., 2004; Llorach in sod., 2008; Faller in Fialho, 2010). Številne raziskave potrjujejo, da sveža listna zelenjava vsebuje pomembne funkcionalne sestavine hrane, predvsem minerale in biološko aktivne spojine, vključno s polifenoli in flavonoidi (Lin in Tang, 2007; Nicoletto in Pimpini, 2010). Zaradi kemične sestave grenčičnih snovi oziroma seskviterpenskimi laktoni, predvsem intibina (laktukopikrina) in laktucina, ki jih vsebuje radič, le ta vpliva na delovanje žolčnika, čiščenje jeter, urejanje prebave in razstrupljanje telesa (Wang in Cui, 2011).

Fenolne spojine so sekundarni rastlinski metaboliti, ki jih najdemo v različnih delih rastlinskega tkiva, tudi v listih radiča. Opravljajo funkcijo barvil, koencimov, repelentov, antimikrobnih agensov in fitoaleksinov. Biosinteza fenolnih komponent v rastlinah je kompleksen proces, pri čemer sta fenolni profil in koncentracija močno odvisna predvsem od vrste in sorte. Polifenoli predstavljajo heterogeno skupino spojin z aromatskim obročem z vsaj eno ali več hidroksilnih (-OH) funkcionalnih skupin. Naravni polifenoli v rastlinah nastanejo po šikiminski poti, pri kateri se sprošča aminokislina fenilalanin. Slednja je prekursor sinteze fenilpropanoidov (fenilpropanoidna pot) in nadaljnjih fenolnih spojin, ki nastanejo iz njih. Te spojine so fenolne kisline, flavonoidi, izoflavoni, pterokarpani, stilbeni, kumarini, fenolamini, auron, kalkoni, lignani in lignin. Fenolne kisline delimo na dva velika razreda, derivate benzojske in derivate cimetine kisline. Flavonoidi so biološko pomembni in zelo razširjeni v rastlinah. Gre za kemijsko zelo raznoliko skupino, ki jo delimo naprej na antocianidine, flavonole, flavone, flavanole, flavanone, kalkone, dihidrokalkone in dihidroflavonole (Kroon in sod., 2004; Treutter, 2010).

Fenolne spojine kot so flavonoli in antocianini (glukozidi antocianidinov) so spojine z visoko antioksidacijsko aktivnostjo (Llorach in sod., 2008). Rdeča barva listov je posledica vodotopnih pigmentov – antocianinov, ki imajo močan antioksidacijski potencial. Prisotnost vodotopnih polifenolov v radiču je zanimiva, saj epidemiološke študije kažejo, da imajo le ti mnoge pozitivne učinke na zdravje ljudi (Rossetto in sod., 2005). Antocianini, predvsem cianidin, so odgovorni za višjo antioksidacijsko aktivnost rdečih sort v primerjavi z zelenimi (Lavelli in sod., 2009).

Preglednica 1: Posamezne fenolne spojine v radiču (*Cichorium intybus* L.) kot so opisane v znanstveni literaturi

Table 1: Phenolic pattern of chicory (*Cichorium intybus* L.) as described in scientific literature

Fenolna spojina	Viri
Galna kislina	(Rossetto in sod., 2005)
Protokatehujška kislina	(Rossetto in sod., 2005)
Kaftarna kislina (kafeoilvinska kislina)	(Llorach in sod., 2004; Innocenti in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013)
Klorogenska kislina	(Rees in Harborne, 1985; Llorach in sod., 2004; Innocenti in sod., 2005; Rossetto in sod., 2005; Heimler in sod., 2009)
Kavna kislina	(Rees in Harborne, 1985; Rossetto in sod., 2005; Carazzone in sod., 2013)
Cikorna kislina (dikafeoilvinska kislina)	(Rees in Harborne, 1985; Llorach in sod., 2004; Innocenti in sod., 2005; Rossetto in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013)
Luteolin 7-O-glukuronid	(Rees in Harborne, 1985; Innocenti in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Ferioli in D'Antuono, 2012)
Apigenin	(Sareedenchai in Zidorn, 2010)
Apigenin glukuronid	(Heimler in sod., 2009; Ferioli in D'Antuono, 2012)
Apigenin 7-O-arabinozid	(Sareedenchai in Zidorn, 2010)
Kvercetin 3-O-glukuronid	(Rees in Harborne, 1985; Innocenti in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Ferioli in D'Antuono, 2012)
Kvercetin 3-O-galaktozid	(Rees in Harborne, 1985; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Carazzone in sod., 2013)
Kvercetin 3-O-ramnozid	(Sareedenchai in Zidorn, 2010)
Kvercetin malonil glukozid	(Heimler in sod., 2009; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Ferioli in D'Antuono, 2012)
Kamferol 3-O-glukozid	(Rees in Harborne, 1985; Llorach in sod., 2004; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Carazzone in sod., 2013)
Kamferol 3-O-glukuronid	(Rees in Harborne, 1985; Heimler in sod., 2009; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013)
Metil kvercetin glukuronid	(Heimler in sod., 2009; Ferioli in D'Antuono, 2012)
Kamferol malonil glukozid	(Heimler in sod., 2009; Ferioli in D'Antuono, 2012)
Metil kvercetin glukozid	(Heimler in sod., 2009)
Izoramnetin 3-O-glukuronid	(Rees in Harborne, 1985)
Izoramnetin 7-O-glukuronid	(Carazzone in sod., 2013)
Antocianini	
Cianidin 3-O-glukozid	(Innocenti in sod., 2005; Rossetto in sod., 2005; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013)
Cianidin 3-O-rutinozid	(Rossetto in sod., 2005)
Pelargonidin 3-O-glukozid	(Rossetto in sod., 2005)
Peonidin 3-O-glukozid	(Rossetto in sod., 2005)
Malvidin 3-O-glukozid	(Rossetto in sod., 2005; Carazzone in sod., 2013)
Cianidin 3-malonilglukozid	(Rossetto in sod., 2005; Carazzone in sod., 2013)
Delfinidin 3-O-(6'' malonil)-glukozid	(Innocenti in sod., 2005; Sareedenchai in Zidorn, 2010)
Cianidin 3-O-(6'' malonil)-glukozid	(Innocenti in sod., 2005; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013)
Pelargonidin	(Rossetto in sod., 2005)
Peonidin	(Rossetto in sod., 2005)
Malvidin	(Rossetto in sod., 2005; Carazzone in sod., 2013)

Literaturni podatki (preglednica 1) dokazujejo prisotnost posameznih fenolnih spojin, kot so hidroksibenzojske kisline (galna, protokatehujska), hidroksicimetne kisline (klorogenska, kavna, cikorna), flavonoidi (luteolin, apigenin, kvercetin, kamferol) in antocianini (cianidin, malvidin, delphinidin) ter njihovih derivatov v listih radičev (*Cichorium intybus* L.) različnih sort (Rees in Harborne, 1985; Llorach in sod., 2004; Innocenti in sod., 2005; Rossetto in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Sareedenchai in Zidorn, 2010; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013). Na vsebnost skupnih in posameznih polifenolov ali tako imenovani fenolni profil v rastlinah vplivajo različni faktorji, kot so sorta, tla (prst), rastni pogoji, zrelost ter ravnanje in tretmaji po pobiranju («post-harvest») (Williams in sod., 2013).

Po našem vedenju je problematika vpliva organskih in mineralnih gnojil na vsebnost skupnih in posameznih fenolov v različnih sortah radiča ('Treviški', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip') v znanstveni literaturi skromno predstavljena. Za analizo fenolnih spojin smo uporabili tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC) in detektor s serijo diod (DAD). Nadalje smo preučevali vpliv sorte in gnojenja s pomočjo kemometrijskih analiz, uporabili pa smo tudi napredne statistične metode, vključno z analizo glavnih komponent (PCA – *Principal component analysis*) in linearno diskriminantno analizo (LDA – *Linear discriminant analysis*).

Različne sorte radiča (*Cichorium intybus* L.) se lahko uporabljajo za siljenje razvitih korenov, vendar do sedaj še niso bile primerjalno analizirane v znanstvenih publikacijah. Dosedanje študije na siljenem radiču so se osredotočile predvsem na sorto 'Treviški' (Nicoletto in Pimpini, 2010), na makro-morfološke lastnosti radiča pridelanega v različnih ionskih hranilnih raztopinah (De Rijck in Schrevens, 1998), predvsem pa na 'Belgijskem radiču' ali 'Vitlofu', ki je najbolj razširjena sorta za siljenje (Tan in Corey, 1990; Améziane in sod., 1997; Peters in sod., 1997; Van Den Ende in sod., 1998). Do sedaj v znanstveni literaturi še ni bilo zaslediti analiz o vsebnosti posameznih elementov (mineralov) v različnih sortah siljenega radiča proizvedenega s hidroponskim siljenjem v hranilnih raztopinah z dodatkom različnih gnojil v različnih koncentracijah.

Poleg radiča, zelenjava v splošnem predstavlja vir številnih esencialnih mineralov (elementov), ki so vključeni v osnovne biološke metabolne procese (Paskovič in sod., 2013). Osnovni metabolni procesi zajemajo metabolizem proteinov, lipidov in ogljikovih hidratov. Minerali so poleg tega vključeni v celične in skeletne strukture, imajo pomembno vlogo pri vzdrževanju osmotskega tlaka ter regulaciji ravnotežja kislina/baza. Rastline kopičijo (akumulirajo) minerale glede na njihove zahteve, vendar na njihovo količino vplivajo tudi genetski dejavniki, sestava tal, vremenske razmere, uporaba gnojil in zrelost rastlin v času spravila (Santos in sod., 2014). Esencialne minerale delimo na makromineralne (glavne minerale) in mikromineralne (minerale v sledih). Obe skupini sta enako pomembni, pri čemer mikromineralne (< 50 mg/dan) potrebujemo v manjših

količinah kakor makroelemente (> 50 mg/dan). Količine posameznega elementa, ki so potrebne telesu, tako niso vedno pokazatelj njegove pomembnosti. Čeprav za železo (Fe) velja, da je mineral v sledih, je potrebna količina dnevnega vnosa nekoliko višja kot pri drugih mikromineralih. Uravnotežena prehrana naj bi zagotovila zadosten vnos vseh esencialnih mineralov. V preglednici 2 so prikazani esencialni minerali in njihove funkcije v telesu.

Preglednica 2: Esencialni makro- in mikrominerali ter njihove funkcije v telesu (Daries, 2013)

Table 2: Essential macro- and microminerals and their functions (Daries, 2013)

Mineral	Funkcije v telesu
Makromineral	
Natrij (Na)	Vključen v tvorbo kosti in pri mišičnih kontrakcijah; je sestavina fosfolipidov, nukleinskih kislin ter zob in kosti
Klor (Cl) v obliki klorida	Sodeluje pri prenosu živčnih impulzov in je del želodčne kisline (HCl)
Kalij (K)	Sodeluje pri ohranjanju membranskega potenciala, nastajanju živčnih impulzov, kontrakciji mišic in elektrolitskem ravnotežju
Kalcij (Ca)	Sodeluje pri rasti in stabilizira trdne substance (kosti in zobe) v telesu; pomemben je pri mišičnih kontrakcijah, za ohranjanje membranskega potenciala, prenos živčnih impulzov in regulacijo encimske aktivnosti
Fosfor (P)	Esencialen pri biokemični sintezi in funkcijah celic živčevja; je sestavina fosfolipidov, nukleinskih kislin ter fosfoproteinov
Magnezij (Mg)	Sodeluje pri sintezi beljakovin, maščob, nukleinskih kislin in mišični kontrakciji; je sestavni del kosti in zob
Žveplo (S)	Je sestavina aminokislin in proteoglikanov, ki so pomembna sestavina zunajceličnega matriksa; sodeluje pri sintezi proteinov, kolagena ter v mnogih encimskih reakcijah; pomemben je za kožo, lase, nohte in varuje sklepe
Mikromineral	
Železo (Fe)	Omogoča prenos kisika, ker je vezavno mesto za kisik v hemoglobinu in mioglobinu, sestavlja citokrome in metaloencime, sodeluje pri imunskih funkcijah
Cink (Zn)	Je sestavina metaloencimov, sodeluje pri sintezi beljakovin, pri ohranjanju imunske funkcije, obnavljanju tkiv, metabolizmu hranil in ima antioksidacijsko aktivnost.
Jod (I)	Sestavina ščitničnih hormonov, ki sodelujejo pri različnih presnovnih procesih
Selen (Se)	Je sestavni del encima glutation peroksidaze, ki skupaj z vitaminom E deluje kot antioksidant
Baker (Cu)	Sestavni del nekaterih encimov; sodeluje pri absorpciji železa, oksidativnem metabolizmu, tvorbi kolagena in sintezi hemoglobina
Mangan (Mn)	Sodeluje pri rasti kosti in je kofaktor nekaterih encimov metabolizma hranil
Fluor (F)	Sodeluje pri mineralizaciji kosti in zob. Preprečuje nastanek kariesa
Krom (Cr)	Sodeluje pri presnovi ogljikovih hidratov
Molibden (Mo)	Je sestavina kofaktorjev za nekatere encime metabolizma maščob

Energijsko disperzijska rentgenska fluorescenčna spektrometrija (EDXRF – *Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry*) je novejša analitična metoda za multi-elementno analizo velikega števila vzorcev. Prednosti metode so v razmeroma preprosti pripravi vzorca, zmanjšani možnosti kontaminacije in majhnem vplivu na okolje. Metoda omogoča primerljivo analizo z najbolj pogosto uporabljenimi instrumentalnimi kemijskimi tehnikami (Nečemer in sod., 2008). Eden od ciljev naše raziskave je bil z navedeno metodo določiti mineralno sestavo hidroponsko siljenega radiča različnih sort, saj v znanstveni literaturi še ni podatkov o vsebnosti mineralov v siljenem radiču pridelanem v različnih hranilnih raztopinah s poudarkom na dušiku, fosforju in kaliju.

2.3 MAŠČOBNE KISLINE

Rastlinske celice vsebujejo v svoji strukturi majhne količine lipidov, ki jih večinoma najdemo v celičnih membranah. Biosinteza maščobnih kislin poteka po primarni metabolni poti v vsaki celici in je nujna za rast. Maščobne kisline so karboksilne kisline, pogosto z dolgimi alifatskimi verigami, ki so lahko nasičene (SFA) ali nenasičene (UFA). Nasičene kisline v alifatski verigi nimajo dvojnih vezi ali funkcionalnih skupin. Nenasičene kisline pa se delijo na enkrat nenasičene (MUFA) ali večkrat nenasičene (PUFA). Esencialne maščobne kisline so večkrat nenasičene maščobne kisline, ki so nujno potrebne za normalno delovanje človeškega organizma in jih telo ne more proizvesti samo, zato jih moramo sprejeti s hrano. Poznamo dve skupini esencialnih kislin, in sicer *n*-3 in *n*-6 maščobne kisline. Med prvimi je najpomembnejša α -linolenska, med drugimi pa linolna kislina.

Glavne maščobne kisline prisotne v rastlinah imajo alifatske verige sestavljene iz 16 ali 18 ogljikovih atomov in se razlikujejo po številu *cis*-dvojnih vezi (od 1 do 3) (Ohlrogge in Browse, 1995; Krebsky in sod., 1996). Rastlinske lipide sestavlja pet glavnih maščobnih kislin. Nasičeni maščobni kislini (SFA): palmitinska (C16:0) in stearinska (C18:0); enkrat nenasičena maščobna kislina (MUFA): oleinska (C18:1; *n*-9); ter večkrat nenasičeni maščobni kislini (PUFA): linolna (C18:2; *n*-6) in α -linolenska (C18:3; *n*-3) (Singh in sod., 2005; Vidrih in sod., 2009). *n*-3 večkrat nenasičene maščobne kisline (PUFA), ki jih najdemo v rastlinah, so povezane s številnimi zdravju koristnimi učinki, saj zmanjšujejo možnost za nastanek kardiovaskularnih bolezni (Pelliccia in sod., 2013) ter ščitijo pred različnimi vnetji, rakom in boleznimi srca (Gogus in Smith, 2010). Za α -linolensko maščobno kislino, ki je prekurzor dolgoverižnih *n*-3 polinenasičenih maščobnih kislin, kot sta eikozapentaenojska in dokozaheksaenojska kislina, je znano, da je prisotna v številnih rastlinah, tudi radiču (Lavelli in sod., 2009).

Živilska industrializacija in sodobno kmetijstvo sta pripeljala do sprememb v sestavi in preskrbi s hrano v razvitem zahodnem svetu. Z evolucijo se je predvsem povečal vnos *n*-6

maščobnih kislin in zmanjšal vnos $n-3$ maščobnih kislin, tako se je razmerje $n-6/n-3$ z 1/1 povečalo na 10/1, ponekod celo na 20–25/1. Ta sprememba je povezana z večjim tveganjem za številne bolezni (Simopoulos, 2008). Redno uživanje nasičenih maščobnih kislin (SFA) in visoko razmerje med $n-6$ in $n-3$ večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami (PUFA) je povezano z večjim tveganjem za kardiovaskularne, vnetne in avtoimune bolezni ter nastanek raka (Staerfl in sod., 2011). Predvsem dve skupini večkrat nasičenih maščobnih kislin (PUFA) v živilih, $n-3$ in $n-6$ maščobne kisline, sta deležni čedalje večje pozornosti, zaradi poročil o njunih zdravstvenih koristi za ljudi (Petersen in sod., 2011). Redno uživanje $n-3$ esencialnih maščobnih kislin velja za prehransko priporočilo, ki prepreči potencialne bolezni, še bolj pomembno pa je razmerje $n-6/n-3$, ki naj bi bilo po zadnjih prehranskih priporočilih manj kot 10 (Vidrih in sod., 2009).

Kolikor nam je znano do sedaj še ni bilo objavljenih znanstvenih študij, ki bi določile maščobnokislinsko sestavo različnih sort siljenega radiča, ki so rasli v hranilnih raztopinah z različnimi mineralnimi gnojili. Prav tako je malo znanega o maščobnokislinski sestavi različnih sort rdečih, pisanih in zelenih radičev proizvedenih ob uporabi organskih in mineralnih gnojil. Omenjene analize smo izvedli s plinsko kromatografijo (GC – *Gas chromatography*) s predhodno pripravljenimi metilnimi estri maščobnih kislin (FAME – *Fatty acids methyl esters*).

2.4 STABILNI IZOTOPI DUŠIKA IN OGLJIK

Izotopi so oblike kemijskega elementa, ki imajo enako vrstno število (število protonov) in kemijske lastnosti, vendar različno atomsko maso kot rezultat različnega števila nevtronov v jedru. Večino elementov zastopa več kot en stabilen izotop. Stabilni izotopi so tisti, ki ohranjajo obliko in ne razpadejo v radioaktivnih procesih. Izotopska sestava (npr. $\delta^{15}\text{N}$) je vrednost relativne razlike izotopske sestave vzorca v primerjavi s standardom (npr. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), ki jo izražamo v ‰ (Šturm in Lojen, 2011). δ vrednost standarda je definirana z vrednostjo 0 ‰. Negativne vrednosti pomenijo, da vsebuje vzorec manj težkega izotopa kot standard, pozitivne pa, da ga je več (Craig, 1957).

Ogljik obstaja v obliki dveh stabilnih izotopov, ^{12}C in ^{13}C , dušik pa v naravi najdemo v stabilnih oblikah ^{14}N in ^{15}N . Izotopska sestava posameznega elementa v tkivu je odvisna od: (1) vira tega elementa (npr. atmosferski CO_2 ima v primerjavi z raztopljenim CO_2 drugačno δ vrednost), (2) procesov, ki sodelujejo pri začetni vezavi elementa v organske snovi (npr. vrednosti se pri C_3 v primerjavi s C_4 fotosintezo spreminjajo), (3) posledične frakcionacije, ko organska snov prehaja skozi prehransko verigo, kjer se vrednosti v posameznem delu cikla spreminjajo.

2.4.1 Vplivi na porazdelitev stabilnih izotopov ^{12}C in ^{13}C

V naravi sta primarna rezervoarja ogljika HCO_3^- v hidrosferi in CO_2 v atmosferi. Ogljik ima dva stabilna izotopa, in sicer ^{12}C , ki predstavlja 98,98 % vseh C izotopov in ^{13}C z 1,11 %. Morje predstavlja ogromno zalogo ogljika, ki omogoča nadzor izotopskega razmerja $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ na zemlji. Zaradi različnih meteoroloških vplivov potekajo različne ravnotežne reakcije, v katerih je udeležen tudi atmosferski CO_2 . Vplivi kot so evaporacija, kondenzacija, padavine, gibanje front, temperatura itd. povzročajo izotopsko frakcionacijo katere posledica je nižje razmerje $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ v večini bioloških sistemov v primerjavi z morji (Bréas in sod., 1994).

Čeprav so trije izotopi C med seboj kemijsko neprepoznalni, imajo lažji ^{12}C atomi prednost pred ^{13}C . Podobno rastline izotop ^{13}C prevzamejo pred izotopom ^{14}C . Zato so razmerja $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ in $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ v rastlinskih tkivih nižja kot v atmosferskem CO_2 , katerega stabilna izotopska sestava ($\delta^{13}\text{C}$) je približno -8‰ (Šturm in sod., 2012). Tako je razmerje $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ v organskih snoveh (sladkorji, škrob, celuloza) lahko precej drugačno od razmerja pri mineralnih karbonatih in CO_2 v atmosferi.

Rastline CO_2 asimilirajo v organske spojine, za kar obstaja le en primarni mehanizem za karboksilacijo – Calvinov cikel. Ta je skupen vsem rastlinam, vendar imajo C_4 in CAM (angl. *Crassulacean acid metabolism*) rastline nekatere pomožne mehanizme za fiksacijo ogljika. Calvinov cikel je sestavljen iz 13 reakcij, ki jih katalizira 11 encimov (Leegood in Lea, 1993). Primarni encim, odgovoren za fiksacijo anorganskega ogljika je ribuloza-1,5-bifosfat karboksilaza-oksigenaza (RuBisCO). V Calvinovem ali C_3 ciklu encim RuBisCO močno diskriminira težji izotop ^{13}C kar pomeni, da kaže nagnjenost k manjši vezavi $^{13}\text{CO}_2$ (Boyer, 2005). C_3 rastline, ki predstavljajo večino rastlin zmernih in hladnih okolij, imajo zato vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ med -34‰ in -24‰ , s povprečno vrednostjo -27‰ (Šturm in sod., 2012).

Pri C_4 (Hatch-Slackov cikel) rastlinah je prisotna posebna CO_2 črpalka, katera zviša koncentracijo CO_2 v bližini RuBisCo encima (Leegood, 1993). Pri teh rastlinah gre za drugačen način vezave CO_2 , kot pri C_3 rastlinah. V C_4 cikel je vključen alternativni encim, fosfoenolpiruvat (PEP) karboksilaza, ki predstavlja prvi korak fiksacije CO_2 , medtem ko je pri C_3 rastlinah RuBisCO edini encim, ki katalizira vezavo CO_2 (Sage, 1999). Posledica tega je, da imajo C_4 rastline bolj pozitivno izotopsko sestavo in se vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ gibljejo med -19‰ in -6‰ , s povprečjem -12‰ (Šturm in sod., 2012).

Tretja oblika poti fotosinteze imenovana CAM cikel omogoča preživetje rastlinam, ki uspevajo v okolju, kjer je voda na voljo periodično (Leegood, 1993). Rastline ponoči, ko je zrak hladnejši in izparevanje vode manjše, fiksirajo večje količine CO_2 v organske molekule, kot je malat. Te zaloge se med dnevom dekarboksilirajo in predstavljajo vir CO_2

za potek Calvinovega cikla (Hall in Rao, 1999). $\delta^{13}\text{C}$ vrednosti pri CAM rastlinah se nahajajo med vrednostmi C_3 in C_4 rastlin, saj CAM uporabljajo obe fotosintezni poti. Vrednosti variirajo med -23‰ in -12‰ , s povprečno vrednostjo -17‰ (Šturm in sod., 2012).

Izotopska diskriminacija se med vrstami razlikuje, zato lahko C_3 , C_4 in CAM rastline ločimo glede na njihove individualne fotosintetske reakcije (Šturm in sod., 2012). Produkti iz rastlin s C_4 ciklom so praviloma znatno bogatejši s težjimi izotopi glede na produkte rastlin s C_3 ciklom. Te razlike so dovolj velike, da lahko na njihovi osnovi določimo botanično poreklo omenjenih spojin, kar omogoča potrjevanje avtentičnosti končnih izdelkov (Guček in sod., 1998). Poznavanje geografskega porekla (izvora) je nujno za sledljivost določenega proizvoda in določitev njegove pristnosti. Z analizo stabilnih izotopov lahko določimo geografsko poreklo različnih živil (Ghidini in sod., 2006).

Poleg vrste rastlin lahko na fiksacijo CO_2 vplivajo tudi klimatske razmere. Nižje vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ so značilne za hrano pridelano v vlažnem in hladnem podnebnju. Manj padavin in visoke temperature pa nasprotno vplivajo na večje vsebnosti $\delta^{13}\text{C}$.

2.4.2 Vplivi na porazdelitev stabilnih izotopov ^{14}N in ^{15}N

Zemljina atmosfera predstavlja glavni rezervoar dušika, vendar ga rastline lahko sprejmejo šele po procesu fiksacije. Dušik iz odmrlih organskih tkiv mora biti pred absorpcijo pretvorjen v mineralno obliko s procesom imenovanim mineralizacija. V naravi sta poznana dva stabilna izotopa dušika in sicer ^{14}N , ki prevladuje (99,64 %) in ^{15}N . V humusu prihaja zaradi razpada organske snovi in atmosferskih vplivov do frakcionacije kjer amonijak z lažjim izotopom ^{14}N hitreje izpareva v primerjavi z ^{15}N . Humus, kompost oziroma organska gnojila vsebujejo več težjega izotopa ^{15}N . Vse dušikove spojine vsebujejo oba omenjena izotopa, ki pa sta zaradi frakcionacije, ker se lažji izotop premika hitreje od težjega, v različnih razmerjih. Na začetku N-cikla (pri fiksaciji atmosferskega dušika) te razlike še niso opazne, vendar se izrazijo v nadaljnjih fazah cikla (Ghidini in sod., 2006).

Naravna zastopanost stabilnih izotopov ^{15}N omogoča vpogled v glavne transformacijske procese N-cikla pri kmetovanju. To lahko povežemo z izotopsko diskriminacijo (težkih izotopov proti lahkim) v biokemičnih procesih, do katere pride zaradi masnih razlik med posameznimi izotopi. Pri vsakem procesu pri katerem pride do izgub dušika, je le-ta posledica diskriminacije težjega ^{15}N izotopa. Stopnja obogatitve z ^{15}N je odvisna od vrste in količine uporabljenega gnojila. Živalski gnoj, gnojnice in kompost so obogateni z ^{15}N , zato je posledično količina ^{15}N višja tudi v tleh in rastlinah, ki prejemajo ta gnojila (Kriszan in sod., 2014).

Vse več študij ocenjuje, da bi za potrditev organskih rastlinskih produktov lahko uporabili analizo razmerja stabilnih izotopov dušika (Laursen in sod., 2013). Ker je za večino kopenskih rastlin, razen N_2 fiksatorjev, gnojilo glavni vir dušika, organski pridelki kažejo znatno višje vrednosti $\delta^{15}N$ kot konvencionalni (Camin in sod., 2011). Organska gnojila, ki se uporabljajo v ekološkem kmetovanju so bolj obogatena z ^{15}N kot sintetična mineralna gnojila. Kompost, ki se pogosto uporablja kot organsko gnojilo, ima visoko vrednost $\delta^{15}N$ zaradi diskriminacije težjega ^{15}N izotopa z izhlapevanjem amonijaka, denitrifikacije, nitrifikacije in drugih procesov transformacije dušika med kompostiranjem. Dodajanje komposta in živalskega gnoja povečuje $\delta^{15}N$ rastlin, medtem ko uporaba mineralnih gnojil zmanjšuje $\delta^{15}N$ v rastlinah. Učinek izotopske sestave N vira s časom postane manj prepoznaven, saj izotopska frakcionacija N vpliva na $\delta^{15}N$ vira med rastjo. Kljub temu, dolgoročna uporaba komposta povzroča precejšnjo obogatitev rastlin s ^{15}N , v primerjavi z uporabo kemičnih gnojil, zaradi česar je mogoče uporabiti $\delta^{15}N$ vrednosti, ki so shranjeni v rastlinskih tkivih, kot potencialni marker za prepoznavanje organskih produktov (Yun in sod., 2006). Pri uporabi sintetičnih dušikovih gnojil, ki imajo vrednost $\delta^{15}N$ blizu 0 ‰, opazimo podobne vrednosti $\delta^{15}N$ tudi v rastlinskem tkivu, kateremu je bilo dodano to gnojilo (Laursen in sod., 2013). V zemlji so vrednosti $\delta^{15}N$ večinoma pozitivne, zato lahko sklepamo, da je v zemlji več težkih izotopov kot jih je v zraku. Tudi rastline, ki niso sposobne direktne vezave atmosferskega dušika, imajo večinoma pozitivne vrednosti $\delta^{15}N$ (Virginia in Delwiche, 1982). Vrednosti $\delta^{15}N$ pri uporabi hlevskega gnoja so med 2 ‰ in 12 ‰.

Način kmetovanja ima tako značilen vpliv na vrednost $\delta^{15}N$, nižje vrednosti so značilne za območja z ekstenzivnim kmetijstvom, kjer se uporabljajo sintetična mineralna gnojila. Sintetična dušikova gnojila, ki se običajno uporabljajo v konvencionalnem kmetijstvu in niso dovoljena v organski pridelavi, imajo vrednosti $\delta^{15}N$ bistveno nižje, in sicer od -6 ‰ do 6 ‰, kot organska gnojila, ki imajo od 1 ‰ do 37 ‰ (Camin in sod., 2011).

Akumulacija dušika v rastlini je odvisna od načina gnojenja, okoljskih in fizioloških dejavnikov, pogojena je s hitrostjo rasti in se zaradi zmanjšane potrebe po sintezi proteinov poveča, ko se rast upočasni (Umar in Iqbal, 2009). Na vsebnost $\delta^{15}N$ lahko vplivajo tudi razlike v prsteh, različne količine usedlin atmosferskega dušika, razlike v vrstah namakalnih voda in razlike v načinih kmetovanja (Šturm in Lojen, 2011).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 RASTLINSKI MATERIAL

V okviru eksperimentalnega dela smo preučevali pet različnih sort radiča, ki smo jih pridelali na dva načina. Razvite korene smo hidroponsko silili v hranilnih raztopinah z dodatkom različnih gnojil in postavili lončni poskus pri katerem smo obravnavali vpliv organskih in/ali mineralnih gnojil. V obeh poskusih smo obravnavali po tri rdeče sorte: 'Treviški' (Semenarna Ljubljana, Slovenija), 'Verona' (Semenarna Ljubljana, Slovenija) in avtohtono sorto 'Anivip' (L'Ortolano, Cesena, Italija); eno pisano sorto 'Castelfranco' (Semenarna Ljubljana, Slovenija); in eno zeleno avtohtono sorto 'Monivip' (L'Ortolano, Cesena, Italija).

Sorta 'Treviški' izvira iz italijanske pokrajine Treviso. Ima podolgovate liste, ki so poleti temno zeleni, pozno jeseni, ko temperature padejo, pa se ti obarvajo rdeče in pridobijo močna bela rebra. 'Verona' je pozna sorta, ki izvira iz italijanske pokrajine Veneto. Glavice so manjše, podolgovate, z rozetasto zgradbo in nekoliko milejšim okusom. Sorta 'Castelfranco' je zanimiva predvsem zaradi svoje pisane palete barv, ki se oblikuje po vsej površini listov. Listi so zeleno-rumeni z rdečimi lisami ali pikami po celotni površini. Na prvi pogled je podoben solati, vendar je križanec med radičem in solato, po okusu pa nežen in s hrustljivo teksturo. V Sloveniji pa imamo tudi dve avtohtoni sorti radiča. Prva je 'Monivip', ki oblikuje velike okrogle glavice, zelene barve. Je prezimna sorta radiča, ki dobro prenaša nizke temperature, zato ga lahko nabiramo pozno jeseni in zgodaj spomladi. Druga sorta je 'Anivip' za katero prav tako velja, da lahko njene vinsko rdeče okrogle glavice nabiramo tako pozno jeseni kakor tudi spomladi (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Sorte 'Treviški', 'Verona' in 'Castelfranco' so primerne za proizvodnjo glavic in siljenje razvitih korenov oziroma kombinirano proizvodnjo. Čeprav sta sorti 'Anivip' in 'Monivip' namenjeni predvsem za proizvodnjo glavic in beljenje, smo želeli v okviru študije preveriti njun odziv na hidroponsko siljenje v različnih hranilnih raztopinah. Pri beljenju je osnovni namen isti kot pri siljenju in sicer, da postanejo glavice mehkejše in nekoliko izgubijo grenak okus. Po tradicionalni metodi se razvite korene sili v vlažni mivki ali šoti, za hidroponsko siljenje pa velja, da korene silimo delno potopljene v hranilno raztopino z dodatkom gnojil. Glavna prednost siljenja je v tem, da ima siljen radič bolj nežne, hrustljave in sladke liste, predvsem pa je manj grenek kot radič, gojen na prostem.

3.1.1 Poskus hidroponskega siljenja radiča

Korene radičev za hidroponsko siljenje smo pridelali v Vrhovem (46°2'22,37"N 15°13'16,73"E; nadmorska višina 194,3 m) v Posavju ob reki Savi na srednje težkih tleh. Za osnovno obdelavo zemljišča smo uporabili dvobrazdni plug, pred tem pa je tam rasla facelija (*Phacelia congesta* L.), namenjena zelenemu gnojenju. V preglednici 3 so prikazane podrobnosti in opravila pri pridelavi korenov radiča, ki smo jih kasneje uporabili za siljenje. Na podlagi predhodne analize tal smo zemljišče osnovno pognojili s 300 kg/ha kombiniranega gnojila (Multicomb 13-11-20 + mikroelementi). Semena radičev smo 29. junija 2011 posejali z ročno sejalnico na medvrstno razdaljo 65 cm, približno 1 cm globoko. Semena posamezne sorte smo posejali na površino 150 m² tako, da je bil celoten poskus zastavljen na površini 750 m².

Za 1. dognojevanje smo uporabili 400 kg/ha gnojila Multi K Mg (12-0-42 + 2 % MgO) in za 2. dognojevanje 200 kg/ha gnojila Kalcijev nitrat (15,5-0-0 + 26 % CaO). V začetku avgusta smo radič ročno okopali in razredčili na razdaljo 30 cm v vrsti. Vremenske razmere med poskusom so bile ugodne tako, da smo do pozne jeseni pridelali lepo razvite in oblikovane korene. Rastline smo 19. novembra 2011 ročno izkopal z vilami in jih pustili ob njivi približno deset dni v skladu s tradicionalno metodo siljenja. Korene smo za nadaljnje hidroponsko siljenje očistili in odrezali na dolžino 15 cm, liste pa odstranili tako, da smo pustili rastni vršiček nepoškodovan.

Preglednica 3: Podrobnosti in opravila pri pridelavi korenov radiča

Table 3: Crop management practices for the production of the developed chicory roots

Opravila	Datum izvedbe (v letu 2011)	Podrobnosti
Osnovno gnojenje	20. junij	Multicomb 13-11-20 + mikroelementi (500 kg/ha)
Setev	29. junij	Ročna sejalnica
Redčenje in okopavanje	3. avgust	Ročno
1. dognojevanje	5. avgust	Multi K Mg 12-0-42 + 2 % MgO (300 kg/ha)
2. dognojevanje	20. avgust	Kalcijev nitrat 15,5-0-0 + 26 % CaO (200 kg/ha)
Pobiranje	19. november	Ročno
Površina posamezne gredice (m ²)	/	150
Razdalje med rastlinami (m)	/	0,30 × 0,65
Gostota rastlin (število/m ²)	/	6

Pripravljene korene smo hidroponsko silili v Centralnem raziskovalnem rastlinjaku Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Siljenje je potekalo v času od sredine decembra 2011 do sredine januarja 2012, približno 25 dni. Za korene vsake sorte smo uporabili tri različne hranilne raztopine, ki smo jim dodali gnojila s poudarkom na dušiku (N), fosforju (P_2O_5) in/ali kaliju (K_2O). Uporabili smo naslednja gnojila: (i) N plus P plus K (Poly-Feed Drip; 11-44-11) z oznako (+N/P/K); (ii) N plus K (Multi-K; 13-0-46) z oznako (+N/K); in (iii) samo N (kalcijev nitrat; 15,5-0-0 + 26 % CaO) z oznako (+N). Vsakega od njih smo raztopili v vodi tako, da smo dobili hranilne raztopine s tremi različnimi koncentracijami: 1 %, 2 % in 3 %. Najnižja od teh treh koncentracij je vsebovala naslednja hranila: +N/P/K-1%: 1,1 g/L N, 4,4 g/L P, 1,1 g/L K; +N/K-1%: 1,3 g/L N, 0,0 g/L P, 4,6 g/L K; +N-1%: 1,55 g/L N, 0,0 g/L P, 0,0 g/L K. Na ta način smo pripravili 9 različnih hranilnih raztopin. Kontrolni vzorci so bili siljeni v deionizirani vodi brez dodatkov gnojil. Dvanajst korenov vsake sorte smo do $\frac{3}{4}$ potopili v posode za siljenje, napolnjene z izbrano hranilno raztopino oziroma vodo. Temperatura zraka med siljenjem je bila prvih 14 dni 10 °C, nato smo jo postopno zvišali na 15 °C in jo vzdrževali do 16. januarja 2012, ko smo pobrali pridelek siljenega radiča.

S tako zastavljenim poskusom smo pridobili 50 različnih vzorcev (5 sort \times 10 hranilnih raztopin). Ob pobiranju smo individualno na petih posameznih rastlinah individualnega obravnavanja merili morfometrične lastnosti. Določali smo naslednje parametre: število listov, maso pridelka (g), višino (cm) in širino glavice (cm). Sušino (%) smo določili s klasičnim sušenjem v laboratorijskem sušilniku 28 h pri temperaturi 80 °C. Tako posušene vzorce smo shranili v plastičnih vrečkah in jih v nadaljevanju uporabili za določanje elementne (mineralne) sestave. Za določanje skupnih fenolov, skupnih flavonoidov in antioksidacijskega potenciala smo vzorce radičev shranili v 50 % metanolu po sledečem postopku: 10 g svežih listov smo sesekljali s keramičnim nožem in ekstrahirali v plastičnih vialah s 15 g 50 % metanola ter pet minut homogenizirali z napravo Ultra-Turrax T 25 pri 20.500 obratih/min. Homogenizirane vzorce smo zamrznili in jih hranili pri -20 °C. Za določanje maščobnokislinske sestave smo vzeli nepoškodovane liste, jih takoj zavili v aluminijasto folijo in zamrznili v tekočem dušiku. Liste smo nato liofilizirali in zmleli v fin prah s pomočjo laboratorijskega krogličnega mlina (Retsch mm 301, Retsch GmbH, Haan, Nemčija). Tako pripravljene vzorce smo shranili pri sobni temperaturi v steklenih vialah in še dodatno v plastičnih vrečah napolnjenih s silikagelom.

3.1.2 Lončni poskus pridelave rozet radiča z različnimi gnojili

Poskus smo izvedli v prvi polovici leta 2012 v Centralnem raziskovalnem rastlinjaku Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Obravnavali smo iste sorte radiča kot za siljenje. Poleg kontrole (brez dodanega gnojila) smo uporabili več različnih vrst gnojil (dve organski, dve mineralni) ter kombinacijo organskega in mineralnega gnojila.

Plantella Organic (Unichem, Slovenija) je organsko gnojilo z N-P-K (3-3-2) primerno za pripravo tal ali dognojevanje vseh vrst rastlin. Aktivno delovanje tega gnojila je lahko tudi več kot 6 mesecev, izboljšuje zračnost in sposobnost tal za zadrževanje vode. Gnojilo v obliki mikropolet ima visok delež suhe snovi in je termično obdelan za preprečitev vnosa plevelov in bolezni. Stallatico Pellettato (Fomet, Italija) je organsko gnojilo z N-P-K (3-3-3) iz aktivnega hlevskega gnoja perutnine in goveda, ki je bil podvržen počasnemu procesu naravnega zorenja (9 mesecev), kar zagotavlja visok delež humifikacije. Sušeno je naravno, brez uporabe toplote, kar zagotavlja bogato mikrofloro. Kristalon Blue (Yara, Norveška) je vodotopno gnojilo z N-P-K (19-6-20 + mikroelementi) namenjeno rastlinam v vegetativni fazi, saj stimulira razvoj novih listov. Entec Perfect (EuroChem, Italija) je mineralno gnojilo z N-P-K (14-7-17 + mikroelementi) primerno za vse vrste kultur. Od ostalih mineralnih gnojil se razlikuje po dodatku stabilizatorja amonijske oblike dušika (DMPP), ki zavira delovanje nitrifikacijskih bakterij in omogoča postopen prehod amonijske oblike dušika v nitratno.

Za vsako sorto smo uporabili 6 različnih obravnavanj, ki smo jih naključno razdelili po loncih na naslednji način: kontrola brez gnojenja (KONT); organski gnojili Plantella Organic (ORG1; 3-3-2; 67,5 g/lonec) in Stallatico Pellettato (ORG2; 3-3-3; 45 g/lonec); vodotopno mineralno gnojilo Kristalon Blue (MIN1; 19-6-20, zalivanje z raztopino 0,09 g/L); mineralno gnojilo Entec Perfect (MIN2; 14-7-17; 7,9 g/lonec); in kombinacija organskega (ORG1) in mineralnega (MIN1) gnojila (ORG1+MIN1; Plantella Organic + Kristalon Blue; 2,5 g/lonec + po enem mesecu zalivanje enkrat na teden z raztopino 3,5 g/L).

Trideset plastičnih loncev smo napolnili s 7 litri deviške zemlje brez ali z dodanimi posameznimi gnojili po zgoraj opisanem protokolu. Sejanje smo izvedli 30. januarja 2012 in lonce postavili na mize v ogrevan rastlinjak. Lonce smo prekrili s črno folijo, ki smo jo odstranili po začetku kaljenja semen, zalivali smo po potrebi. Po nekaj tednih smo rastline ročno razredčili tako, da smo imeli 5 rastlin/lonec. Vodotopno gnojilo Kristalon Blue (MIN2) smo pričeli dodajati med zalivanjem, ko sta rastlinam zrasla dva lista.

Pobiranje listov smo izvedli 10. junija 2012. V jutranjih urah smo iz vsakega lonca zbrali nekaj naključnih nepoškodovanih listov in jih takoj zavili v aluminijasto folijo ter zamrznili v tekočem dušiku. Liste smo nato liofilizirali in zmleli v fin prah s pomočjo laboratorijskega krogličnega mlina (Retsch mm 301, Retsch GmbH, Haan, Nemčija). Tako pripravljene vzorce smo shranili pri sobni temperaturi v steklenih vialah in še dodatno v plastičnih vrečah napolnjenih s silikagelom. Uporabili smo jih za analizo fenolnih spojin (HPLC), določanje izotopske sestave ogljika in dušika ter določanje maščobnokislinske sestave. Za določanje sušine (%) smo preostale liste posušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 80 °C (28 h) in vsebnost je znašala od 6,8 % do 14,8 %.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Določanje vsebnosti skupnih fenolov s Folin-Ciocalteu metodo

Vsebnost skupnih fenolov (TPC) v vzorcih siljenega radiča smo določili kolorimetrično. Sledili smo protokolu Folin-Ciocalteu metode, kot sta jo prva opisala Singleton in Rossi leta 1965 ter jo nekoliko modificirali (Roura in sod., 2006). Fenolne spojine absorbirajo predvsem svetlobo UV spektra in vidnega spektra. Zato lahko odčitano vrednost absorbance pri primerni valovni dolžini uporabimo za oceno koncentracije skupnih fenolov, skupnih antocianinov. Za določanje koncentracije skupnih fenolnih snovi dodamo v vzorec Folin-Ciocalteu reagent, ki v alkalni raztopini (dodatek natrijevega karbonata) oksidira fenolne snovi. Raztopina, ki vsebuje molibdat (VI) je modro obarvana, medtem ko je raztopina nereducirane oblike rumene barve. Absorbanco reakcijske mešanice izmerimo pri valovni dolžini 765 nm (Cicco in sod., 2009).

Vnaprej pripravljene vzorce smo odmrznili, prelili supernatant v 2 mL Ependorfke in ga centrifugirali v laboratorijski centrifugi (5415D Eppendorf) 10 minut pri relativni centrifugalni sili (rcf) 13,2. 1 mL metanolne frakcije vsake vzorca smo zmešali s 60 mL deionizirane vode in 5 mL razredčenega (1:17) Folin-Ciocalteu reagenta v 100 mL stekleni bučki. Raztopino smo dobro premešali in po 30 sekundah (in ne dlje kot po 8 minutah) dodali 15 mL 20 % raztopine Na_2CO_3 . Čas inkubacije je bil 2 h pri 20 °C (Jackson in sod., 1978). Absorpcijo smo potem merili pri 765 nm, pri čemer smo vsako meritev izvedli v treh ponovitvah. Raztopino galne kisline smo uporabili za pripravo umeritvene krivulje. TPC smo izrazili kot ekvivalent galne kisline (mg GAE/100 g sveže mase) na podlagi umeritvene krivulje, ki je zajemala koncentracije od 3 mg/L do 150 mg/L ($R^2 = 0,9994$).

3.2.2 Določanje posameznih fenolnih spojin s HPLC metodo

Za analizo posameznih fenolnih spojin smo uporabili tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC). Liofiliziran prah vzorcev radiča (100 mg) smo pomešali s 500 μL topila: mravljična kislina v metanolu (5:95; v/v) z 0,05 mg/mL flavona (2-Phenyl-4H-1-benzopyran-4-one, 2-Phenylchromone, CAS Number 525-82-6, Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO) dodanega kot interni standard. Ekstrakcije smo izvedli v ultrazvočni kopeli pri temperaturi 4 °C v času 30 minut. Po centrifugiranju (1120g, 10 minut, 4 °C) smo 10 μL supernatanta direktno injicirali v HPLC sistem.

Uporabili smo reverzno-fazno kromatografijo, kjer imamo nepolarno stacionarno fazo in polarno mobilno fazo. Reverzno-fazni HPLC sistem je bil sestavljen iz dveh črpalk (model 422; Kontron Instruments, Nemčija), avtomatskega delilnika in injektorja vzorcev (Model

231; Gilson Abimed Systems, Nemčija) ter detektorja s serijo diod (DAD – *Diode-array detector*; Kontron 540+; BioTek Kontron Instruments, Nemčija). Fenolne spojine smo ločili na 120-3 RP-C18 Nucleosil analitski koloni (250 × 4 mm; 120A; velikost delcev, 3 μm; Macherey-Nagel) z elucijo 5 % mravljične kisline (topilo A) in HPLC grade metanola (topilo B), pri pretoku 0,5 mL/min.

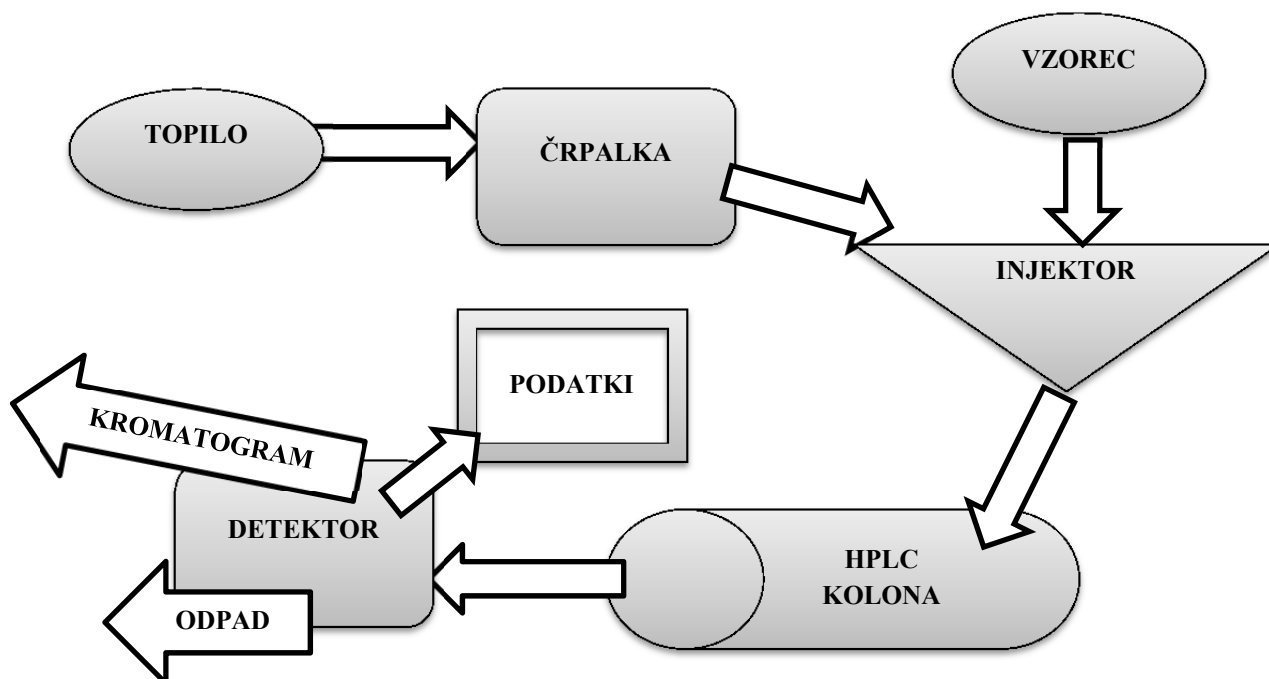
Gradientni profil je bil sledeč:

- 0 – 5 min, izokratično, 5 % B v A;
- 5 – 10 min, 5 % – 10 % B v A;
- 10 – 15 min, izokratično, 10 % B v A;
- 15 – 35 min, 10 % – 15 % B v A;
- 35 – 55 min, izokratično, 15 % B v A;
- 55 – 70 min, 15 % – 20 % B v A;
- 70 – 80 min, izokratično, 20 % B v A;
- 80 – 95 min, 20 % – 25 % B v A;
- 95 – 125 min, 25 % – 30 % B v A;
- 125 – 145 min, 30 % – 40 % B v A;
- 145 – 160 min, 40 % – 50 % B v A;
- 160 – 175 min, 50 % – 90 % B v A;
- 175 – 195 min, izokratično, 90 % B v A;
- 195 – 210 min, 90 % – 5 % B v A;
- 210 – 235 min, izokratično, 5 % B v A.

Volumen injiciranja je bil za vse vzorce 10 μL. Čas delovanja DAD detektorja je bil 195 minut, nato je sledilo še 40 minutno stacioniranje kolone. DAD detektor je skeniral od 250 nm do 600 nm s štirimi diskretnimi kanali pri 280 nm, 320 nm, 350 nm in 540 nm. Opisana metoda je bila že uporabljena za analizo kompleksnih mešanic fenolnih spojin in sicer v ekstraktih navadne turške detelje (*Onobrychis viciifolia*) (Regos in Treutter, 2010).

Za integriranje in kvantifikacijo fenolnih spojin smo uporabili programsko orodje Geminyx-III. Fenolne spojine smo razdelili v pet skupin in jih spremljali pri odgovarjajočih valovnih dolžinah: 280 nm (neznane fenolne spojine; NFS), 320 nm (hidroksicimetne kisline HCK in flavoni), 350 nm (flavonoli) in 540 nm (antocianini). Kvantifikacijo smo izvedli z uporabo metode z internim standardom po izračunu odzivnih faktorjev (RF – *Response factor*) za avtentične standarde za vsako koncentracijo na umeritveni krivulji v linearnem območju. Odzivni faktor (RF) smo izračunali kot razmerje koncentracije analita in površine, ki jo le ta koncentracija proizvede pri valovni dolžini, ki je bila uporabljena za detekcijo odgovarjajoče spojine. HCK smo izračunali kot klorogensko kislino (320 nm; $RF = 1,03 \times 10^{-5}$), flavone kot apigenin (320 nm; $RF = 7,8 \times 10^{-6}$) flavonole kot rutin (350 nm; $RF = 2,23 \times 10^{-5}$) in antocianine kot cianidin-3-glukozid (540 nm; $RF = 2,4 \times 10^{-5}$). Vse NFS smo izračunali glede na klorogensko

kislino. HCK so bile razvrščene glede na njihove retenzijske čase (R_t) kot monomerne ($R_t < 100$ min) in oligomerne HCK ($R_t > 100$ min).



Slika 1: Shema HPLC procesa

Figure 1: Scheme of HPLC process

3.2.3 Določanje antioksidacijskega potenciala z radikalom DPPH

Antioksidacijski potencial (AOP) smo ovrednotili z uporabo metode prostih radikalov – DPPH metode (Nakajima in sod., 2004). Prosti radikal DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) je temno vijolične barve in najbolje absorbira svetlobo pri 517 nm. DPPH reagira z donorji vodika, posledično pa se zmanjša absorbanca vzorca. Zmanjševanje absorbanca je proporcionalno vsebnosti antioksidantov v vzorcu radičev. Vnaprej pripravljene vzorce smo odmrznili, prelili supernatant v 2 mL Ependorfke in ga centrifugirali v laboratorijski centrifugi (5415D Eppendorf) 10 minut pri relativni centrifugalni sili (rcf) 13,2.

Priprava DPPH raztopine:

V 100 mL bučko zatehtamo 4 mg DPPH v 20 mL metanola in premešamo z magnetnim mešalom, da se popolnoma raztopi. Dodajamo metanol toliko časa, da je absorbanca raztopine pri 517 nm približno 1. DPPH raztopino pripravimo vsakič svežo.

Za referenčno vrednost (RF) smo zmešali 120 μL metanola in 1,5 mL DPPH raztopine (4 mg DPPH/20 mL metanola). Pri slepem poskusu (SP) smo zmešali 60 μL vzorca in 1,5 mL metanola. 120 μL metanolne frakcije vsakega vzorca smo zmešali z 1,5 mL DPPH raztopine. Zmesi smo dobro premešali in po 15 minutah inkubacije pri sobni temperaturi izmerili absorbanco pri 517 nm. Vzorce vsake sorte smo analizirali v treh ponovitvah. Raztopino Troloxa smo uporabili za pripravo umeritvene krivulje. AOP smo izrazili kot ekvivalent Troloxa (mg TE/g sveže mase) na podlagi umeritvene krivulje, ki je zajemala koncentracije od 40 mg TE/L do 220 mg TE/L ($R^2 = 0,9900$).

3.2.4 Določanje vsebnosti skupnih flavonoidov z AlCl_3

Vsebnost skupnih flavonoidov (TFC) smo merili s kolorimetrično metodo z aluminijevim trikloridom (AlCl_3) (Lin in Tang, 2007). Vnaprej pripravljene vzorce smo odmrznili, prelili supernatant v 2 mL Ependorfke in ga centrifugirali v laboratorijski centrifugi (5415 D Eppendorf) 10 minut pri relativni centrifugalni sili (rcf) 13,2. 250 μL metanolne frakcije vsakega vzorca smo zmešali s 750 μL 95 % etanola, 50 μL 10 % AlCl_3 , 50 μL 1 M kalijevega acetata in 1,4 mL deionizirane vode. Po inkubaciji pri sobni temperaturi za 40 minut, smo izmerili absorbanco pri 415 nm proti deionizirani vodi. Vzorce vsake sorte smo analizirali v treh ponovitvah. Raztopino kvercetina smo uporabili za pripravo umeritvene krivulje. TFC smo izrazili kot ekvivalent kvercetina (mg QE/100 g sveže mase) na podlagi sedem točkovne umeritvene krivulje, ki je zajemala koncentracije od 0,3 mg QE/100 mL do 15 mg QE/100 mL ($R^2 = 0,9924$).

3.2.5 Določanje mineralne (elementne) sestave

Multi-elementno vsebnost P, K, S, Cl, Ca, Fe, Zn, Mn, Rb, Br in Sr smo določili s pomočjo energijsko disperzijske rentgenske fluorescenčne spektrometrije (EDXRF) na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij na Inštitutu Jožef Stefan v Ljubljani. Gre za nedestruktivno metodo katere princip temelji na tem, da je potrebno za koncentracijo elementov v vzorcu določiti celotno matriko. Do nje pridemo z merjenjem absorpcije rentgenskih žarkov (X-ray) v vzorcu in določitvijo površinske mase tabletk (pd (g/cm^2)).

Za analize smo uporabili predhodno posušene vzorce listov radiča, ki smo jih s pomočjo terilnice in tekočega dušika homogenizirali v fin prah. Med 0,5 g in 1 g vzorca smo s pomočjo kalupa in hidravlične stiskalnice stisnili v okrogle tablete premera 2,5 cm in jih stehali. Tablete so bile analizirane z uporabo energijsko disperzijskega rentgenskega fluorescenčnega spektrometra v sestavi s Si (Li) detektorjem (Canberra), spektroskopskim ojačevalnikom (M2024, Canberra), analogno digitalnim pretvornikom (M8075, Canberra) in računalnikom, ki temelji na večkanalnem analizatorju (S-100, Canberra). Kot primarni

vzbujevalni vir za fluorescenčno vzbujanje sta bila uporabljena obročasta radioizotopna vzbujevalna vira ^{55}Fe (10 mCi) in ^{109}Cd (25 mCi) pridobljena iz laboratorija v ZDA (Isotope Products Laboratories, ZDA) (Necemer in sod., 2008; Nečemer in sod., 2011). Spektrometer je bil opremljen z vakuumsko komoro. Merjenje spektra vzorca je trajalo 4000 sekund, pri čemer je bila energijska resolucija spektrometra 175 eV pri 5,9 keV. Analiza kompleksnega rentgenskega (X-ray) spektra je bila narejena z AXIL spektralnim analiznim programom (Necemer in sod., 2008). Kvantifikacijo elementne sestave vzorcev smo opravili s programom QAES (*Quantitative Analysis of Environmental Samples*), ki je bil razvit na Inštitutu Jožef Stefan (Nečemer in sod., 2011). Ocenjena negotovost analize je bila 5 %. Vsebnosti posameznih mineralov so izražene v g/kg ali mg/kg suhe snovi.

3.2.6 Določanje maščobnokislinske sestave

Maščobne kisline smo določili kot metil estre maščobnih kislin (FAME). Analitski postopek za pripravo FAME je sledil predhodno opisani metodi (Garces in Mancha, 1993). V Hach-ove epruvete (10 mL) s pokrovčkom na navoj smo zatehtali 20 – 30 mg predhodno liofiliziranega in homogeniziranega vzorca ter 100 mL raztopine internega standarda (heptadekanojske kisline, C17:0, Sigma H 3500) za kvantifikacijo maščobnih kislin (IUPAC method 2.302). 0,5 M natrijev hidroksid (NaOH) in 14 % borov trifluorid (BF_3) v metanolu smo uporabili za transestrifikacijo (IUPAC method 2.301).

V Hach-ove epruvete smo nato dodali 300 μL metilen klorida (CH_2Cl_2) in 3 mL sveže pripravljene raztopine NaOH v metanolu. Epruvete smo tesno zaprli in jih premešali. Dobro premešane vzorce smo segrevali pri temperaturi 90 °C v vodni kopeli 50 minut, vmes smo jih večkrat premešali. Po segrevanju smo epruvete ohladili in dodali 3 mL 14 % raztopine BF_3 v metanolu ter ponovno segrevali 10 minut pri temperaturi 90 °C. Po končanem segrevanju smo epruvete spet ohladili in dodali še 3 mL 10 % raztopine NaCl za povečanje ionske jakosti (lažje ločevanje vodne in heksanske faze) ter 1,5 mL heksana. Raztopino smo stresali s pomočjo stresalnika Vortexer 1 minuto, da je prišlo do boljše ekstrakcije FAMEs iz vodne v nopolarno heksansko fazo. Nato smo vzorce 5 minut centrifugirali pri 1500 obratih. Previdno smo odpipetirali heksansko fazo v 1,5 ml steklene vialne in jih zamrznili do analize pri –20 °C.

Plinska kromatografija (GC):

Delež FAMEs smo določili s plinsko kromatografijo (GC) z uporabo plinskega kromatografa (Agilent Technologies 6890N), ki je bil spojen z avtomatskim podajalnikom vzorcev (Agilent 7683 series, Agilent Technologies Inc., USA). Za ločevanje smo uporabili SPB PUFA kolono (30 m \times 0,25 mm \times 0,2 μm ; SUPELCO).

Ločevanje in detekcija sta potekala pri naslednjih kromatografskih pogojih:

- temperatura kolone: 210 °C,
- temperatura injektorja: 250 °C,
- temperatura detektorja: 280 °C,
- volumen injiciranja: 1 µL,
- nosilni plin: helij (He),
- hitrost pretoka: 1 mL/min.

Podatke smo obdelali s pomočjo računalniške programske opreme GC Chem Station. Identifikacija in količina maščobnih kislin je bila zagotovljena z uporabo certificiranega referenčnega matrixa, ki je obsegal 37 standardov (Supelco 37 Component FAME mix, Sigma-Aldrich, ZDA). V radičih smo potrdili vsebnost naslednjih maščobnih kislin: C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 (*n*-6), C18:3 (*n*-3) in C20:0. Po končani analizi smo s pomočjo internega standarda iz kromatografskih vrhov izračunali količino posamezne maščobne kisline (1) in jo izrazili kot masni delež v % (ut. %).

$$C \text{ (mg/100 g)} = (A_i \times FA_i \times m_{17} \times 100) / (A_{17} \times FA_{17} \times m_{vz}) \quad \dots (1)$$

C...	koncentracija posamezne maščobne kisline (mg/100 g)
A _i ...	površina vrha posamezne maščobne kisline
FA _i ...	koeficient posamezne maščobne kisline (molska masa maščobne kisline/molska masa metilnega estra maščobne kisline)
m ₁₇ ...	masa internega standarda (C17:0) (g)
A ₁₇ ...	površina internega standarda
FA ₁₇ ...	koeficient internega standarda (molska masa C17:0/molska masa metilnega estra heptadekanojske kisline C17) = 0,9508
m _{vz} ...	masa vzorca (g)

Koeficienti za posamezne maščobne kisline (FA_i): C16:0 = 0,9481; C16:1 = 0,9478; C18:0 = 0,953; C18:1 = 0,9527; C18:2 = 0,9524; C18:3 = 0,9521; C20:0 = 0,9571.

3.2.7 Določanje izotopov dušika in ogljika

Za določanje $\delta^{13}\text{C}$ in $\delta^{15}\text{N}$ vrednosti v vzorcih radičev pridelanih v lončnem poskusu z organskimi in mineralnimi gnojili smo uporabili masni spektrometer (Europa Scientific 20-20) za analitiko stabilnih izotopov lahkih elementov (IRMS). Metoda temelji na merjenju izotopskega razmerja med težjim in lažjim izotopom elementa ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) ter primerjavo le tega z referenčnim standardom. Izotopsko sestavo izražamo v promilih (‰) in predstavlja relativno razliko izotopske sestave vzorca glede na izbrani standard.

Za analizo smo približno 1 mg liofiliziranega vzorca s pomočjo pincete prenesli v kositrove kapsule (6×4 mm; SerCom, Velika Britanija), jih zatisnili in prenesli v kodirane tablice, ki smo jih namestili v avtomatski podajalnik masnega spektrometra. Sledil je sežig in analiza. Pri merjenju vzorcev smo uporabili referenčne standarde: za določitev $\delta^{15}\text{N}$ IAEA-N-1 in IAEA-N-2; za določitev $\delta^{13}\text{C}$ IAEA-NBS, IAEA-CH-7 in IAEA-CH-6; laboratorijska standarda europaN in ureaC.

3.2.8 Statistična analiza

V obeh poskusih zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve (SAS Software, Version 8.01, 1999, Cary, SAS Institute Inc.). Rezultati so bili analizirani po metodi najmanjših kvadratov s postopkom GLM (General linear models).

Za analizo vplivov sorte in hranilne raztopine ter koncentracije na morfometrične lastnosti, kemijske parametre in mineralno sestavo smo uporabili statistični model, v katerega smo vključili fiksna vpliva sorte (S: 'Treviški', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco', 'Monivip') in vrste/koncentracije hranilne raztopine (HR: +N/P/K 1 %, +N/P/K 2 %, +N/P/K 3 %, +N/K 1 %, +N/K 1 %, +N/K 3 %, +N 1 %, +N 1 %, +N 1 %, voda) (model 1).

Za analizo vplivov sorte in gnojil na vsebnost posameznih fenolnih spojin, skupnih fenolnih spojin, maščobnih kislin in izotopov smo uporabili statistični model, v katerega smo vključili fiksna vpliva sorte (S: 'Treviški', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip') in vrste gnojila (G: KONT, ORG1, ORG2, MIN1, MIN2, ORG1+MIN1) (model 2).

Povprečne vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane s testom Duncan in so primerjane pri 5 % tveganju.

Povezave med parametri so bile testirane z multivariantnima metodama – analizo glavnih komponent (angl. *Principle Components Analysis – PCA*) (SAS Software, Version 8.01, 1999, Cary, SAS Institute Inc.) in/ali linearno diskriminantno analizo (angl. *Linear Discriminant Analysis – LDA*) (SPSS Inc., Chicago, IL).

4 REZULTATI

Eksperimentalni del disertacije je zajemal analize na 50 vzorcih listov siljenih radičev gojenih v različnih hranilnih raztopinah z različnimi koncentracijami in analize na 30 vzorcih listov rozet radičev, ki smo jih pridelali v lončnem poskusu ob dodatku organskih in/ali mineralnih gnojil. Nekatere analize na siljenem radiču smo opravili na 43 vzorcih, saj zaradi gnitja korenov pri samem siljenju, pri 7 nismo pridelali dovolj listne mase za vse analize. Rezultati naše raziskave so podani v več sklopih. Prvo poglavje zajema rezultate o morfometričnih lastnostih, sušini, vsebnosti skupnih fenolov (TPC), vsebnosti skupnih flavonoidov (TFC), antioksidacijskem potencialu (AOP), mineralni sestavi ter multivariantni analizi v listih siljenih radičev. Drugo poglavje obsega rezultate o fenolnih profilih in izotopski sestavi ogljika ($\delta^{13}\text{C}$) ter dušika ($\delta^{15}\text{N}$) v listih rozet radičev pridelanih ob uporabi različnih gnojil. V tretjem poglavju pa je predstavljena maščobnokislinska sestava siljenih radičev in radičev pridelanih v lončnem poskusu z različnimi gnojili.

4.1 SILJEN RADIČ PRIDELAN Z RAZLIČNIMI HRANILNIMI RAZTOPINAMI

4.1.1 Morfometrične lastnosti

Morfometrične lastnosti smo merili na petih posameznih rozetah siljenih radičev, pri čemer smo si pomagali z merilom in kuhinjsko tehnicco. Prešteli smo število listov, tehtali maso pridelka (g) in izmerili višino (cm) ter širino (cm) rozete. Najvišjo in najnižjo vrednost od petih posameznih meritev nismo upoštevali, preostale tri pa smo uporabili za nadaljnjo obravnavo. S statistično analizo zbranih podatkov (model 1) smo preverili razlike med sortami in vpliv različnih hranilnih raztopin z različnimi koncentracijami na preiskovane morfometrične lastnosti.

Preglednica 4: Morfometrične lastnosti siljenih radičev po končani fazi siljenja (model 1)**Table 4:** Morphometric characteristics of the chicons at the end of the forced phase (model 1)

Parameter Sorta	Hranilna raztopina									Voda	P _{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
Višina rozete (cm)											
Treviški	17,3 ±1,4 bA	16,0 ±1,3 bcAB	17,1 ±0,9 bB	20,3 ±2,2 a	17,8 ±2,8 abA	12,7 ±1,5 dAB	13,4 ±0,9 cdA	12,9 ±1,1 d	11,3 ±0,5 dB	13,3 ±2,4 cdAB	***
Verona	18,6 ±0,7 bA	18,7 ±1,0 bA	23,2 ±4,4 aA	18,1 ±2,2 bc	16,4 ±1,1 bcdA	14,0 ±0,4 cdA	13,2 ±2,3 dA	13,0 ±2,7 d	14,6 ±2,7 bcdA	15,9 ±2,5 bcdA	***
Anivip	14,0 ±1,4 abB	13,8 ±1,7 abB	15,3 ±1,7 aB	15,4 ±4,9 a	12,2 ±1,2 abcB	11,2 ±1,0 bcAB	10,5 ±1,6 bcB	9,2 ±1,5 c	10,4 ±1,6 bcB	10,7 ±1,0 bcB	*
Castelfranco	15,9 ±2,2 aAB	17,0 ±1,1 aA	16,0 ±1,9 aB	15,4 ±2,0 a	14,6 ±1,5 abAB	9,5 ±0,9 dB	10,5 ±0,6 cdB	10,5 ±1,2 cd	12,5 ±0,2 cdAB	5,5 ±0,8 eC	***
Monivip	17,9 ±2,2 aA	15,9 ±2,3 abAB	15,3 ±1,7 abB	14,2 ±3,3 abc	15,2 ±1,3 abAB	14,0 ±3,9 abcA	12,4 ±0,7 bcAB	12,0 ±3,7 bc	10,3 ±1,2 cB	13,4 ±2,5 abcAB	Nz
P_S	*	*	*	Nz	*	Nz	Nz	Nz	*	***	
Število listov											
Treviški	33 ±1 A	34 ±4 A	38 ±5 A	36 ±2 A	38 ±6 A	35 ±2 A	33 ±5 A	37 ±5 A	36 ±4 A	33 ±0 A	Nz
Verona	21 ±2 bcB	17 ±0 cB	32 ±5 aAB	26 ±4 abAB	24 ±5 bcB	25 ±6 bcB	19 ±0 bcB	22 ±7 bcB	24 ±3 bcB	23 ±5 bcB	*
Anivip	21 ±4 bB	21 ±3 bB	28 ±5 aB	22 ±1 bB	21 ±5 bB	21 ±2 bBC	22 ±3 bB	25 ±3 abB	21 ±1 bBC	22 ±3 bB	Nz
Castelfranco	23 ±4 aB	22 ±5 abB	19 ±6 abC	20 ±6 abB	17 ±4 abB	16 ±1 abC	23 ±6 aB	23 ±1 aB	17 ±1 abC	15 ±2 bC	Nz
Monivip	26 ±1 abB	20 ±4 bB	25 ±1 abBC	31 ±10 aAB	17 ±6 bB	26 ±4 abB	20 ±2 bB	22 ±4 bB	20 ±2 bBC	21 ±2 bB	Nz
P_S	**	**	**	*	**	***	*	**	***	***	
Premer rozete (cm)											
Treviški	9,4 ±1,0 aA	7,3 ±0,3 bcA	5,5 ±0,0 dB	7,3 ±0,4 bc	8,0 ±0,9 b	6,5 ±0,3 cdB	6,5 ±0,5 cd	6,8 ±0,5 c	6,3 ±0,2 cdAB	7,2 ±0,8 bcA	***
Verona	5,2 ±1,0 deC	5,2 ±0,0 deB	5,9 ±0,7 cdeB	8,5 ±1,2 a	6,2 ±0,4 bcd	6,6 ±0,4 bcB	7,3 ±0,2 b	4,8 ±1,0 e	4,7 ±0,1 eB	5,5 ±0,5 cdeB	***
Anivip	7,0 ±1,6 BC	8,2 ±1,1 A	8,4 ±1,8 A	8,6 ±4,4	7,0 ±0,3	7,3 ±1,0 AB	6,5 ±0,5	6,7 ±0,7	5,8 ±0,3 AB	6,0 ±1,0 AB	Nz
Castelfranco	6,8 ±0,5 abcBC	7,4 ±0,4 abcA	5,2 ±1,4 cB	7,5 ±1,9 ab	6,5 ±2,1 abc	8,3 ±1,0 aA	6,6 ±0,5 abc	5,4 ±0,5 bc	5,3 ±1,1 bcAB	6,1 ±0,4 bcAB	*
Monivip	7,6 ±0,7 abAB	7,4 ±1,3 abA	8,6 ±1,9 aA	6,5 ±2,2 ab	7,7 ±1,3 ab	7,0 ±0,5 abAB	7,4 ±1,0 ab	5,7 ±1,9 ab	6,5 ±1,6 bA	7,1 ±1,0 abA	Nz
P_S	**	**	*	Nz	Nz	Nz	Nz	Nz	Nz	Nz	
Masa pridelka (g)											
Treviški	38,5 ±6,6 bA	40,1 ±11,1 bA	35,9 ±6,2 bAB	58,2 ±4,9 aA	44,4 ±7,7 abA	42,0 ±11,9 bA	39,3 ±13,2 bA	46,8 ±7,5 abA	38,6 ±5,7 bA	43,3 ±6,8 abA	Nz
Verona	15,7 ±2,6 deBC	11,6 ±3,9 eC	30,1 ±5,0 abBC	32,6 ±6,2 aB	18,2 ±4,5 cdeC	21,0 ±6,1 cdB	19,1 ±4,2 cdeB	22,7 ±2,1 bcdB	26,4 ±4,4 abcB	25,8 ±2,8 abcBC	***
Anivip	29,3 ±8,6 abAB	28,8 ±2,0 abAB	42,0 ±6,8 aA	40,0 ±10,7 aAB	33,6 ±7,4 abAB	24,6 ±5,7 bB	32,8 ±1,1 abAB	27,9 ±12,6 abB	30,2 ±2,1 abAB	31,8 ±8,0 abB	Nz
Castelfranco	14,8 ±4,7 abcC	27,2 ±12,5 abAB	18,0 ±2,7 abcD	31,0 ±19,0 aB	12,0 ±5,2 bcC	17,3 ±0,6 abcB	20,7 ±8,3 abcB	17,8 ±8,9 abcB	9,7 ±7,4 cC	7,5 ±4,5 cD	Nz
Monivip	24,3 ±10,6 aBC	15,8 ±4,3 aBC	21,8 ±4,2 aCD	19,8 ±7,5 aB	22,5 ±5,4 aBC	23,2 ±7,2 aB	27,1 ±5,5 aAB	18,1 ±5,2 aB	22,7 ±5,2 aB	19,2 ±4,5 aC	Nz
P_S	*	**	**	*	***	*	*	**	***	***	

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤ 0,001; **, P ≤ 0,01; *, P ≤ 0,05; Nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,05; razlike med sortami).

V preglednici 4 so prikazani rezultati izbranih morfometričnih parametrov določenih po zaključenem procesu siljenja. Pri določanju višine rozet lahko povzamemo, da je imela največje višine med sortami 'Verona', vendar razlike niso bile povsod statistično značilne. Med uporabljenimi hranilnimi raztopinami z različnimi koncentracijami je bila višina rozet največja pri siljenju v +N/P/K-3% in najnižja v +N-2%. Največje število listov med sortami smo pridelali pri sorti 'Treviski', pri čemer so bile razlike statistično značilne ($P < 0,05$). Med hranilnimi raztopinami je na večje število listov najbolj vplivala +N/P/K-3%, a so bile razlike večinoma neznačilne ($P > 0,05$). Največji premeri rozet so bili pri sortah 'Treviski' in 'Monivip'. Med hranilnimi raztopinami pa je na premer rozet najbolj vplivala +N/K-1% in najmanj +N-2%.

Mase pridelka so se močno razlikovale med sortami in uporabljenimi hranilnimi raztopinami, pri čemer so bile vrednosti od 8 g do 58 g. Največja masa pridelka med sortami je bila pri sorti 'Treviski' v hranilni raztopini +N/K-1% (58,2 g), sledijo ji sorte 'Anivip' v +N/P/K-3% (42,0 g), 'Verona' v +N/K-1% (32,6 g), 'Castelfranco' v +N/K-1% (31,0 g) in 'Monivip' v +N-1% (27,1 g). Največje mase pridelka so bile pri sorti 'Treviski', najnižje pa pri 'Castelfranco'. Razlike med sortami so statistično značilne. Med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje smo največje mase pridelka določili v +N/K-1% raztopini, a so bile razlike značilne le pri sorti 'Verona' ($P < 0,001$).

4.1.2 Vsebnost sušine, skupnih fenolov, skupnih flavonoidov in antioksidacijski potencial

Sušino vzorcev siljenega radiča smo določili s sušenjem v laboratorijskem sušilniku do konstantne teže, TPC kolorimetrično s Folin-Ciocalteu reagentom pri valovni dolžini 765 nm, TFC kolorimetrično z $AlCl_3$ pri valovni dolžini 415 nm in AOP indirektno metodo z radikalom DPPH na spektrofotometru pri valovni dolžini 517 nm. Podatki TPC so izraženi kot ekvivalent galne kisline in preračunani na svežo maso (mg GAE/100 g sveže mase), TFC kot ekvivalent kvercetina in preračunani na svežo maso (mg QE/100 g sveže mase) in AOP kot ekvivalent Troloxa ter prav tako preračunani na svežo maso (mg TE/g sveže mase).

Preglednica 5: Vsebnost sušine in bioaktivnih parametrov (TPC, vsebnost skupnih fenolov; TFC, vsebnost skupnih flavonoidov; AOP, antioksidacijski potencial) v siljenih radičih po končani fazi siljenja (model 1)

Table 5: Dry matter and bioactive parameters (TPC, total phenolic content; TFC, total flavonoid content; AOP, antioxidative potencial) of the chicons at the end of the forced phase (model 1)

Parameter Sorta	Hranilna raztopina									Voda	P _{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
Sušina (%)											
Treviški	4,6 ±0,2 eB	4,9 ±0,3 deB	6,0 ±0,3 abA	5,2 ±0,3 cdB	6,1 ±0,3 abA	6,0 ±0,3 abAB	4,9 ±0,3 deB	6,0 ±0,3 abA	5,6 ±0,3 bcB	6,4 ±0,3 aA	***
Verona	5,4 ±0,3 cdA	4,8 ±0,2 efB	4,5 ±0,2 fC	6,0 ±0,3 abA	6,1 ±0,3 abA	6,3 ±0,3 aA	5,7 ±0,3 bcA	5,1 ±0,3 deB	6,2 ±0,3 abA	4,8 ±0,2 efC	***
Anivip	4,7 ±0,2 cB	6,0 ±0,3 aA	5,4 ±0,3 bB	5,4 ±0,3 bB	6,0 ±0,3 aA	5,5 ±0,3 abB	/	4,8 ±0,2 cB	5,9 ±0,3 abAB	4,8 ±0,2 cC	***
Castelfranco	4,3 ±0,2 bB	4,7 ±0,2 bB	/	/	/	/	/	3,8 ±0,2 cC	/	5,2 ±0,3 aBC	***
Monivip	5,2 ±0,3 bcdA	4,8 ±0,2 dB	5,8 ±0,3 aAB	5,7 ±0,3 abAB	5,4 ±0,3 abcB	5,9 ±0,3 aAB	5,2 ±0,3 bcdAB	5,1 ±0,3 cdB	5,5 ±0,3 abcB	5,4 ±0,3 abcB	**
P_S	**	***	***	*	Nz	Nz	*	***	Nz	***	
TPC (mg GAE/100 g sveže mase)											
Treviški	60,7 ±1,6 cdA	72,8 ±1,0 bA	49,4 ±0,2 gB	57,9 ±1,0 deB	83,1 ±1,0 aA	62,7 ±4,9 cB	49,6 ±1,6 gB	56,9 ±2,0 eA	53,0 ±1,5 fgB	55,6 ±2,3 efB	***
Verona	48,9 ±1,3 dC	46,5 ±2,0 eC	39,6 ±1,9 fC	66,9 ±1,3 aA	46,1 ±1,3 eC	49,5 ±1,2 dC	51,1 ±1,0 dB	56,6 ±1,0 cA	56,2 ±0,9 cA	60,4 ±1,1 bA	***
Anivip	57,3 ±0,9 eB	51,5 ±1,6 fB	51,6 ±0,7 fA	52,3 ±0,8 fC	63,4 ±1,9 cB	77,5 ±0,3 aA	73,1 ±1,9 bA	57,6 ±1,5 eA	50,7 ±1,0 fC	60,3 ±1,6 dA	***
Castelfranco	27,4 ±0,1 dD	24,9 ±0,5 eE	24,8 ±1,1 eE	30,2 ±1,0 bcE	31,1 ±1,0 bD	30,8 ±0,7 bD	37,0 ±1,6 aC	28,7 ±0,8 cdB	32,2 ±1,1 bD	31,4 ±2,1 bC	***
Monivip	26,1 ±1,1 efD	35,4 ±1,0 abD	29,7 ±0,6 cdeD	37,0 ±0,1 aD	28,2 ±1,3 deE	31,5 ±6,5 bcdD	22,6 ±0,6 fgD	21,9 ±1,9 gC	33,5 ±0,7 abcD	27,0 ±0,6 eD	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
TFC (mg QE/100 g sveže mase)											
Treviški	7,2 ±0,5 aA	6,2 ±0,1 bA	2,7 ±0,3 eB	4,6 ±0,3 cdB	6,7 ±0,3 abA	5,2 ±0,4 cB	5,2 ±0,6 cB	4,9 ±0,3 cdB	4,5 ±0,3 dA	5,0 ±0,4 cdB	***
Verona	3,2 ±0,1 eC	2,9 ±0,1 eC	2,2 ±0,2 fC	6,5 ±0,3 aA	4,0 ±0,4 dC	5,2 ±0,2 bcB	1,7 ±0,6 fC	5,1 ±0,2 bcB	4,6 ±0,3 cA	5,2 ±0,4 bB	***
Anivip	4,9 ±0,1 cB	4,8 ±0,1 cB	4,9 ±0,1 cA	3,9 ±0,2 cC	6,0 ±0,1 bB	10,4 ±0,8 aA	11,0 ±1,1 aA	6,2 ±1,2 bA	4,4 ±0,4 cA	6,5 ±0,2 bA	***
Castelfranco	1,2 ±0,3 bcD	0,6 ±0,1 dE	0,5 ±0,1 dE	1,0 ±0,2 bcdE	1,4 ±0,1 abcE	1,8 ±0,2 aC	1,7 ±0,6 aC	1,4 ±0,3 abcC	1,5 ±0,2 abB	1,0 ±0,1 cdC	***
Monivip	1,5 ±0,2 bcD	1,2 ±0,1 cdD	0,9 ±0,1 efD	2,2 ±0,2 aD	2,1 ±0,2 aD	1,7 ±0,3 bC	0,7 ±0,2 fC	1,2 ±0,1 dC	1,1 ±0,1 deB	0,7 ±0,2 fC	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
AOP (mg TE/g sveže mase)											
Treviški	0,29 ±0,01 eB	0,36 ±0,03 cA	0,23 ±0,00 fB	0,28 ±0,01 eB	0,39 ±0,00 bA	0,32 ±0,01 dB	0,38 ±0,00 bC	0,47 ±0,01 aB	0,33 ±0,01 dB	0,32 ±0,01 dC	***
Verona	0,23 ±0,01 hC	0,22 ±0,01 iC	0,17 ±0,00 jC	0,44 ±0,01 cA	0,26 ±0,00 gC	0,28 ±0,00 fC	0,51 ±0,01 aB	0,49 ±0,01 bA	0,35 ±0,01 eA	0,43 ±0,00 dA	***
Anivip	0,32 ±0,01 eA	0,27 ±0,01 fgB	0,26 ±0,01 gA	0,27 ±0,01 fgC	0,36 ±0,01 dB	0,43 ±0,01 cA	0,59 ±0,00 aA	0,45 ±0,01 bB	0,28 ±0,00 fC	0,35 ±0,01 dB	***
Castelfranco	0,12 ±0,01 eD	0,10 ±0,01 fE	0,09 ±0,01 fE	0,14 ±0,00 eE	0,19 ±0,00 cD	0,18 ±0,00 cD	0,22 ±0,01 aD	0,21 ±0,02 abC	0,20 ±0,00 bD	0,15 ±0,00 dD	***
Monivip	0,08 ±0,01 gE	0,15 ±0,00 dD	0,11 ±0,00 fD	0,20 ±0,00 aD	0,17 ±0,00 cE	0,18 ±0,00 bD	0,11 ±0,00 fE	0,16 ±0,00 dD	0,19 ±0,00 aE	0,14 ±0,01 eE	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤ 0,001; **, P ≤ 0,01; *, P ≤ 0,05; Nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,05; razlike med posameznimi sortami).

V preglednici 5 so zbrani rezultati za sušino (%), TPC (mg GAE/100 g sveže mase), TFC (mg QE/100 g sveže mase) in AOP (mg TE/g sveže mase) v listih radičev po zaključenem procesu siljenja. Sušina siljenih radičev je bila med 3,8 % in 6,4 %. Največjo sušino je imela sorta 'Treviški' siljena v vodi brez gnojil (6,4 %), za njo 'Verona' v hranilni raztopini +N/K-3% (6,3 %), 'Anivip' v +N/P/K-2% in +N/K-2% (6,0 %), 'Monivip' v +N/K-3% (5,9 %) ter 'Castelfranco' v vodi brez gnojil (5,2 %). Med obravnavanimi sortami je bila sušina statistično večja v sortah 'Treviški' in 'Verona', vendar razlike niso bile povsod značilne. Med uporabljenimi hranilnimi raztopinami z različnimi koncentracijami je bila sušina statistično značilno ($P < 0,01$) večja pri siljenju v +N/K-2% in +N/K-3% hranilnih raztopinah.

Vsebnost skupnih fenolov v siljenih radičih je močno variirala in se je gibala od 21,9 mg GAE/100 g sveže mase do 83,1 mg GAE/100 g sveže mase. Največje TPC med sortami in hranilnimi raztopinami so imele rdeče sorte 'Treviški' v +N/K-2% (83,1 mg GAE/100 g sveže mase), 'Anivip' v +N/K-3% (77,5 mg GAE/100 g sveže mase) in 'Verona' v +N/K-1% (66,9 mg GAE/100 g sveže mase), nižje pa sorta 'Castelfranco' v +N-1% (37,0 mg GAE/100 g sveže mase) in 'Monivip' v +N-2% (21,9 mg GAE/100 g sveže mase). Med sortami sta imeli visoko statistično značilno ($P < 0,001$) večje TPC rdeči sorti 'Treviški' in 'Verona', nižje pa pisana sorta 'Castelfranco' in zelena 'Monivip'. Vsebnosti so bile v povprečju dva krat večje v korist rdečih sort. Med hranilnimi raztopinami so bile značilno večje TPC predvsem v raztopinah s poudarkom na kaliju, in sicer v +N/K (1 %, 2 %, 3 %).

Flavonoidi so skupina fenolnih spojin, ki glede na rezultate v večini vzorcev siljenih radičev predstavljajo < 10 % TPC. Rezultati TFC so bili med 0,5 mg QE/100 g sveže mase in 11,0 mg QE/100 g sveže mase. Največje TFC so imele rdeče sorte 'Anivip' v +N-1% (11,0 mg QE/100 g sveže mase), 'Treviški' v +N/P/K-1% (7,2 mg QE/100 g sveže mase) in 'Verona' v +N/K-1% (6,5 mg QE/100 g sveže mase), nižje pa zelena sorta 'Monivip' v +N/K-1% (2,2 mg QE/100 g sveže mase) in pisana 'Castelfranco' v +N/P/K-3% (1,5 mg QE/100 g sveže mase). Med sortami je imela rdeča sorta 'Anivip' visoko značilno ($P < 0,001$) večje TFC v primerjavi z ostalimi sortami. Razlike so bile tri do pet krat večje v rdečih sortah v primerjavi s pisano ali zeleno, kar je podoben trend kot smo ga opazili pri TPC. Med hranilnimi raztopinami so bile značilno večje TFC predvsem v raztopinah s poudarkom na kaliju (+N/K), podobno kot pri TPC.

AOP se je v vzorcih siljenih radičev gibal med 0,08 mg TE/g sveže mase in 0,59 mg TE/g sveže mase. Največji AOP med sortami in uporabljenimi raztopinami za siljenje je imela sorta 'Anivip' v +N-1% (0,59 mg TE/g sveže mase), sledile so ji 'Verona' v +N-2% (0,49 mg TE/g sveže mase), 'Treviški' v +N-2% (0,47 mg TE/g sveže mase), 'Castelfranco' v +N-1% (0,22 mg TE/g sveže mase) in 'Monivip' v +N/K-1% (0,20 mg TE/g sveže). Med sortami so imele statistično značilno ($P < 0,001$) večji AOP rdeče sorte, in sicer več kot

dvakrat večjega od pisane ali zelene sorte. Med hranilnimi raztopinami so bili značilno večji AOP-ji v raztopinah s poudarkom na kaliju, predvsem v +N/K-1% in +N/K-2%.

4.1.3 Mineralna sestava

Multi-elementno (mineralno) vsebnost posameznih mineralov v vzorcih siljenih radičev smo določili s pomočjo energijsko disperzijske rentgenske fluorescenčne spektrometrije (EDXRF). Z analizo smo dobili rezultate enajstih posameznih mineralov v vsakem vzorcu, ki smo jih razdelili v dve skupini: makrominerali (> 1 g/kg suhe mase) in mikrominerali (> 1 mg/kg suhe mase). Med makromineralne smo uvrstili naslednje: fosfor (P), žveplo (S), klor (Cl), kalij (K) in kalcij (Ca); in med mikromineralne: železo (Fe), cink (Zn), mangan (Mn), brom (Br), rubidij (Rb) in stroncij (Sr). Na žalost v procesu siljenja, pri sorti 'Verona' v eni in pri sorti 'Castelfranco' v šestih hranilnih raztopinah, nismo uspeli pridelati dovolj listne mase za določanje mineralne sestave, zato pri teh obravnavanjih ni rezultatov.

Preglednica 6: Vsebnosti makromineralov (elementov) v siljenih radičih po končani fazi siljenja (model 1)**Table 6:** Macromineral (elemental) composition of the chicons at the end of the forced phase (model 1)

Makromineral Sorta	Hranilna raztopina									Voda	P _{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
Fosfor (g/kg suhe mase)											
Treviški	7,4 ±0,4 aB	6,3 ±0,3 bC	6,5 ±0,3 bC	4,4 ±0,2 dC	5,3 ±0,3 cC	5,5 ±0,3 cC	6,8 ±0,3 bB	6,7 ±0,3 bB	5,1 ±0,3 cC	6,4 ±0,3 bC	***
Verona	7,0 ±0,3 cB	7,7 ±0,4 bB	9,1 ±0,5 aAB	6,6 ±0,3 cA	7,8 ±0,4 bA	7,9 ±0,4 bA	5,8 ±0,3 dC	8,4 ±0,4 bA	5,9 ±0,3 dB	5,5 ±0,3 dD	***
Anivip	7,4 ±0,4 cB	9,5 ±0,5 aA	8,5 ±0,4 bB	5,9 ±0,3 eB	6,5 ±0,3 deB	8,2 ±0,4 bA	/	8,4 ±0,4 bA	7,2 ±0,4 cA	7,1 ±0,4 cdB	***
Castelfranco	7,5 ±0,4 bB	6,9 ±0,3 bC	/	/	/	/	8,9 ±0,4 aA	/	/	8,8 ±0,4 aA	***
Monivip	8,3 ±0,4 bA	5,4 ±0,3 hiD	9,6 ±0,5 aA	6,6 ±0,3 deA	6,3 ±0,3 efB	7,2 ±0,4 cB	4,8 ±0,2 iD	5,6 ±0,3 ghC	7,0 ±0,3 cdA	6,0 ±0,3 fgCD	***
P_S	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Žveplo (g/kg suhe mase)											
Treviški	1,7 ±0,1 dC	2,2 ±0,1 bcB	2,0 ±0,1 cC	2,2 ±0,1 bB	2,0 ±0,1 cB	2,0 ±0,1 cBC	3,1 ±0,2 aA	2,4 ±0,1 bB	2,0 ±0,1 cC	3,0 ±0,1 aB	***
Verona	2,3 ±0,1 cB	2,0 ±0,1 dB	2,0 ±0,1 dC	1,9 ±0,1 dC	2,8 ±0,1 aA	2,0 ±0,1 dC	2,4 ±0,1 bcB	2,5 ±0,1 bcB	2,5 ±0,1 bB	2,0 ±0,1 dC	***
Anivip	2,7 ±0,1 aA	2,4 ±0,1 bA	2,8 ±0,1 aB	2,1 ±0,1 cBC	2,0 ±0,1 cB	2,2 ±0,1 bcA	/	2,9 ±0,1 aA	2,9 ±0,1 aA	2,7 ±0,1 aB	***
Castelfranco	2,1 ±0,1 cB	2,0 ±0,1 cB	/	/	/	/	2,9 ±0,1 baA	/	/	3,4 ±0,2 aA	***
Monivip	2,8 ±0,1 cA	1,8 ±0,1 fC	3,6 ±0,2 aA	2,8 ±0,1 cA	2,2 ±0,1 eB	2,2 ±0,1 deAB	2,2 ±0,1 deB	2,4 ±0,1 dB	3,1 ±0,2 bA	2,1 ±0,1 eC	***
P_S	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***
Klor (g/kg suhe mase)											
Treviški	4,4 ±0,2 cA	4,1 ±0,2 cB	4,1 ±0,2 cB	3,2 ±0,2 eB	3,3 ±0,2 deB	4,4 ±0,2 cA	4,9 ±0,2 bA	3,6 ±0,2 dB	4,2 ±0,2 cA	6,1 ±0,3 aA	***
Verona	3,2 ±0,2 cdB	4,8 ±0,2 aA	3,5 ±0,2 bcC	3,2 ±0,2 cdB	3,3 ±0,2 cB	3,6 ±0,2 bcB	3,5 ±0,2 bcB	2,7 ±0,1 eC	3,7 ±0,2 bB	3,0 ±0,1 deC	***
Anivip	4,6 ±0,2 bcA	3,5 ±0,2 dC	7,0 ±0,3 aA	3,3 ±0,2 dB	4,3 ±0,2 cA	3,5 ±0,2 dB	/	4,9 ±0,2 bA	3,4 ±0,2 dB	3,7 ±0,2 dB	***
Castelfranco	3,4 ±0,2 bB	2,8 ±0,1 cD	/	/	/	/	3,0 ±0,2 cC	/	/	4,1 ±0,2 aB	***
Monivip	3,1 ±0,2 bB	1,8 ±0,1 dE	3,9 ±0,2 aBC	3,8 ±0,2 aA	1,4 ±0,1 eC	1,5 ±0,1 eC	2,6 ±0,1 cD	1,9 ±0,1 dD	2,7 ±0,1 cC	2,0 ±0,1 dD	***
P_S	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***
Kalij (g/kg suhe mase)											
Treviški	35,7 ±1,8 eC	43,3 ±2,2 bAB	38,0 ±1,9 cdeC	39,6 ±2,0 bcd	42,3 ±2,1 bB	47,9 ±2,4 aAB	40,7 ±2,0 bcB	41,9 ±2,1 bB	35,2 ±1,8 eB	36,3 ±1,8 deB	***
Verona	41,5 ±2,1 cB	46,4 ±2,3 bAB	40,9 ±2,0 cdBC	42,4 ±2,1 c	51,8 ±2,6 aA	52,5 ±2,6 aA	41,5 ±2,1 cB	40,2 ±2,0 cdB	40,3 ±2,0 cdA	37,3 ±1,9 dB	***
Anivip	49,0 ±2,5 abA	47,1 ±2,4 abcA	43,0 ±2,2 cdAB	39,4 ±2,0 de	50,8 ±2,5 aA	46,8 ±2,3 abcB	/	45,0 ±2,3 bcA	40,3 ±2,0 deA	37,8 ±1,9 eB	***
Castelfranco	50,1 ±2,5 aA	42,6 ±2,1 cB	/	/	/	/	47,9 ±2,4 abA	/	/	44,4 ±2,2 bcA	*
Monivip	42,6 ±2,1 bcdB	34,8 ±1,7 fgC	45,9 ±2,3 bA	41,6 ±2,1 cd	44,6 ±2,2 bcB	52,8 ±2,6 aA	33,1 ±1,7 gC	34,2 ±1,7 fgC	36,9 ±1,8 efAB	39,2 ±2,0 deB	***
P_S	***	***	***	Nz	**	*	**	***	*	**	***
Kalcij (g/kg suhe mase)											
Treviški	1,0 ±0,1 gD	3,3 ±0,2 cA	1,8 ±0,1 efB	2,4 ±0,1 dB	1,2 ±0,1 gC	2,0 ±0,1 e	6,2 ±0,3 aB	4,7 ±0,2 bC	4,7 ±0,2 bC	1,7 ±0,1 fC	***
Verona	0,8 ±0,0 gE	1,9 ±0,1 eB	1,3 ±0,1 fC	2,0 ±0,1 eC	1,5 ±0,1 fB	1,0 ±0,0 g	6,9 ±0,3 aB	5,0 ±0,2 bC	4,2 ±0,2 cD	3,7 ±0,2 dAB	***
Anivip	4,2 ±0,2 cA	1,6 ±0,1 eC	2,3 ±0,1 dA	2,6 ±0,1 dAB	1,6 ±0,1 eB	1,8 ±0,1 e	/	6,5 ±0,3 aB	5,9 ±0,3 bB	4,0 ±0,2 cA	***
Castelfranco	2,5 ±0,1 cB	0,8 ±0,0 dE	/	/	/	/	5,6 ±0,3 aC	/	/	3,5 ±0,2 bB	***
Monivip	2,0 ±0,1 fgC	1,0 ±0,0 hD	2,3 ±0,1 fA	2,7 ±0,1 eA	2,0 ±0,1 fgA	1,7 ±0,1 g	9,1 ±0,5 aA	7,2 ±0,4 bA	6,7 ±0,3 cA	3,7 ±0,2 dAB	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤ 0,001; **, P ≤ 0,01; *, P ≤ 0,05; Nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g,h,i) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,05; razlike med posameznimi sortami).

V preglednici 6 so zbrani rezultati vsebnosti makromineralov (elementov) P, S, Cl, K in Ca, ki smo jih določili v listih siljenih radičev po končani fazi siljenja. Količina makromineralov (elementov) močno variira med sortami in uporabljenimi hranilnimi raztopinami. Vsebnosti za posamezni makromineral v g/kg suhe mase so bile naslednje: P (od 4,4 do 9,6), S (od 1,7 do 3,6), Cl (od 1,4 do 7,0), K (od 33,1 do 52,8) in Ca (od 0,8 do 9,1).

Največjo vsebnost P med sortami in hranilnimi raztopinami smo določili v sorti 'Monivip' v +N/P/K-3% (9,6 g/kg suhe mase), sledijo ji 'Anivip' v +N/P/K-2% (9,5 g/kg suhe mase), 'Verona' v +N/P/K-3% (9,1 g/kg suhe mase), 'Castelfranco' v +N-1% (8,9 g/kg suhe mase) in 'Treviški' v +N/P/K-1% (7,4 g/kg suhe mase). Pri določanju P lahko povzamemo, da sta imeli statistično značilno ($P < 0,05$) največje vsebnosti sorti 'Anivip' in 'Monivip', med uporabljenimi hranilnimi raztopinami pa so bile količine značilno večje pri siljenju v +N/P/K-3%.

Vsebnost S je bila med analiziranimi sortami prav tako značilno večja za sorti 'Anivip' in 'Monivip', med uporabljenimi raztopinami za siljenje pa v vodi brez dodanih gnojil. Količina Cl je bila med sortami značilno večja v rdečih sortah 'Treviški' in 'Anivip', med uporabljenimi raztopinami pa v vodi brez gnojil in v +N/P/K-3%.

Makromineral K je količinsko najbolj zastopan mineral v siljenih radičih. Največjo količino K med sortami in hranilnimi raztopinami smo določili v sorti 'Monivip' v +N/K-3% (52,8 g/kg suhe mase), sledijo 'Verona' v +N/K-3% (52,5 g/kg suhe mase), 'Anivip' v +N/K-2% (50,8 g/kg suhe mase), 'Castelfranco' v +N/P/K-1% (50,1 g/kg suhe mase) in 'Treviški' v +N/K-3% (47,9 g/kg suhe mase). Med sortami je bilo značilno najmanj K v sorti 'Treviški', med hranilnimi raztopinami pa predvsem v +N/K-3%, pri kateri je bila količina tega elementa tudi v gnojilu največja (N-P-K, 13-0-46).

Največjo količino Ca med sortami in hranilnimi raztopinami smo določili v sorti 'Monivip' v +N-1% (9,1 g/kg suhe mase), sledijo 'Verona' v +N-1% (6,9 g/kg suhe mase), 'Anivip' v +N-2% (6,5 g/kg suhe mase), 'Treviški' v +N-1% (6,2 g/kg suhe mase) in 'Castelfranco' v +N-1% (47,9 g/kg suhe mase). Statistično značilno ($P < 0,001$) največja količina Ca med sortami je bila v sorti 'Monivip', med uporabljenimi hranilnimi raztopinami pa je bila vsebnost Ca značilno ($P < 0,001$) večja pri siljenju v +N-1% raztopini.

Preglednica 7: Vsebnosti mikromineralov v siljenih radičih po končani fazi siljenja**Table 7:** Micromineral composition of the chicons at the end of the forced phase

Mikromineral Sorta	Hranilna raztopina									Voda	P _{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
Mangan (mg/kg suhe mase)											
Treviški	27,6 ±1,4 cB	36,1 ±1,8 aA	21,0 ±1,1 gB	22,9 ±1,1 fgC	25,8 ±1,3 cdeC	24,8 ±1,2 defA	37,9 ±1,9 aA	24,3 ±1,2 efC	30,1 ±1,5 bB	27,1 ±1,4 cdA	***
Verona	18,0 ±0,9 fD	23,5 ±1,2 dB	20,8 ±1,0 eB	13,5 ±0,7 gD	32,2 ±1,6 bA	12,2 ±0,6 gC	34,9 ±1,7 aA	27,8 ±1,4 cB	18,2 ±0,9 fC	21,6 ±1,1 deB	***
Anivip	35,2 ±1,8 bA	16,7 ±0,8 eC	22,2 ±1,1 dB	31,5 ±1,6 cA	28,9 ±1,4 cB	18,0 ±0,9 eB	/	29,6 ±1,5 cA	49,3 ±2,5 aA	10,3 ±0,5 fD	***
Castelfranco	23,9 ±1,2 bC	24,8 ±1,2 bB	/	/	/	/	35,4 ±1,8 aA	/	/	18,3 ±0,9 cC	***
Monivip	30,1 ±1,5 abB	18,6 ±0,9 fC	30,6 ±1,5 abA	27,6 ±1,4 cdB	25,1 ±1,3 eC	17,2 ±0,9 fB	31,1 ±1,6 ab	27,0 ±1,4 cdeB	28,5 ±1,4 bcB	26,0 ±1,3 deA	***
P _S	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	
Železo (mg/kg suhe mase)											
Treviški	105,0 ±5,3 cB	118,0 ±5,9 bA	92,1 ±4,6 dB	114,0 ±5,7 bcA	85,3 ±4,3 dC	109,0 ±5,5 bcA	148,0 ±7,4 aB	83,2 ±4,2 dC	118,0 ±5,9 bA	106,0 ±5,3 cA	***
Verona	88,2 ±4,4 defC	101,0 ±5,1 cBC	97,4 ±4,9 cdB	87,5 ±4,4 efB	132,0 ±6,6 bA	80,8 ±4,0 fC	124,0 ±6,2 bc	149,0 ±7,5 aA	81,9 ±4,1 efC	90,9 ±4,5 deB	***
Anivip	108,0 ±5,4 aB	85,8 ±4,3 bcD	90,7 ±4,5 bB	113,0 ±5,7 aA	79,2 ±4,5 bB	92,0 ±4,0 cC	/	89,6 ±4,5 bc	86,6 ±4,3 bcC	106,0 ±5,3 aA	***
Castelfranco	128,0 ±6,4 bA	97,9 ±4,9 cC	/	/	/	/	158,0 ±7,9 aA	/	/	105,0 ±5,3 cA	***
Monivip	108,0 ±5,4 bcB	108,0 ±5,4 bcB	123,0 ±6,2 aA	94,0 ±4,7 defB	101,0 ±5,1 cdB	86,4 ±4,3 fBC	117,0 ±5,9 abC	115,0 ±5,8 abB	97,0 ±4,9 deB	89,5 ±4,5 efB	***
P _S	***	***	***	***	***	***	**	***	***	**	
Cink (mg/kg suhe mase)											
Treviški	24,1 ±1,2 fCD	24,4 ±1,2 fBC	24,8 ±1,2 efD	27,3 ±1,4 deA	23,8 ±1,2 fC	21,2 ±1,1 gC	47,4 ±2,4 aA	29,2 ±1,5 dC	34,9 ±1,7 cB	37,7 ±1,9 bA	***
Verona	26,6 ±1,3 deC	22,5 ±1,1 fC	28,7 ±1,4 dC	27,2 ±1,4 deA	46,2 ±2,3 aA	24,5 ±1,2 efB	34,8 ±1,7 cB	40,6 ±2,0 bB	25,7 ±1,3 eC	26,6 ±1,3 deC	***
Anivip	37,9 ±1,9 bA	26,9 ±1,3 dA	32,7 ±1,6 cB	24,2 ±1,2 dB	27,2 ±1,4 dB	34,5 ±1,7 cA	/	47,6 ±2,4 aA	39,0 ±2,0 bA	31,5 ±1,6 cB	***
Castelfranco	23,6 ±1,2 cD	24,2 ±1,2 cBC	/	/	/	/	33,5 ±1,7 aB	/	/	30,5 ±1,5 bB	***
Monivip	33,5 ±1,7 bB	24,9 ±1,2 eAB	40,5 ±2,0 aA	29,1 ±1,5 cdA	26,6 ±1,3 deBC	21,7 ±1,1 fC	33,2 ±1,7 bB	29,8 ±1,5 cC	34,1 ±1,7 bB	25,3 ±1,3 eC	***
P _S	***	*	***	*	***	***	***	***	***	***	
Brom (mg/kg suhe mase)											
Treviški	9,9 ±0,5 aB	8,3 ±0,4 cdB	7,0 ±0,3 fgD	7,1 ±0,4 efB	6,4 ±0,3 gC	9,4 ±0,5 abA	8,9 ±0,4 bcA	6,4 ±0,3 fgC	7,7 ±0,4 deB	7,0 ±0,4 fgBC	***
Verona	8,0 ±0,4 dC	10,5 ±0,5 aA	8,9 ±0,4 cC	9,7 ±0,5 bA	8,4 ±0,4 cdB	6,8 ±0,3 eB	6,5 ±0,3 eB	6,4 ±0,3 eC	9,9 ±0,5 abA	6,5 ±0,3 eC	***
Anivip	12,0 ±0,6 bA	5,3 ±0,3 fD	13,3 ±0,7 aA	6,8 ±0,3 eB	10,1 ±0,5 cA	8,8 ±0,4 dA	/	9,7 ±0,5 cA	6,7 ±0,3 eC	7,3 ±0,4 eB	***
Castelfranco	7,1 ±0,4 bD	6,5 ±0,3 bcC	/	/	/	/	6,1 ±0,3 cB	/	/	8,6 ±0,4 aA	***
Monivip	6,1 ±0,3 deE	5,7 ±0,3 eD	11,7 ±0,6 aB	9,0 ±0,5 bA	3,5 ±0,2 gD	4,9 ±0,2 fC	5,0 ±0,2 fC	7,0 ±0,3 cB	6,6 ±0,3 cdC	4,5 ±0,2 fD	***
P _S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
Rubidij (mg/kg suhe mase)											
Treviški	11,4 ±0,6 cdC	11,5 ±0,6 cdC	10,8 ±0,5 cdeBC	10,8 ±0,5 cdeB	10,2 ±0,5 eC	10,5 ±0,5 deC	13,3 ±0,7 bB	15,8 ±0,8 aB	10,2 ±0,5 eC	11,7 ±0,6 cB	***
Verona	14,8 ±0,7 cB	13,1 ±0,7 deB	11,3 ±0,6 fB	12,9 ±0,6 eA	19,7 ±1,0 aA	15,6 ±0,8 bcA	16,9 ±0,8 bA	21,0 ±1,1 aA	12,8 ±0,6 eB	14,4 ±0,7 cdA	***
Anivip	17,5 ±0,9 bA	15,4 ±0,8 cA	15,8 ±0,8 cA	9,6 ±0,5 eC	16,0 ±0,8 cB	12,1 ±0,6 dB	/	19,9 ±1,0 aA	19,6 ±1,0 aA	15,3 ±0,8 cA	***
Castelfranco	11,1 ±0,6 bC	8,4 ±0,4 cD	/	/	/	/	12,8 ±0,6 aB	/	/	12,8 ±0,6 aB	***
Monivip	9,4 ±0,5 cD	11,5 ±0,6 aC	9,9 ±0,5 bcC	10,4 ±0,5 bBC	9,9 ±0,5 bcC	9,2 ±0,5 cD	9,4 ±0,5 cC	9,9 ±0,5 bcC	7,9 ±0,4 dD	6,8 ±0,3 eC	***
P _S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
Stroncij (mg/kg suhe mase)											
Treviški	1,1 ±0,1 hC	5,0 ±0,2 abA	2,4 ±0,1 eA	2,0 ±0,1 fC	1,2 ±0,1 ghC	2,9 ±0,1 dA	4,3 ±0,2 cD	5,3 ±0,3 aB	4,9 ±0,2 bB	1,4 ±0,1 gD	***
Verona	1,1 ±0,1 gC	2,6 ±0,1 eB	1,1 ±0,1 gC	2,0 ±0,1 fC	1,8 ±0,1 fB	1,3 ±0,1 gC	7,6 ±0,4 aB	5,2 ±0,3 bB	4,4 ±0,2 dC	4,7 ±0,2 cB	***
Anivip	4,5 ±0,2 bA	1,8 ±0,1 eC	1,7 ±0,1 eB	2,7 ±0,1 cA	1,7 ±0,1 eB	2,4 ±0,1 dB	/	5,4 ±0,3 aB	5,5 ±0,3 aA	4,8 ±0,2 bB	***
Castelfranco	3,5 ±0,2 cB	0,7 ±0,0 dD	/	/	/	/	6,4 ±0,3 aC	/	/	5,3 ±0,3 bA	***
Monivip	0,6 ±0,0 hD	0,7 ±0,0 hD	1,1 ±0,1 gC	2,4 ±0,1 fB	2,8 ±0,1 eA	1,3 ±0,1 gC	8,6 ±0,4 aA	7,9 ±0,4 bA	5,7 ±0,3 cA	3,6 ±0,2 dC	***
P _S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤ 0,001; **, P ≤ 0,01; *, P ≤ 0,05. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g,h) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,05; razlike med posameznimi sortami).

V preglednici 7 so prikazani rezultati o vsebnosti posameznih mikromineralov Mn, Fe, Zn, Br, Rb in Sr, ki smo jih določili v listih siljenih radičev po končani fazi siljenja. Količina mikromineralov variira tako med sortami kot med uporabljenimi hranilnimi raztopinami. Vsebnosti za posamezni mikromineral v mg/kg suhe mase se gibljejo v naslednjih rangih: Mn (od 10,3 do 49,3), Fe (od 79,2 do 158,0), Zn (od 21,2 do 47,6), Br (od 3,5 do 13,3), Rb (od 6,8 do 21,0) in Sr (od 0,6 do 8,6).

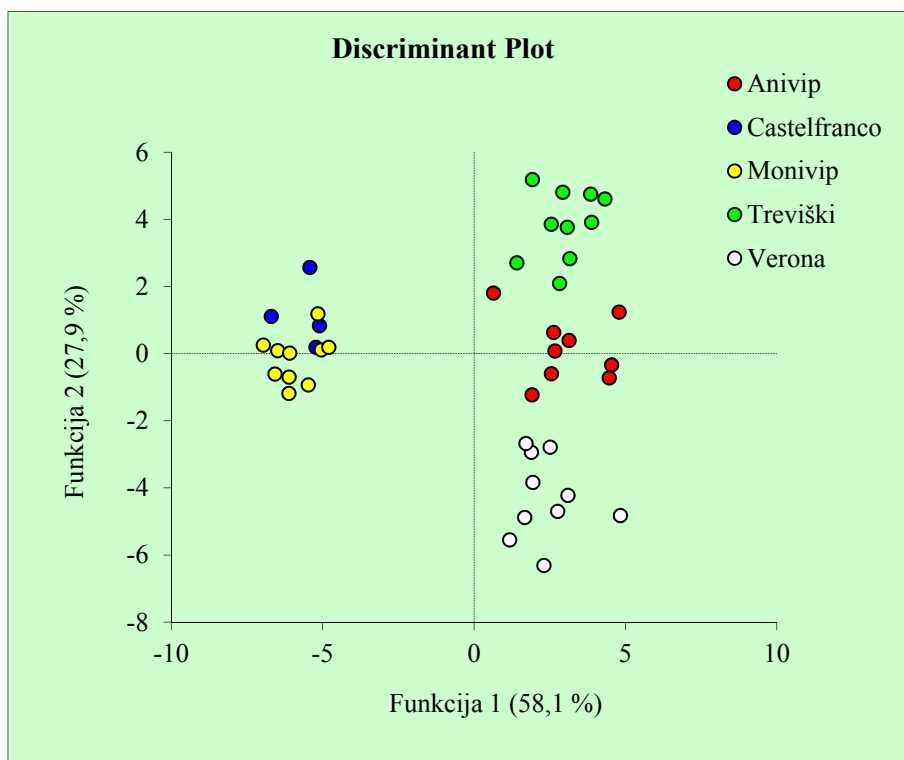
Med mikrominerali je bilo v siljenih radičih največ Fe. Največjo količino Fe med sortami in hranilnimi raztopinami smo določili v sorti 'Castelfranco' v +N-1% (158,0 mg/kg suhe mase), sledijo 'Verona' v +N-2% (149,0 mg/kg suhe mase), 'Treviški' v +N-1% (148,0 mg/kg suhe mase), 'Monivip' v +N/P/K-3% (123,0 mg/kg suhe mase) in 'Anivip' v +N/K-1% (113,0 mg/kg suhe mase). Med sortami je bilo statistično značilno ($P < 0,01$) več Fe v sorti 'Treviški', med hranilnimi raztopinami značilno več pri siljenju v +N-1% in +N-2%.

Pri določanju Mn lahko povzamemo, da sta imela med sortami statistično značilno ($P < 0,01$) več omenjenega minerala sorti 'Anivip' in 'Treviški', med uporabljenimi hranilnimi raztopinami so bile količine značilno večje ($P < 0,001$) pri siljenju v +N-1%. Količina Zn je bila med sortami značilno večja v sorti 'Anivip' in med hranilnimi raztopinami pri siljenju v +N-1% ter +N-2%. Mikromineral Br je imel med sortami značilno večje vsebnosti v sorti 'Anivip', med hranilnimi raztopinami pa ga je bilo značilno več pri siljenju v +N/P/K. Vsebnost Rb je bila med sortami značilno večja v sortah 'Anivip' in 'Verona' ter med hranilnimi raztopinami v +N. Sr je bil količinsko najmanj zastopan mikromineral, pri čemer ga je bilo med sortami značilno več v sorti 'Monivip'. Pri hranilnih raztopinah so tiste z +N značilno vplivale na večje vsebnosti Sr v primerjavi z drugimi raztopinami.

4.1.4 Multivariatna analiza – linearna diskriminantna analiza (LDA)

LDA smo izvedli na podlagi 19 parametrov, ki smo jih predhodno določili z različnimi analizami, iz 43 vzorcev siljenih radičev proizvedenih v 10 različnih hranilnih raztopinah. Obravnavane hranilne raztopine so bile: +N/P/K-1%, +N/P/K-2%, +N/P/K-3%, +N/K-1%, +N/K-2%, +N/K-3%, +N-1%, +N-2%, +N-3% in voda. V LDA smo vključili naslednjih 19 parametrov: višina rozete, pridelana masa, število listov, premer rozete, sušina, TPC, AOP, TFC in vsebnosti posameznih mineralov Mn, Fe, Zn, Br, Rb, Sr, P, S, Cl, K ter Ca.

Sortna diskriminacija (razločevanje) originalnih podatkov za pet sort siljenega radiča ('Treviški', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip') je prikazana na sliki 2. Gnojilna diskriminacija za štiri različne tipe gnojenja (+N/P/K 11-44-11, +N/K 13-0-46, +N 15,5-0-0, voda kot kontrola) pa je prikazana na sliki 3.

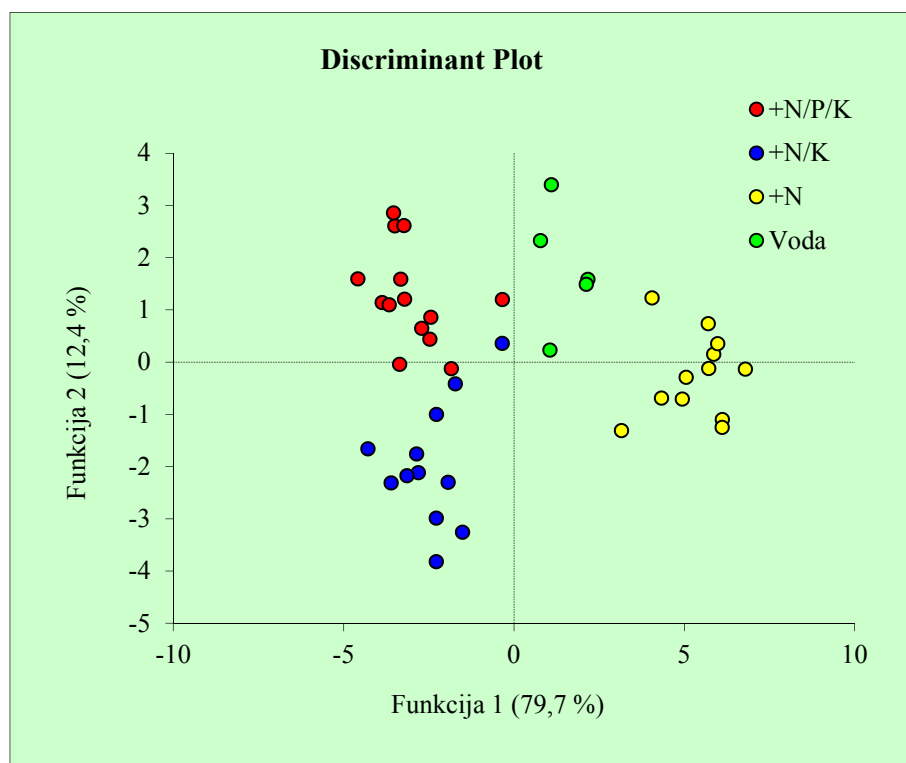


Slika 2: Linearna diskriminantna analiza izvedena z 19 parametri: premer rozet, pridelana masa, premer rozet, število listov, sušina, TPC, TFC, AOP in koncentracije elementov P, S, Cl, K, Ca, Fe, Zn, Mn, Rb, Br ter Sr na 43 vzorcih siljenega radiča proizvedenega v 10 različnih hranilnih raztopinah. Koordinatni sistem sestoji iz prvih dveh diskriminantnih funkcij F1/F2 in predstavlja 86,0 % celotne razpršenosti za 19 spremenljivk. TPC, vsebnost skupnih fenolov; TFC, vsebnost skupnih flavonoidov; AOP, antioksidacijski potencial.

Figure 2: Linear discriminant analysis performed with 19 parameters: height, neto mass, diameter, number of leaves, dry matter, TPC, TFC, AOP and concentrations of elements P, S, Cl, K, Ca, Fe, Zn, Mn, Rb, Br and Sr of 43 samples obtained from 10 different nutrient solutions. The plane constituted of the first two discriminant function F1/F2 represents 86,0 % of the total variance for 19 variables. TPC, total phenolic content; TFC, total flavonoid content; AOP, antioxidative potencial.

Koordinatni sistem na sliki 2 opredeljujeta prvi dve diskriminantni funkciji: funkcija 1 in funkcija 2, ki skupaj predstavljata 86,0 % celotne razpršenosti za 19 spremenljivk. Relativna magnituda standardiziranih diskriminantnih funkcijskih rezultatov za diskriminantno funkcijo 1, ki predstavlja 58,1 % celotne variance, je pokazala, da vsebnost žvepla (S), premer rozete, vsebnost klora (Cl), pridelana masa in vsebnost stroncija (Sr) v omenjenem vrstnem redu največ prispevajo k tej funkciji. K diskriminantni funkciji 2, ki predstavlja 27,9 % celotne variance, pa največ prispevajo parametri: višina rozete, vsebnost kalcija (Ca), število listov, sušina in antioksidacijski potencial (AOP); v

omenjenem vrstnem redu. Vzorci siljenih radičev so se dobro ločili na skupine pri sortah 'Verona', 'Treviški' in 'Anivip'; pri sortah 'Castelfranco' in 'Monivip' pa je prišlo do rahlega prekrivanja skupin, saj je po en posamezen vzorec vsake sorte pripadel drugi skupini.



Slika 3: Linearna diskriminantna analiza izvedena z 19 parametri: podani v legendi pri sliki 2 (glej tudi tekst), na 43 vzorcih siljenega radiča proizvedenega v hranilnih raztopinah s tremi različnimi gnojili +N/P/K (11-44-11), +N/K (3-0-43), +N (15,5-0-0) in kontroli (voda). Koordinatni sistem sestoji iz prvih dveh diskriminantnih funkcij F1/F2 in predstavlja 92,1 % celotne razpršenosti za 19 spremenljivk.

Figure 3: Linear discriminant analysis performed with 19 parameters: given in the legend to Figure 1 (see also text), of the 43 samples grown in the nutrient solutions of the three different fertilizers +N/P/K (11-44-11), +N/K (13-0-46), +N (15,5-0-0) and control (water). The plane constituted of the first two discriminant functions F1/F2 represents 92,1 % of the total variance for 19 variables.

Koordinatni sistem na sliki 3 opredeljujeta prvi dve diskriminantni funkciji: funkcija 1 in funkcija 2, ki skupaj predstavljata 92,1 % celotne razpršenosti za 19 spremenljivk. Relativna magnituda standardiziranih diskriminantnih funkcijskih rezultatov za diskriminantno funkcijo 1, ki predstavlja 79,7 % celotne variance, je pokazala, da AOP, TPC, vsebnost kalcija (Ca), premer in višina rozet, v omenjenem vrstnem redu, največ prispevajo k tej funkciji. K diskriminantni funkciji 2, ki predstavlja 12,4 % celotne variance, pa največ prispevajo parametri: vsebnost klora (Cl), vsebnost skupnih flavonoidov (TFC), vsebnost kalija (K), stroncija (Sr) in kalcija (Ca); v omenjenem vrstem

redu. Vzorci siljenih radičev so se v celoti (100 %) ločili na skupine: +N/P/K (11-44-11), +N/K (13-0-46), +N (15,5-0-0) in voda (kontrola).

4.2 LISTI ROZET RADIČEV PRIDELANIH Z ORGANSKIMI IN MINERALNIMI GNOJILI

4.2.1 Identifikacija fenolnih spojin

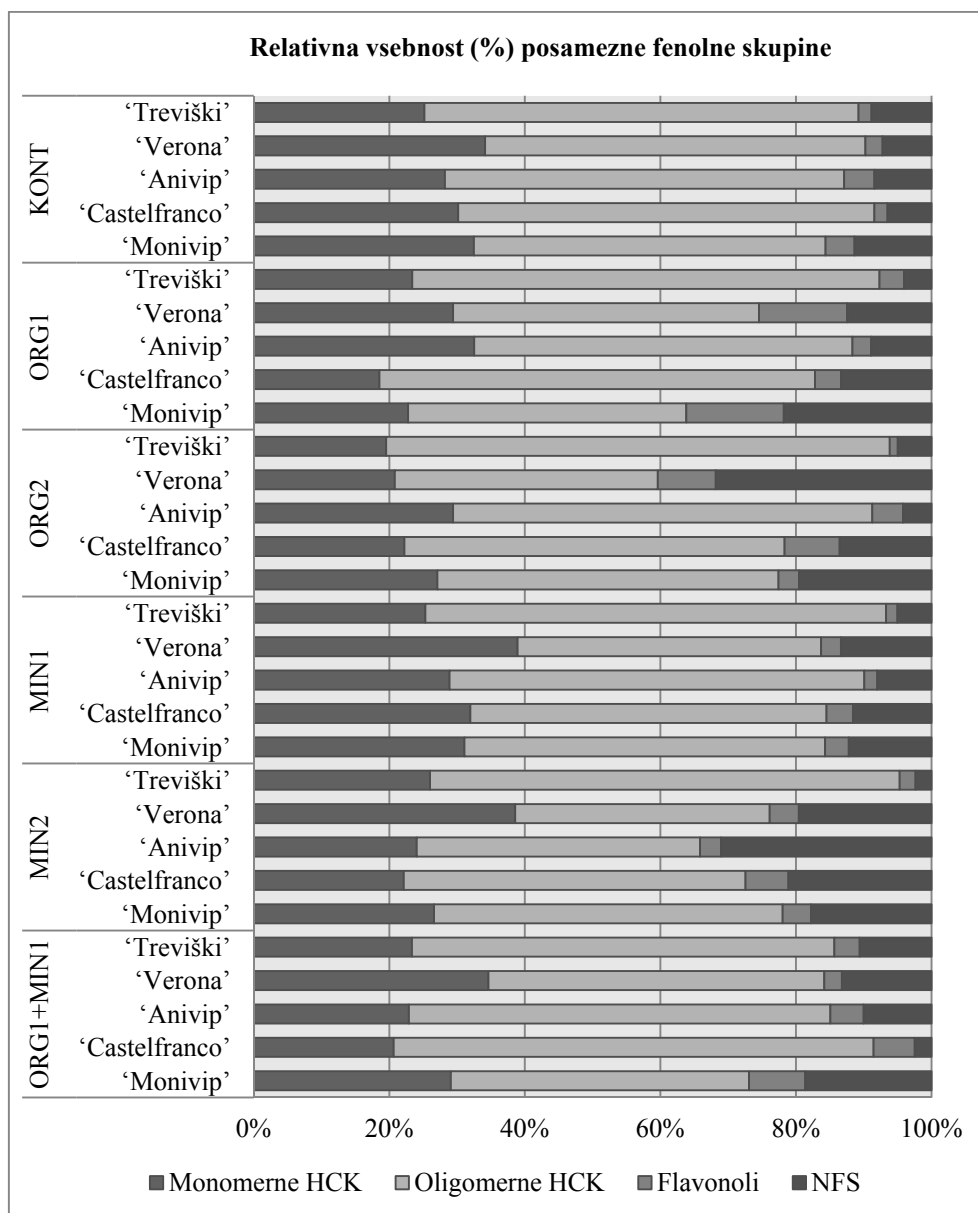
S HPLC metodo smo v petih sortah radiča iz različnih gnojilnih režimov skupno detektirali 60 vrhov. Med zaznanimi vrhovi smo izbrali 33 glavnih spojin, ki smo jih podrobneje preučili (preglednica 8). Fenolne spojine, ki so prikazane v preglednici 8, smo razvrstili glede na njihov absorpcijski spekter (Mabry in sod., 1970) v primerjavi s predstavnikom posamezne skupine (klorogenska kislina, apigenin, rutin, cianidin-3-glukozid).

Preglednica 8: Fenolne spojine v listih radičev ločene s pomočjo HPLC in obravnavane glede na retencijski čas R_t (min) ter absorpcijski maksimum UV λ_{max} (nm)

Table 8: Phenolic compounds from chicory leaves separated by HPLC and discriminated according to their retention times and UV absorption maximum

Ime spojine/ akronim	Vrh	R_t (min)	UV λ_{max} (nm)	Fenolni razred
HCK	1	18,2	318, 322	Monomerna hidroksicimetna kislina
Kaftarna kislina (kafeoilvinska kislina)	2	19,3	330	Monomerna hidroksicimetna kislina
Derivat benzojske kisline BAD (protokatehujvska kislina)?	3	28,3	286, 290, 334, 338	Flavon
HCK2	4	35,8	322	Monomerna hidroksicimetna kislina
HCK3	5	41,7	330	Monomerna hidroksicimetna kislina
NFS1	6	42,6	262	Neznana fenolna spojina
Klorogenska kislina	7	43,3	326	Monomerna hidroksicimetna kislina
HCK4	8	53,2	326	Monomerna hidroksicimetna kislina
Derivat galne kisline 1 (GAD1)	9	61,4	262, 266	Neznana fenolna spojina
Derivat galne kisline 2 (GAD2)	10	65,5	262	Neznana fenolna spojina
HCK5	11	66,2	310	Monomerna hidroksicimetna kislina
NFS2	12	75,7	262	Neznana fenolna spojina
HCK6	13	84,9	326	Monomerna hidroksicimetna kislina
Cikorna kislina (dikafeoilvinska kislina)	14	100,5	330	Oligomerna hidroksicimetna kislina
HCK7	15	104,2	330	Oligomerna hidroksicimetna kislina
HCK8	16	112,1	330	Oligomerna hidroksicimetna kislina
HCK9	17	114,4	322	Oligomerna hidroksicimetna kislina
NFS3	18	115,1	262, 266	Neznana fenolna spojina
Derivat galne kisline 3 (GAD3)	19	126,5	262	Neznana fenolna spojina
HCK10	20	131,5	326	Oligomerna hidroksicimetna kislina
Derivat kamferola ali kvercetin 1 (KQD1)	21	140,0	262, 346, 350	Flavonol
Derivat kamferola ali kvercetin 2 (KQD2)	22	141,7	262, 346	Flavonol
Derivat kamferola ali kvercetin 3 (KQD3)	23	146,3	262, 346, 350, 354	Flavonol
Antho1	24*	147,1	278, 518, 522	Antocianin
HCK11	25	149,0	318, 326	Oligomerna hidroksicimetna kislina
Derivat apigenina ali luteolina (ALD)	26	149,5	262, 338	Flavon
NFS4	27	149,6	262, 266	Neznana fenolna spojina
NFS5	28	155,2	262	Neznana fenolna spojina
NFS6	29	159,0	262, 266	Neznana fenolna spojina
Flavonol 1	30	159,5	262, 346	Flavonol
Flavonol 2	31	160,3	262, 342, 346	Flavonol
Derivat galne kisline 4 (GAD4)	32	161,0	262	Neznana fenolna spojina
Flavonol 3	33	164,1	262, 266, 342, 346	Flavonol

*Ni zaznan v sortah 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip'; NFS, neznana fenolna spojina; HCK, hidroksicimetna kislina; Antho, antocianin.



Slika 4: Glavni kvalitativni profili skupin posameznih fenolnih spojin v listih petih sort radiča pri tretiranjih z različnimi gnojili. Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect; HCK, hidroksicimetne kisline; NFS, neznane fenolne spojine.

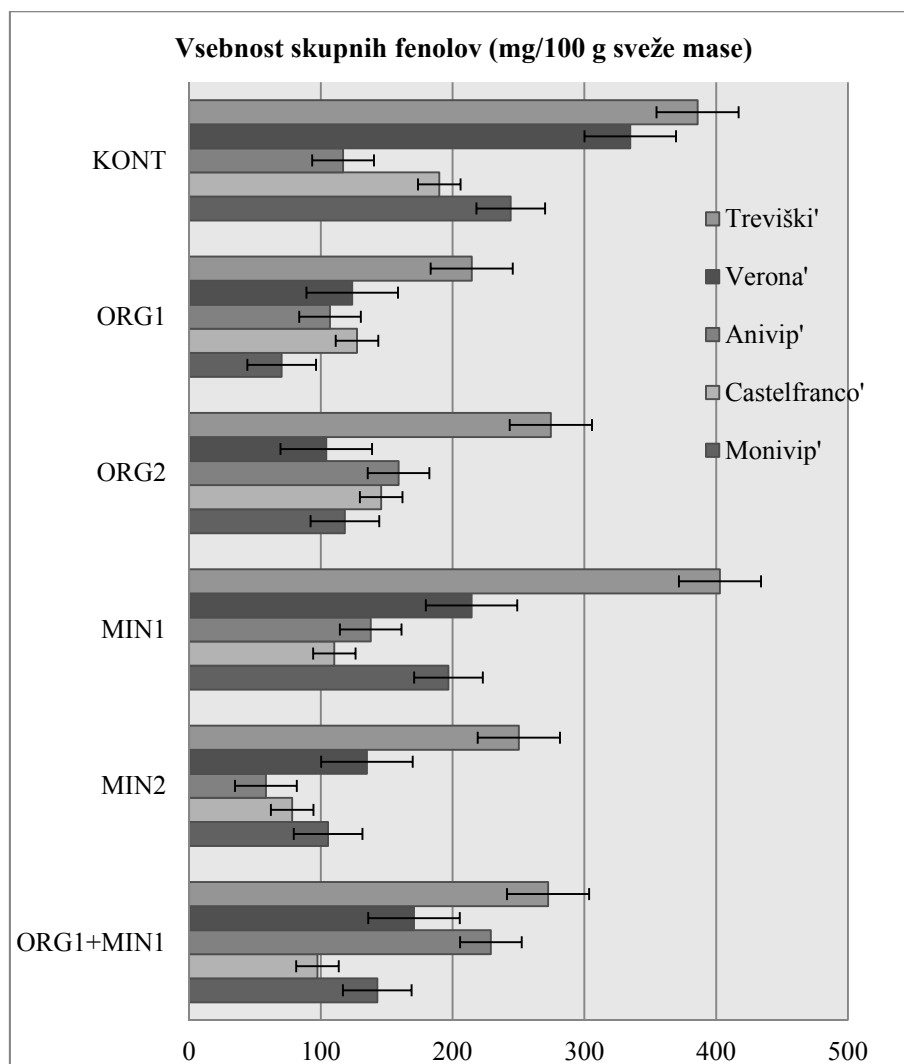
Figure 4: Principal qualitative profiles of the phenolic classes in the leaves of five chicory cultivars under different fertilizer treatments. Legend: KONT, control without fertilizers; ORG1, organic fertilizer Plantella Organic; ORG2, organic fertilizer Stallatico Pellettato; MIN1, mineral fertilizer Kristalon Blue; MIN2, mineral fertilizer Entec Perfect; HCK, hydroxycinnamic acids; NFS, unknown phenolic compounds.

Hidroksicimetne kisline (HCK) in neznane fenolne kisline (NFS) smo izračunali kot klorogensko kislino, flavone kot apigenin, flavonole kot rutin in antocianine kot cianidin-

3-glukozid. Klorogensko kislino, ki je v skladu z nomenklaturjo IUPAC imenovana 5'-kafeoilkininska (Möller in Herrmann, 1983), smo identificirali s primerjavo kromatografskega obnašanja z avtentičnim standardom (Roth, Karlsruhe). Kaftarno kislino smo primerjali s predhodno identificiranim standardom iz vinske trte (Puhl in sod., 2008). Cikorno kislino smo identificirali v skladu s podatki iz literature. HCK z retencijskimi časi (R_t), ki so bili daljši kot R_t cikorne kisline ($R_t = 100,5$ min), smo klasificirali kot oligomerne hidroksicimetne kisline.

Relativna vsebnost (ut. %) skupin posameznih fenolnih spojin v listih petih sort radiča pri tretiranjih z različnimi gnojili je prikazana na sliki 4. HCK, monomerne in oligomerne skupaj, predstavljajo najbolj zastopano skupino med vsemi fenolnimi spojinami v obravnavanih sortah radiča. Iz slike 4 je razvidno, da je oligomernih HCK več kot monomernih. Vsebnost oligomernih je v rangu od 38 % do 74 % s povprečjem 56 % in monomernih od 19 % do 39 % s povprečjem 27 %. Oligomerne in monomerne HCK skupaj, tako predstavljajo od 60 % do 95 % (povprečno 83 %) vseh fenolnih spojin v siljenih radičih. Flavonoli predstavljajo manjšo skupino in sicer v rangu od 1 % do 14 % (povprečno 5 %) glede na TPC. Skupina neznanih fenolnih spojin pa variira med 2 % in 32 % s povprečjem 13 %.

4.2.2 Kvantitativna analiza



Slika 5: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g sveže mase) v listih petih sort radiča pri tretiranjih z različnimi gnojili. Podatki so povprečne vrednosti (\pm standardni odklon) treh ponovitev. Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect.

Figure 5: Total phenolics content (mg/100 g fresh weight) of leaves of five chicory cultivars under different fertilizer treatments. Data are means (\pm standard deviation) of three replicates. Legend: KONT, control without fertilizers; ORG1, organic fertilizer Plantella Organic; ORG2, organic fertilizer Stallatico Pellettato; MIN1, mineral fertilizer Kristalon Blue; MIN2, mineral fertilizer Entec Perfect.

Na sliki 5 je prikazana vsebnost skupnih fenolov (TPC) v listih analiziranih sort radiča ('Treviški', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip'), ki so bili pridelani po sledečih postopkih: brez uporabe gnojil, z uporabo organskih gnojil (ORG1, ORG2), z uporabo mineralnih gnojil (MIN1, MIN2) ali s kombinacijo organskega in mineralnega gnojila

(ORG1+MIN1). Rezultati kažejo na razlike med sortami kot tudi med različnimi tretiranjmi z gnojili. TPC so se gibale med 58,4 mg/100 g sveže mase in 402,9 mg/100 g sveže mase. Med sortami (kot povprečna vrednost vseh obravnavanj) je imel 'Treviški' (300,1 mg/100 g sveže mase) statistično značilno največje vrednosti TPC, sledile so 'Verona' (180,5 mg/100 g sveže mase), 'Monivip' (146,3 mg/100 g sveže mase), 'Anivip' (134,7 mg/100 g sveže mase) in 'Castelfranco' (124,9 mg/100 g sveže mase). Med različnimi obravnavanji z gnojili so bile največje vrednosti TPC pri vzorcih brez gnojil (KONT; 254,3 mg/100 g sveže mase), nato pri uporabi mineralnega gnojila MIN1 (212,5 mg/100 g sveže mase), kombinaciji obeh (ORG1+MIN1; 182,5 mg/100 g sveže mase), ORG2 (160,4 mg/100 g sveže mase), ORG1 (128,6 mg/100 g sveže mase) in najmanj pri uporabi MIN2 (125,5 mg/100 g sveže mase).

Preglednica 9: Kvantitativni profili glavnih skupin fenolnih spojin v listih različnih sort radiča tretiranih brez ali z različnimi gnojili (model 2)

Table 9: Quantitative profiles of main phenolic classes in the leaves of the chicory cultivars under the different treatments without or with the fertilizers (model 2)

Fenolna skupina Sorta	Količina (mg/100 g sveže mase)					
	<u>Brez gnojil</u>	<u>Organsko gnojilo</u>		<u>Mineralno gnojilo</u>		<u>Kombinacija gnojil</u>
	KONT	ORG1	ORG2	MIN1	MIN2	ORG1+MIN1
Hidroksicimetne kisline						
Treviški	345,91 ±17,30 aA	195,67 ±9,78 dA	257,97 ±12,90 bA	361,64 ±18,08 aA	231,91 ±11,60 cA	232,87 ±11,64 cA
Verona	268,73 ±13,44 aB	100,08 ±5,00 dB	82,71 ±4,14 eD	176,76 ±8,84 bB	107,98 ±5,40 dB	131,80 ±6,59 cC
Anivip	100,98 ±5,05 cdE	94,18 ±4,71 dB	134,17 ±6,71 bB	108,03 ±5,40 cC	46,89 ±2,34 eE	190,28 ±9,51 aB
Castelfranco	159,81 ±7,99 aD	104,21 ±5,21 cB	115,28 ±5,76 bC	93,91 ±4,70 dC	60,74 ±3,04 eD	88,12 ±4,41 dE
Monivip	207,62 ±10,38 aC	59,02 ±2,95 eC	86,89 ±4,34 dD	165,82 ±8,29 bB	81,74 ±4,09 dC	109,76 ±5,49 cD
Flavonoli						
Treviški	10,05 ±0,50 cB	4,38 ±0,22 eB	10,10 ±0,50 cB	19,95 ±1,00 aA	7,88 ±0,39 dA	11,85 ±0,59 bB
Verona	13,03 ±0,65 aA	3,14 ±0,16 dC	3,73 ±0,19 cdD	11,64 ±0,58 bB	4,33 ±0,22 cC	13,74 ±0,69 aA
Anivip	5,19 ±0,26 dE	2,89 ±0,14 eC	6,31 ±0,32 cC	7,89 ±0,39 aC	5,42 ±0,27 dB	6,87 ±0,34 bC
Castelfranco	6,53 ±0,33 bD	4,11 ±0,21 cB	11,68 ±0,58 aA	3,94 ±0,20 cD	4,26 ±0,21 cC	1,72 ±0,09 dE
Monivip	7,85 ±0,39 aC	5,23 ±0,26 cA	2,80 ±0,14 eE	7,00 ±0,35 bC	4,37 ±0,22 dC	5,73 ±0,29 cD
Flavoni						
Treviški	1,33 ±0,07 aB	0,28 ±0,01 eB	0,69 ±0,03 dC	1,22 ±0,06 bA	1,06 ±0,05 cA	1,08 ±0,05 cB
Verona	1,89 ±0,09 aA	0,29 ±0,01 eB	0,81 ±0,04 cB	1,20 ±0,06 bA	0,60 ±0,03 dC	1,15 ±0,06 bB
Anivip	0,96 ±0,05 bC	0,15 ±0,01 eC	0,61 ±0,03 cD	1,07 ±0,05 aB	1,06 ±0,05 aA	0,40 ±0,02 dC
Castelfranco	0,97 ±0,05 bC	0,32 ±0,02 eB	1,17 ±0,06 aA	0,54 ±0,03 cC	0,50 ±0,02 cD	0,40 ±0,02 dC
Monivip	1,35 ±0,07 aB	0,73 ±0,04 bA	0,44 ±0,02 dE	0,62 ±0,03 cC	0,78 ±0,04 bB	1,36 ±0,07 aA
Neznane fenolne spojine						
Treviški	28,63 ±1,43 aB	14,18 ±0,71 dC	4,14 ±0,21 fD	19,07 ±0,95 cB	8,86 ±0,44 eD	26,67 ±1,33 bB
Verona	48,53 ±2,43 aA	20,27 ±1,01 cA	15,64 ±0,78 dC	23,68 ±1,18 bA	21,83 ±1,09 bcA	22,90 ±1,15 bC
Anivip	9,77 ±0,49 dD	9,75 ±0,49 dD	17,91 ±0,90 cB	20,90 ±1,04 bB	5,00 ±0,25 eE	31,51 ±1,58 aA
Castelfranco	22,59 ±1,13 aC	18,81 ±0,94 bB	17,67 ±0,88 bB	11,90 ±0,59 cC	12,76 ±0,64 cC	7,19 ±0,36 dD
Monivip	27,27 ±1,36 aB	5,30 ±0,27 dE	28,13 ±1,41 aA	23,40 ±1,17 bA	18,62 ±0,93 cB	26,03 ±1,30 aB

KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,001; razlike med uporabljenimi gnojili); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,001; razlike med sortami).

Vsebnosti glavnih skupin fenolnih spojin (HCK, NFS, flavone, flavonoli) v različnih sortah in različnih obravnavanjih z organskimi in/ali mineralnimi gnojili so predstavljene v preglednici 9. Količina posamezne skupine variira tako med sortami kot med uporabljenimi gnojili. Vsebnosti za posamezno skupino v mg/100 g sveže mase se gibljejo v naslednjih rangih: HCK (od 46,89 do 361,64), flavonoli (od 1,72 do 19,95), flavoni (od 0,15 do 1,89) in NFS (od 4,14 do 48,53).

HCK so najbolj zastopana skupina fenolnih spojin v radičih. Med sortami v različnih gnojilnih poskusih je imela največ HCK sorta 'Treviski' gnojena z MIN1 (361,6 mg/100 g sveže mase), sledijo ji 'Verona' KONT (268,7 mg/100 g sveže mase), 'Monivip' KONT (207,6 mg/100 g sveže mase), 'Anivip' gnojena z ORG1+MIN1 (190,3 mg/100 g sveže mase) in 'Castelfranco' KONT (159,8 mg/100 g sveže mase). Rezultati so pokazali, da ima sorta 'Treviski' statistično značilno ($P < 0,001$) večjo vsebnost HCK v primerjavi z ostalimi preučevanimi sortami. Med uporabo različnih tretiranj z gnojili so bile vsebnosti značilno večje pri obravnavanju brez gnojil (KONT).

Največ flavonolov med sortami in obravnavanji z gnojili je bilo v sorti 'Treviski' z uporabo MIN1 (19,95 mg/100 g sveže mase), sledi 'Verona' gnojena z ORG1+MIN1 (13,74 g/100 g sveže mase), 'Castelfranco' z ORG2 (11,68 g/100 g sveže mase), 'Anivip' z MIN1 (7,89 mg/100 g sveže mase) in 'Monivip' KONT (7,85 mg/100 g sveže mase). Statistično značilno največ flavonolov je bilo v sortah 'Verona' in 'Treviski'. Med uporabljenimi gnojilnimi režimi smo največ flavonolov določili v režimu brez gnojil (KONT) in pri gnojenju z MIN1, razlike so bile značilne ($P < 0,001$).

Flavoni predstavljajo najmanjšo skupino fenolnih spojin. Sorte so se različno odzvale na gnojenje z različnimi gnojili. Sorta 'Treviski' je imela statistično značilno več flavonov kot ostale pri gnojenju z mineralnimi gnojili (MIN1, MIN2). Statistično značilno več flavonov med obravnavanji z gnojili je bilo pri KONT, čeprav so bile visoke koncentracije določene tudi pri sorti 'Monivip' ob uporabi kombinacije gnojil (ORG1+MIN1).

Preglednica 10: Vsebnosti posameznih hidroksicimetnih kislin v listih različnih sort radiča tretiranih z gnojili ali brez (model 2)

Table 10: Hydroxycinnamic acid concentrations in the leaves of chicory cultivars under the different treatments without and with the fertilizers (model 2)

Hidroksicimetna kislina Sorta	Količina (mg/100 g sveže mase)					
	<u>Brez gnojil</u>	<u>Organsko gnojilo</u>		<u>Mineralno gnojilo</u>		<u>Kombinacija gnojil</u>
	KONT	ORG1	ORG2	MIN1	MIN2	ORG1+MIN1
Cikorna kislina						
Treviški	186,37 ±9,32 aA	120,11 ±6,01 cA	134,80 ±6,74 bA	190,12 ±9,51 aA	128,89 ±6,44 bcA	133,56 ±6,68 bcA
Verona	123,71 ±6,19 aB	34,61 ±1,73 cB	36,79 ±1,84 cB	65,58 ±3,28 bB	37,72 ±1,89 cB	62,75 ±3,14 bB
Anivip	58,46 ±2,92 aE	15,51 ±0,78 eD	37,94 ±1,90 bB	26,87 ±1,34 dD	26,09 ±1,30 dC	33,47 ±1,67 cE
Castelfranco	70,99 ±3,55 aD	24,10 ±1,21 eC	43,55 ±2,18 cB	34,27 ±1,71 dD	27,08 ±1,35 eC	53,79 ±2,69 bC
Monivip	103,57 ±5,18 aC	27,41 ±1,37 dC	41,51 ±2,08 cB	49,88 ±2,49 bC	40,36 ±2,02 cB	42,61 ±2,13 cD
Klorogenska kislina						
Treviški	85,38 ±4,27 aA	33,95 ±1,70 cA	39,15 ±1,96 cA	80,39 ±4,02 aA	48,90 ±2,45 bA	52,83 ±2,64 bA
Verona	89,54 ±4,48 aA	31,51 ±1,58 dB	23,80 ±1,19 eC	77,09 ±3,85 bA	47,61 ±2,38 cA	47,84 ±2,39 cB
Anivip	28,79 ±1,44 cD	23,67 ±1,18 dC	32,52 ±1,63 bB	29,07 ±1,45 cC	14,25 ±0,71 eC	41,95 ±2,10 aC
Castelfranco	44,41 ±2,22 aC	17,72 ±0,89 dD	25,29 ±1,26 cC	32,25 ±1,61 bC	15,62 ±0,78 dC	17,26 ±0,86 dE
Monivip	72,57 ±3,63 aB	18,02 ±0,90 eD	24,78 ±1,24 dC	53,31 ±2,67 bB	20,23 ±1,01 eB	36,85 ±1,84 cD
Kaftarna kislina						
Treviški	8,52 ±0,43 cB	11,98 ±0,60 bA	11,29 ±0,56 bA	14,29 ±0,71 aA	11,50 ±0,57 bA	8,46 ±0,42 cA
Verona	9,18 ±0,46 aA	5,60 ±0,28 bB	3,45 ±0,17 dB	1,86 ±0,09 eCD	4,37 ±0,22 cB	4,52 ±0,23 cB
Anivip	1,86 ±0,09 dE	2,36 ±0,12 cC	3,45 ±0,17 aB	2,38 ±0,12 cC	1,34 ±0,07 eD	2,76 ±0,14 bD
Castelfranco	3,32 ±0,17 bD	2,35 ±0,12 cC	3,92 ±0,20 aB	1,43 ±0,07 dD	1,39 ±0,07 dD	1,56 ±0,08 dE
Monivip	4,88 ±0,24 aC	1,44 ±0,07 dD	3,47 ±0,17 cB	4,00 ±0,20 bB	3,77 ±0,19 bcC	3,78 ±0,19 bcC

KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,001; razlike med uporabljenimi gnojili); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,001; razlike med sortami).

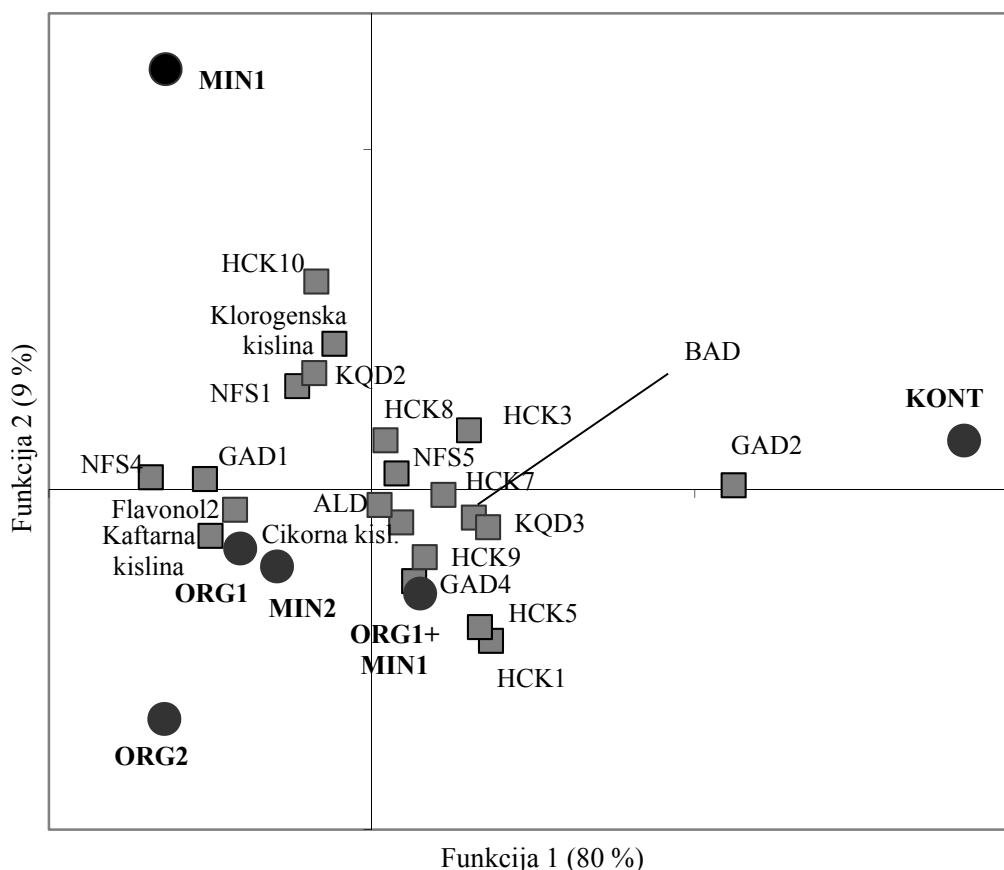
Nadaljnja identifikacija in kvantifikacija fenolnih spojin je pokazala, da so najpogosteje zastopane HCK predvsem kot cikorna, klorogenska in kaftarna kislina. Te tri HCK skupaj predstavljajo glavne fenolne kisline v analiziranih sortah radičev. Oligomerna cikorna kislina je najbolj zastopana in predstavlja 43 % vseh HCK, medtem ko je vsebnost monomerne klorogenske (28 %) in monomerne kaftarne (3 %) manjša. Vse tri identificirane fenolne kisline skupaj predstavljajo 74 % vseh HCK.

Rezultati v preglednici 10 kažejo, da se je količina cikorne kisline v radičih gibala od 15,51 mg/100 g sveže mase do 190,12 mg/100 g sveže mase, klorogenske od 14,25 mg/100 g sveže mase do 89,54 mg/100 g sveže mase in kaftarne od 1,34 mg/100 g sveže mase do 14,29 mg/100 g sveže mase. Statistično značilno ($P < 0,001$) največ vseh treh posameznih HCK med preučevanimi sortami je bilo v sorti 'Treviski', ki ji je sledila 'Verona'. Med različnimi gnojilnimi tretmaji lahko povzamemo, da je bilo cikorne kisline značilno več pri KONT brez gnojenja, klorogenske pri KONT in MIN1; ter kaftarne pri KONT, MIN1 in ORG2.

4.2.3 Multivariatna analiza

Opravili smo PCA in LDA analizo z namenom razlikovanja vzorcev radiča glede na vsebnost fenolnih spojin, pri čemer smo upoštevali vseh 60 spojin zaznanih v naših vzorcih. PCA smo izvedli za podatkovno strukturo študijo v zmanjšani dimenziji, da bi dobili kar največ informacij iz osnovnih podatkov. Prvih osem glavnih komponent predstavlja 82,6 % variabilnosti med vzorci. Izmed 60 spojin, so bile nekatere prepoznane v PCA analizi kot bolj pomembne od ostalih.

LDA smo izvedli na podlagi izvornih podatkov 30 vzorcev radiča in 21 spremenljivk, ki smo jih s PCA določili kot pomembnejše. Teh 21 spojin, ki smo jih vključili v LDA je predstavljenih v preglednici 8: deset HCK, (HCK 1, 3, 5, 7–10, klorogenska kislina, cikorna kislina, kaftarna kislina), tri NFS (NFS 1, 4, 5), trije derivati galne kisline (GAD 1, 2, 4), trije flavonoli – dva derivata kamferola ali kvercetin (KQD2, 3) in flavonol (Flavonol 2), flavon – derivat apigenina ali luteolina (ALD), in derivat benzojske kisline (protokatehnična kislina). Pri LDA smo dobili pet diskriminantnih funkcij. Funkcija 1 pojasni 80 % skupne variance, funkcija 2 pojasni 9 %, funkcija 3 pojasni 6 %, funkcija 4 pojasni 4 %, funkcija 5 pa 1 % variabilnosti.



Slika 6: Linearna diskriminantna analiza (LDA) z uporabo rezultatov fenolnih spojin iz analize glavnih komponent (PCA) za 30 vzorcev radiča glede na šest različnih tretiranj (organska in/ali mineralna gnojila). Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect; NFS, neznana fenolna spojina; HCK, hidroksicimetna kislina; GAD, derivat galne kisline; KQD, derivat kamferola ali kvercetina; ALD, derivat apigenina ali luteolina; BAD, derivat benzojske kisline.

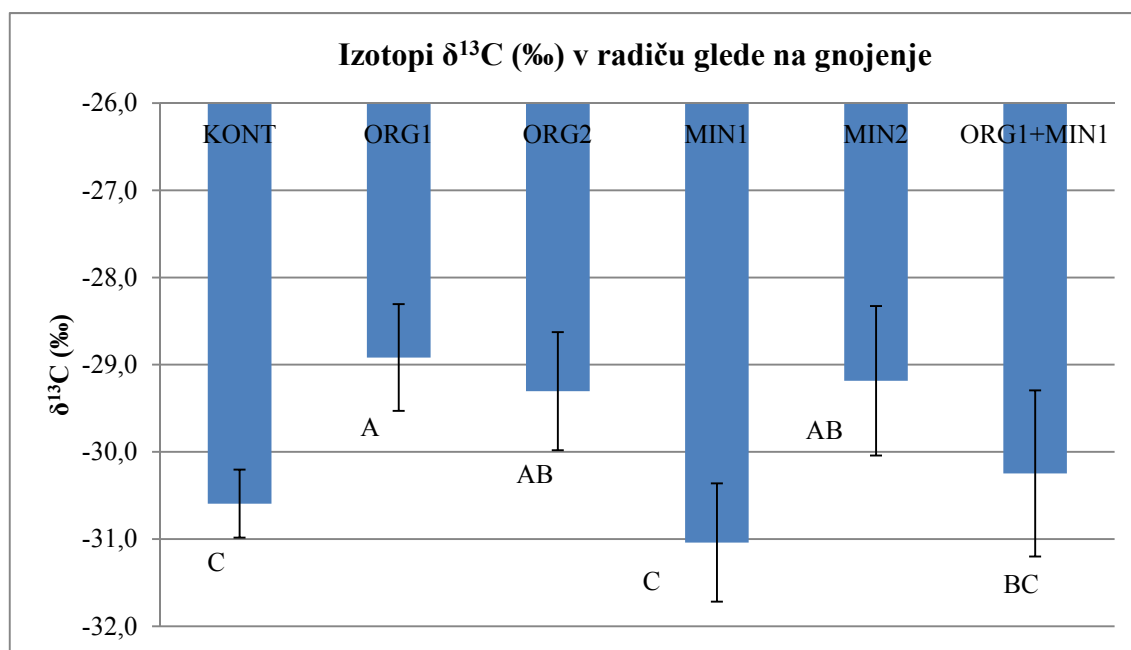
Figure 6: Linear discriminant analysis (LDA) using the scores for the phenolic parameters from the principal component analysis (PCA) for the 30 chicory samples according to six different treatments (organic and/or mineral fertilizers). Legend: KONT, control without fertilizers; ORG1, organic fertilizer Plantella Organic; ORG2, organic fertilizer Stallatico Pellettato; MIN1, mineral fertilizer Kristalon Blue; MIN2, mineral fertilizer Entec Perfect; NFS, unknown phenolic compound; HCK, hydroxycinnamic acid; GAD, gallic acid derivative; KQD, kaempferol or quercetin derivative; ALD, apigenin or luteolin derivative; BAD, benzoic acid derivative.

Koordinatni sistem na sliki 6 opredeljujeta prvi dve diskriminantni funkciji, ki skupaj predstavljata 89,0 % celotne razpršenosti za 21 spremenljivk. Relativna magnituda standardiziranih diskriminantnih funkcijskih rezultatov za diskriminantno funkcijo 1, ki predstavlja 80 % celotne variance, je pokazala, da GAD2, HCK1, KQD3, HCK5, BAD in HCK3, v omenjenem vrstnem redu, največ prispevajo k tej funkciji. K diskriminantni

funkciji 2, ki predstavlja 9 % celotne variance, pa največ prispevata HCK10 in klorogenska kislina. Od uporabljenih gnojil je razvidna največja razpršenost spremenljivk pri KONT in MIN1.

4.2.4 Izotopska sestava $\delta^{13}\text{C}$ in $\delta^{15}\text{N}$ v listih radičev pridelanih z organskimi in mineralnimi gnojili

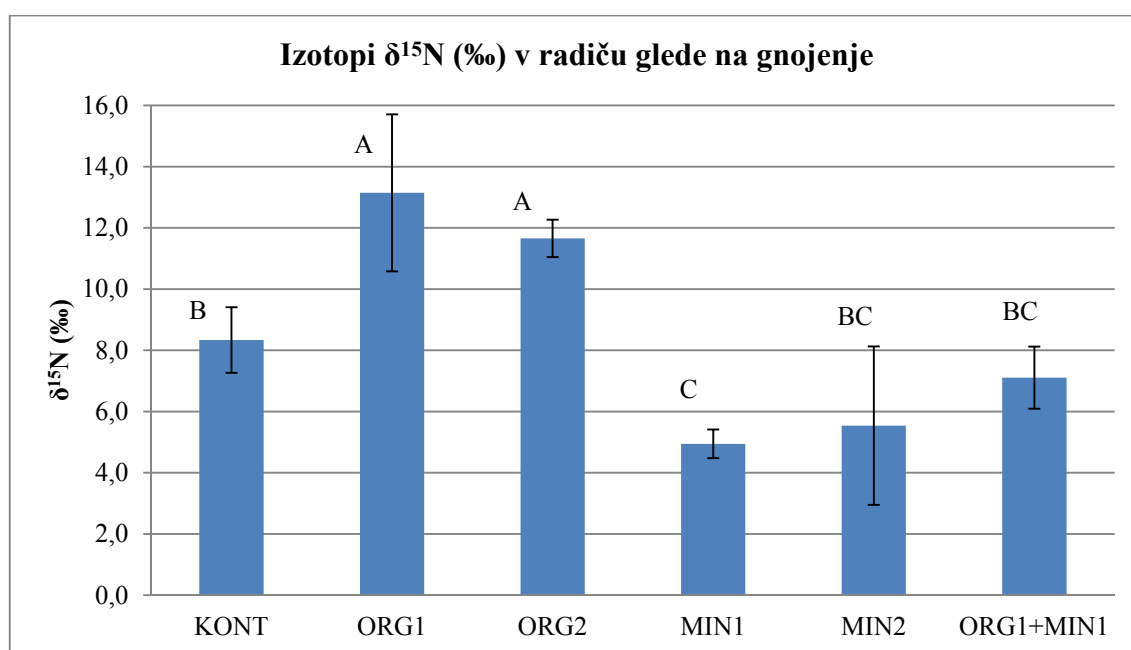
Delež težjih izotopov ogljika ^{13}C in dušika ^{15}N smo določali v šestih obravnavanjih ob uporabi organskih in/ali mineralnih gnojil. Obravnavanja so bila sledeča: kontrola brez gnojenja (KONT), organsko gnojilo Plantella Organic (ORG1), organsko gnojilo Stallatico Pellettato (ORG2), mineralno gnojilo Kristalon Blue (MIN1), mineralno gnojilo Entec Perfect (MIN2) ter kombinacija organskega in mineralnega gnojila (ORG1+MIN1). Za vsako obravnavanje smo povprečje izračunali za pet različnih sort radiča in ga podali v ‰.



Slika 7: Vrednosti izotopov ogljika $\delta^{13}\text{C}$ (‰) v radičih glede na uporabo organskih in/ali mineralnih gnojil. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm \text{SO}$ ($n = 5$). Srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C) so statistično značilne ($P < 0,001$; razlike med uporabljenimi gnojili). Legenda: KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect.

Figure 7: Isotope ratios of carbon $\delta^{13}\text{C}$ (‰) in chicory according to different organic and mineral fertilizers. Data are $\bar{x} \pm \text{SD}$ ($n = 5$). Means with different capital letters (A,B,C) are statistically significant ($P < 0,001$, differences between fertilizers). Legend: KONT, control without fertilizers; ORG1, organic fertilizer Plantella Organic; ORG2, organic fertilizer Stallatico Pellettato; MIN1, mineral fertilizer Kristalon Blue; MIN2, mineral fertilizer Entec Perfect.

Na sliki 7 so predstavljeni rezultati o $\delta^{13}\text{C}$ v ‰ med posameznimi gnojili. Razlike so bile majhne, saj so se vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ gibale med $-31,04$ ‰ in $-28,92$ ‰. Največji delež težjega izotopa ogljika (^{13}C) smo ugotovili v radičih, gnojenih z organskim gnojilom ORG1, najmanjšega pa v rastlinah, ki so bile gnojene z mineralnim gnojilom MIN1. Največje statistično značilne ($P < 0,001$) razlike v radičih so bile pri uporabi organskih gnojil (ORG1, ORG2) in mineralnega gnojila MIN2 v primerjavi z MIN1, KONT in ORG1+MIN1. Vredno je omeniti, da sta obe organski gnojili, v primerjavi s kontrolo brez gnojenja, vplivali na večje deleže $\delta^{13}\text{C}$ v radičih.



Slika 8: Vrednosti izotopov ogljika $\delta^{15}\text{N}$ (‰) v radičih glede na uporabo organskih in/ali mineralnih gnojil. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm \text{SO}$ ($n = 5$). Srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C) so statistično značilne ($P < 0,001$; razlike med uporabljenimi gnojili). KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect.

Figure 8: Isotope ratios of carbon $\delta^{15}\text{N}$ (‰) in chicory according to different organic and mineral fertilizers. Differences between fertilizers are statistically significant ($P < 0,001$). Means with different capital letters (A,B,C) are statistically significant ($P < 0,001$, differences between fertilizers). Legend: KONT, control without fertilizers; ORG1, organic fertilizer Plantella Organic; ORG2, organic fertilizer Stallatico Pellettato; MIN1, mineral fertilizer Kristalon Blue; MIN2, mineral fertilizer Entec Perfect.

Analiza vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ je pokazala zelo jasne rezultate, ki so se ujemale z našo hipotezo, da bodo imele rastline gnojene z organskimi gnojili večji delež težjega izotopa dušika (^{15}N) od konvencionalno pridelanih, kjer gnojenje poteka z mineralnimi gnojili. Na sliki 8 so

predstavljeni rezultati o vsebnostih $\delta^{15}\text{N}$ v ‰ med posameznimi gnojili. Razpon vrednosti je bil precej večji v primerjavi z $\delta^{13}\text{C}$, saj so se vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ gibale od 4,94 ‰ do 13,14 ‰. Največji delež težjega izotopa dušika (^{15}N) smo ugotovili v radičih, gnojenih z organskim gnojilom ORG1, sledi ORG2, kontrola (KONT), kombinacija ORG1+MIN1, MIN2 in MIN1. Listi radičev pridelani z organskimi gnojili so imeli statistično značilno ($P < 0,001$) večji delež izotopa ^{15}N v primerjavi z ostalimi obravnavanji. V radičih, ki smo jih gnojili s kombinacijo ORG1+MIN1 so bile vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ večje od tistih, ki smo jih gnojili samo z mineralnimi gnojili, vendar pa so v primerjavi z radiči, ki smo jih gnojili samo z vodotopnim mineralnim gnojilom MIN1 imeli statistično značilno večje vrednosti $\delta^{15}\text{N}$.

4.3 VPLIV GNOJENJA NA MAŠČOBNOKISLINSKO SESTAVO V LISTIH RADIČA IN SILJENEGA RADIČA

Preglednica 11: Maščobnokislinska sestava (ut. %/skupnih maščobnih kislin) v listih različnih sort radiča proizvedenega z uporabo različnih gnojil (model 2)

Table 11: Fatty-acid composition (wt. %/total fatty acids) of leaves of the chicory cultivars produced with the application of the different fertilizers (model 2)

Maščobna kislina Sorta	Vsebnost maščobne kisline (ut. %/skupnih maščobnih kislin) glede na uporabo posameznih gnojil						P _G
	Brez gnojil KONT	Kombinacija gnojil ORG1+MIN2	Organsko gnojilo ORG1 ORG2		Mineralno gnojilo MIN1 MIN2		
C16:0							
Treviski	15,11 ±0,15 dC	15,82 ±0,01 cD	17,05 ±0,07 bC	14,96 ±0,06 eD	18,82 ±0,08 aA	17,17 ±0,03 bB	***
Verona	14,26 ±0,03 bD	14,85 ±0,04 bE	15,23 ±0,03 bE	14,25 ±0,13 bE	16,60 ±0,09 bC	23,81 ±6,12 aA	**
Anivip	18,11 ±0,08 aB	16,35 ±0,08 dC	17,26 ±0,06 bB	15,72 ±0,05 eC	14,78 ±0,03 fE	16,98 ±0,02 cB	***
Castelfranco	15,22 ±0,02 eC	16,85 ±0,18 aA	16,41 ±0,06 bcD	16,48 ±0,03 bB	16,30 ±0,07 cdD	16,18 ±0,09 dB	***
Monivip	20,04 ±0,05 aA	16,65 ±0,01 eB	18,19 ±0,05 bA	16,76 ±0,01 dA	17,55 ±0,03 cB	15,78 ±0,05 fB	***
P _S	***	***	***	***	***	*	
Povprečje vseh sort	16,55 ±2,55 b	16,10 ±0,75 bc	16,83 ±1,02 b	15,63 ±0,97 c	16,81 ±1,39 b	17,98 ±3,84 a	***
C18:0							
Treviski	1,65 ±0,09 abB	1,59 ±0,01 abA	1,64 ±0,09 abB	1,58 ±0,03 abB	1,56 ±0,06 bB	1,69 ±0,03 aB	Nz
Verona	1,57 ±0,04 bBC	1,40 ±0,01 bBC	1,72 ±0,04 bB	1,67 ±0,15 bAB	1,70 ±0,06 bA	2,86 ±1,08 aA	*
Anivip	1,21 ±0,04 cD	1,35 ±0,07 bC	1,95 ±0,04 aA	1,31 ±0,06 bC	1,35 ±0,01 bD	1,27 ±0,04 bcB	***
Castelfranco	1,52 ±0,01 cdC	1,60 ±0,03 abA	1,66 ±0,07 aB	1,54 ±0,01 cB	1,47 ±0,04 dC	1,57 ±0,02 bcB	***
Monivip	1,86 ±0,02 aA	1,47 ±0,03 eB	1,66 ±0,04 cB	1,77 ±0,01 bA	1,54 ±0,01 dBC	1,57 ±0,03 dB	***
P _S	***	***	***	***	***	*	
Povprečje vseh sort	1,56 ±0,22 b	1,48 ±0,11 b	1,72 ±0,13 a	1,57 ±0,17 b	1,52 ±0,13 b	1,79 ±0,70 a	***
C18:1(Δ⁷), n-9							
Treviski	2,47 ±0,07 cA	2,96 ±0,03 bA	1,76 ±0,08 fE	3,23 ±0,01 aB	2,09 ±0,05 eD	2,35 ±0,01 dC	***
Verona	2,51 ±0,03 bA	2,28 ±0,04 bcB	2,10 ±0,02 cdD	2,81 ±0,25 aC	2,51 ±0,07 bC	2,00 ±0,17 dD	***
Anivip	1,66 ±0,14 fC	3,08 ±0,06 dA	4,17 ±0,04 aB	3,56 ±0,08 cA	2,86 ±0,01 eA	3,90 ±0,03 bA	***
Castelfranco	2,16 ±0,02 dB	2,28 ±0,17 dB	5,01 ±0,18 aA	3,15 ±0,02 bB	2,69 ±0,06 cB	2,80 ±0,02 cB	***
Monivip	1,69 ±0,02 dC	1,46 ±0,03 eC	2,66 ±0,03 bC	2,18 ±0,01 cD	1,46 ±0,04 eE	4,03 ±0,01 aA	***
P _S	***	***	***	***	***	***	
Povprečje vseh sort	2,10 ±0,38 e	2,41 ±0,60 c	3,14 ±1,29 a	2,98 ±0,49 b	2,32 ±0,52 d	3,01 ±0,85 b	***
C18:2(Δ^{7,12}), n-6							
Treviski	20,60 ±0,05 dA	21,75 ±0,03 cB	15,84 ±0,03 fE	23,22 ±0,12 bB	20,29 ±0,03 eB	23,64 ±0,05 aB	***
Verona	20,59 ±0,04 bA	21,13 ±0,09 bC	21,85 ±0,02 bC	22,13 ±0,09 bD	17,45 ±0,02 aD	18,19 ±2,34 aC	***
Anivip	15,74 ±0,05 fC	27,61 ±0,04 bA	23,40 ±0,01 cB	23,01 ±0,02 dC	17,97 ±0,02 eC	29,58 ±0,01 aA	***
Castelfranco	19,66 ±0,02 eB	18,53 ±0,04 fD	25,66 ±0,09 aA	25,35 ±0,02 bA	22,40 ±0,02 dA	24,50 ±0,03 cB	***
Monivip	15,20 ±0,07 eD	16,81 ±0,02 cE	19,73 ±0,06 aD	19,65 ±0,02 bE	16,60 ±0,03 dE	19,75 ±0,05 aC	***
P _S	***	***	***	***	***	***	
Povprečje vseh sort	18,36 ±2,47 e	21,17 ±3,81 c	21,30 ±3,46 c	22,67 ±1,91 b	18,94 ±2,19 d	23,13 ±4,22 a	***
C18:3(Δ^{9,12,15}), n-3							
Treviski	60,08 ±0,16 bD	57,88 ±0,07 cC	63,41 ±0,12 aA	56,83 ±0,08 dC	56,98 ±0,11 dD	54,88 ±0,05 eAB	***
Verona	60,90 ±0,07 aC	60,27 ±0,07 aB	58,87 ±0,04 aB	58,88 ±0,36 aB	61,47 ±0,08 aC	52,36 ±5,16 bB	**
Anivip	63,00 ±0,20 aA	51,49 ±0,10 dD	52,94 ±0,05 cD	56,19 ±0,11 bD	62,85 ±0,02 aA	48,06 ±0,07 eC	***
Castelfranco	61,23 ±0,04 aB	60,47 ±0,26 bB	51,01 ±0,21 fE	53,26 ±0,06 eE	56,87 ±0,04 cD	54,75 ±0,16 dAB	***
Monivip	60,88 ±0,03 cC	63,34 ±0,04 aA	57,45 ±0,10 fC	59,34 ±0,05 dA	62,54 ±0,05 bB	58,68 ±0,04 eA	***
P _S	***	***	***	***	***	**	
Povprečje vseh sort	61,22 ±1,01 a	58,69 ±4,14 c	56,74 ±4,56 d	56,90 ±2,26 d	60,14 ±2,76 b	53,74 ±4,11 e	***
C20:0							
Treviski	0,09 ±0,16 bB	Nd	0,30 ±0,02 aA	0,18 ±0,15 ab	0,27 ±0,00 aB	0,27 ±0,00 aB	**
Verona	0,17 ±0,15 bAB	0,07 ±0,12 bB	0,24 ±0,02 bB	0,26 ±0,04 b	0,28 ±0,01 bB	0,79 ±0,47 aA	*
Anivip	0,28 ±0,01 aA	0,12 ±0,11 bB	0,29 ±0,03 aA	0,22 ±0,03 a	0,20 ±0,02 abC	0,21 ±0,02 abB	*
Castelfranco	0,20 ±0,00 cAB	0,26 ±0,01 aA	0,25 ±0,01 abB	0,22 ±0,02 bc	0,27 ±0,01 aB	0,21 ±0,03 cB	**
Monivip	0,33 ±0,01 aA	0,26 ±0,02 bA	0,31 ±0,02 aA	0,30 ±0,03 a	0,32 ±0,02 aA	0,19 ±0,00 cB	***
P _S	Nz	**	**	Nz	***	*	
Povprečje vseh sort	0,21 ±0,12 bc	0,14 ±0,13 c	0,28 ±0,03 ab	0,24 ±0,08 b	0,27 ±0,04 ab	0,33 ±0,30 a	***

KONT, kontrola brez gnojenja; ORG1, organsko gnojilo Plantella Organic; ORG2, organsko gnojilo Stallatico Pellettato; MIN1, mineralno gnojilo Kristalon Blue; MIN2, mineralno gnojilo Entec Perfect. Nd, ni zaznано. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_G, statistična verjetnost vpliva gnojila. Stopnje značilnosti: ***, P ≤ 0,001; **, P ≤ 0,01; *, P ≤ 0,05; Nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,05; razlike med uporabljenimi gnojili); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,05; razlike med sortami).

Vsebnost (ut. %) posameznih maščobnih kislin različnih sort radiča proizvedenih z dodatkom različnih organskih in/ali mineralnih gnojil je prikazana v preglednici 11. Podatki prikazujejo velike razlike med sortami in uporabljenimi gnojili. Identificirali in količinsko ovrednotili smo šest maščobnih kislin: nasičene maščobne kisline (SFA) C16:0, C18:0 in C20:0; enkrat nenasičeno maščobno kislino (MUFA) C18:1; ter večkrat nenasičeni maščobni kislini (PUFA) C18:2 in C18:3. Največji delež predstavlja *n*-3 PUFA α -linolenska kislina (C18:3, od 48,06 % do 63,41 %), sledi *n*-6 PUFA linolna kislina (C18:2, od 15,20 % do 29,58 %) in SFA palmitinska kislina (C16:0, od 14,25 % do 23,81 %). Nasičena (SFA) stearinska kislina (C18:0) in večkrat nenasičena (MUFA) oleinska kislina (C18:1) sta manj zastopani (< 5 %), najnižji delež pa predstavlja nasičena (SFA) arašidna kislina (C20:0, < 1 %).

Po določanju maščobnih kislin v listih radičev lahko povzamemo, da je imela uporaba organskih gnojil (ORG1, ORG2) statistično značilen vpliv na vsebnosti posameznih maščobnih kislin. Koncentracije skupnih maščobnih kislin v posameznih vzorcih, preračunane glede na sušino, so bile med 173 mg/100 g sveže mase in 503 mg/100 g sveže mase (podatki niso prikazani).

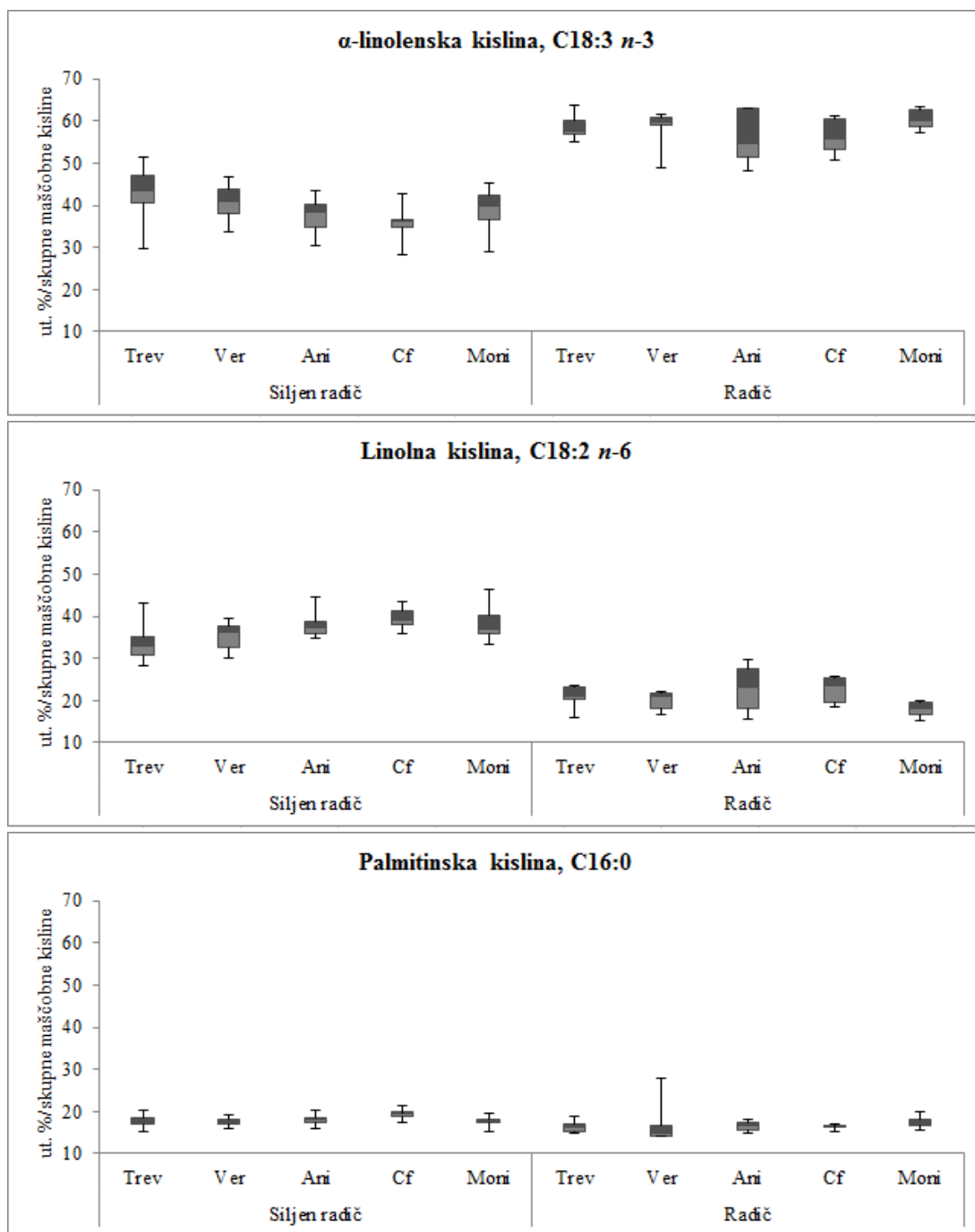
Preglednica 12: Maščobnokislinska (ut. %/skupnih maščobnih kislin) sestava siljenih radičev po končani fazi siljenja v različnih hranilnih raztopinah (model 1)**Table 12:** Fatty-acid composition (wt. %/total fatty acids) of the chicons at the end of forced phase growth in the different nutrient solutions (model 1)

Maščobna kislina Sorta	Vsebnost maščobne kisline (ut. %/skupnih maščobnih kislin) glede na hranilno raztopino									Voda	P _{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
C16:0											
Treviški	20,0 ±0,3 aA	17,7 ±0,7 bcd	17,4 ±0,4 cdefAB	18,7 ±0,9 bA	17,6 ±0,8 bcde	16,5 ±1,1 efB	17,0 ±0,3 defB	18,5 ±0,3 bcAB	17,3 ±0,1 defAB	16,4 ±0,5 fB	***
Verona	17,7 ±0,7 abcC	18,6 ±0,5 a	18,4 ±1,2 abA	16,9 ±0,1 cB	17,5 ±0,1 bc	18,4 ±0,3 abA	17,1 ±0,3 cB	17,5 ±0,5 bcB	16,8 ±0,7 cB	16,9 ±0,2 cAB	**
Anivip	18,6 ±0,4 aB	18,2 ±0,6 ab	17,5 ±0,1 abcAB	18,5 ±0,1 abA	18,0 ±0,4 abc	16,7 ±0,6 cB	/	18,4 ±1,9 abAB	17,2 ±0,1 bcB	18,1 ±0,5 abA	Nz
Castelfranco	19,9 ±0,2 aA	19,0 ±0,8 ab	/	/	/	/	/	20,0 ±1,0 aA	/	18,1 ±0,9 bA	Nz
Monivip	18,4 ±0,5 abBC	18,9 ±0,8 a	16,9 ±0,7 cdB	18,1 ±0,4 abA	18,0 ±0,3 ab	17,6 ±0,3 cdAB	17,8 ±0,1 bcA	17,5 ±0,3 bcB	17,9 ±0,0 abcA	16,2 ±1,0 dB	***
P _S	***	Nz	Nz	**	Nz	*	**	Nz	*	*	
Povprečje vseh sort	18,9 ±1,0 a	18,5 ±0,8 ab	17,6 ±0,9 cde	18,1 ±0,8 bc	17,8 ±0,4 cd	17,3 ±1,0 de	17,3 ±0,4 de	18,4 ±1,3 b	17,3 ±0,5 de	17,1 ±1,0 e	***
C18:0											
Treviški	1,8 ±0,0 bcB	2,0 ±0,1 abcA	2,0 ±0,1 ab	2,3 ±0,6 aA	2,1 ±0,1 ab	1,7 ±0,1 bc	2,1 ±0,1 abA	2,1 ±0,2 abB	2,0 ±0,1 abA	1,6 ±0,1 cB	*
Verona	1,7 ±0,1 abB	1,7 ±0,1 abBC	1,1 ±1,0 b	2,1 ±0,2 aA	1,8 ±0,1 a	1,8 ±0,1 a	1,9 ±0,1 aB	1,8 ±0,0 aB	1,6 ±0,1 abB	2,2 ±0,1 aA	Nz
Anivip	2,0 ±0,0 bA	1,9 ±0,1 bAB	1,7 ±0,1 b	2,0 ±0,2 bAB	2,0 ±0,2 b	1,6 ±0,1 b	/	2,8 ±0,6 aA	2,1 ±0,2 bA	2,0 ±0,2 bA	***
Castelfranco	1,8 ±0,2 aAB	1,6 ±0,2 abC	/	/	/	/	/	1,9 ±0,3 aB	/	1,4 ±0,1 bB	Nz
Monivip	1,4 ±0,1 cC	1,3 ±0,0 cD	1,5 ±0,2 c	1,5 ±0,1 cB	1,8 ±0,1 ab	1,6 ±0,2 bc	1,9 ±0,1 abB	2,0 ±0,2 aB	1,4 ±0,1 cC	1,1 ±0,2 dC	***
P _S	***	***	Nz	Nz	Nz	Nz	Nz	*	***	***	
Povprečje vseh sort	1,7 ±0,2 cd	1,7 ±0,3 d	1,6 ±0,6 d	2,0 ±0,4 ab	1,9 ±0,2 abc	1,7 ±0,1 d	2,0 ±0,1 ab	2,1 ±0,5 a	1,8 ±0,3 bcd	1,7 ±0,4 d	***
C18:1(Δ⁹), n-9											
Treviški	5,7 ±0,1 aA	3,8 ±0,5 bc	3,4 ±0,8 cd	4,5 ±0,3 bA	3,5 ±0,4 cd	3,1 ±0,6 cdB	3,3 ±0,3 cdB	3,5 ±0,4 cdB	3,0 ±0,1 cdB	2,7 ±0,5 dB	***
Verona	3,2 ±0,5 bC	3,6 ±0,9 ab	4,9 ±1,7 ab	3,3 ±0,7 bB	3,3 ±0,6 b	4,1 ±0,4 abA	4,6 ±0,1 abA	5,5 ±2,2 aB	3,4 ±0,9 bB	4,0 ±0,5 abB	Nz
Anivip	3,4 ±0,1 bC	4,0 ±0,3 b	2,8 ±0,2 b	4,2 ±0,3 bA	4,0 ±0,2 b	3,3 ±0,3 bAB	/	9,0 ±2,2 aA	5,1 ±1,2 bA	7,8 ±3,5 aA	***
Castelfranco	3,3 ±0,2 bcC	3,5 ±0,2 b	/	/	/	/	/	4,3 ±0,6 aB	/	2,7 ±0,2 cB	**
Monivip	4,2 ±0,6 B	3,6 ±0,4	6,3 ±5,7	3,2 ±0,1 B	4,0 ±0,4	3,5 ±0,4 AB	3,8 ±0,3 B	4,6 ±0,4 B	3,1 ±0,1 B	3,0 ±0,1 B	Nz
P _S	***	Nz	Nz	*	Nz	Nz	**	**	*	*	
Povprečje vseh sort	4,0 ±1,0 b	3,7 ±0,5 b	4,3 ±3,0 b	3,8 ±0,7 b	3,7 ±0,5 b	3,5 ±0,5 b	3,9 ±0,6 b	5,4 ±2,3 a	3,7 ±1,1 b	4,0 ±2,4 b	**
C18:2(Δ^{9,12}), n-6											
Treviški	42,6 ±0,4 aA	32,4 ±1,4 cdeC	34,0 ±3,1 bcd	35,1 ±2,3 bcB	36,4 ±2,4 b	31,5 ±1,2 deC	30,5 ±0,4 eB	35,0 ±1,1 bcB	30,3 ±0,3 eC	29,8 ±1,6 eB	***
Verona	37,2 ±2,0 abB	37,8 ±1,2 aB	38,0 ±1,0 a	35,1 ±1,0 bcB	37,3 ±0,6 ab	39,3 ±0,5 aA	32,0 ±1,7 dAB	33,7 ±2,3 cdB	33,7 ±1,6 cdB	32,2 ±0,1 dB	***
Anivip	43,1 ±1,6 aA	39,8 ±2,1 bAB	36,0 ±1,0 c	36,2 ±0,9 cB	37,3 ±1,0 bc	38,2 ±0,8 bcAB	/	36,5 ±1,5 cAB	35,4 ±0,3 cA	37,6 ±2,6 bcA	***
Castelfranco	39,7 ±1,2 B	40,9 ±1,8 AB	/	/	/	/	/	39,7 ±3,3 A	/	37,8 ±3,0 A	Nz
Monivip	45,1 ±1,4 aA	42,1 ±1,9 bA	37,6 ±2,4 c	40,6 ±0,8 bA	37,2 ±1,1 c	37,1 ±1,0 cB	33,6 ±0,1 dA	33,8 ±0,5 dB	36,8 ±0,7 cA	36,2 ±1,2 cA	***
P _S	***	***	Nz	**	Nz	***	*	*	***	**	
Povprečje vseh sort	41,5 ±3,1 a	38,6 ±3,8 b	36,4 ±2,5 c	36,7 ±2,6 c	37,0 ±1,3 c	36,5 ±3,2 c	32,0 ±1,6 f	35,7 ±2,9 cd	34,0 ±2,7 e	34,7 ±3,7 de	***
C18:3(Δ^{9,12,15}), n-3											
Treviški	29,9 ±0,5 dC	44,1 ±2,4 bcA	43,2 ±4,3 bc	39,5 ±3,0 cAB	40,5 ±3,2 c	47,2 ±2,8 abA	47,1 ±0,8 abA	41,0 ±1,8 cA	47,3 ±0,5 abA	49,6 ±2,5 aA	***
Verona	40,2 ±3,2 abcA	38,2 ±2,6 bcB	37,5 ±4,5 bc	42,6 ±1,8 abA	40,1 ±1,2 abc	36,4 ±1,1 cC	44,5 ±1,9 aB	41,6 ±4,4 abcA	44,5 ±3,1 aA	44,7 ±0,5 aB	**
Anivip	32,9 ±2,0 cBC	36,1 ±2,9 bcB	42,0 ±1,3 a	39,2 ±1,1 abAB	38,7 ±1,3 ab	40,2 ±1,1 aB	/	33,2 ±3,0 cB	40,1 ±1,4 aB	34,5 ±1,0 cD	***
Castelfranco	35,3 ±1,4 B	34,9 ±1,9 B	/	/	/	/	/	34,2 ±5,2 B	/	39,9 ±4,2 C	Nz
Monivip	30,9 ±2,2 fC	34,1 ±2,4 efB	37,6 ±4,5 cde	36,6 ±0,5 deB	39,0 ±1,6 bcd	40,2 ±1,8 abcdB	42,9 ±0,4 abB	42,1 ±1,3 abA	40,8 ±0,5 abcB	43,5 ±2,2 aBC	***
P _S	***	**	Nz	*	Nz	***	*	*	*	***	
Povprečje vseh sort	33,8 ±4,2 h	37,5 ±4,3 g	40,1 ±4,3 de	39,5 ±2,7 def	39,6 ±1,9 def	41,0 ±4,4 cd	44,8 ±2,1 a	38,4 ±5,0 ef	43,2 ±3,4 ab	42,4 ±5,6 bc	***

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SO$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤ 0,001; **, P ≤ 0,01; *, P ≤ 0,05; Nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g,h) v vrsticah so statistično značilne (P < 0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D) v stolpcih so statistično značilne (P < 0,05; razlike med sortami).

Delež (ut. %) posameznih maščobnih kislin, določenih v siljenih radičih po končani fazi siljenja je podan v preglednici 12. Statistična analiza je pokazala, da obstajajo značilne razlike v vsebnosti posamezne maščobne kisline v različnih sortah in pri uporabi različnih hranilnih raztopin za siljenje, čeprav te razlike niso bile statistično značilne za vse podatke. V siljenih radičih smo identificirali in kvantificirali enake maščobne kisline kot v listih radičev, razen arašidne (C20:0). Maščobni kislini z največjim deležem sta bili, podobno kot v listih radičev, *n*-3 α -linolenska kislina (C18:3, od 29,9 % do 49,6 %) in *n*-6 linolna kislina (C18:2, od 29,8 % do 45,1 %). Sledijo palmitinska kislina (C16:0, od 16,4 % do 20,0 %), oleinska kislina (C18:1, od 2,7 % do 9,0 %) in stearinska kislina (C18:0, od 1,1 % do 2,8 %).

Navečji delež palmitinske kisline smo določili v listih iz hranilnih raztopin +N/P/K, stearinske n +N, oleinske v +N, linolne v +N/P/K in linolenske v +N. Koncentracije skupnih maščobnih kislin v posameznih vzorcih, preračunane glede na sušino, so bile med 62 mg/100 g sveže mase in 157 mg/100 g sveže mase (podatki niso prikazani).



Slika 9: Razponi za najbolj zastopani maščobni kislini (kot so identificirane) v siljenih radičih (levo) in radičih (desno). Legenda: Trev, 'Treviški'; Ver, 'Verona'; Ani, 'Anivip'; Cf, 'Castelfranco'; Moni, 'Monivip'.

Figure 9: Ranges of the most abundant fatty acids (as indicated) in chicon (left) and chicory (right) across the different treatments. Legend: Trev, 'Treviški'; Ver, 'Verona'; Ani, 'Anivip'; Cf, 'Castelfranco'; Moni, 'Monivip'.

Razponi najbolj zastopanih maščobnih kislin, α -linolenske, linolne in palmitinske, v siljenih radičih in radičih so prikazani na sliki 10. Analize so pokazale, da proces siljenja radiča

vpliva na zmanjšanje relativne vsebnosti α -linolenske kisline in povečanje linolne kisline, medtem ko se relativna vsebnost palmitinske kisline ne spremeni. Predvidevamo, da imajo na spremenjeno maščobnokislinsko sestavo v siljenem radiču vpliv predvsem rezervne snovi, ki so shranjene v razvitih korenih.

Preglednica 13: Prehranske informacije za radič in siljen radič izhajajoče iz podatkov o vsebnostih maščobnih kislin v najboljšem pridelovalnem tretmaju: radič gnojen z organskim gnojilom (ORG2; Stallatico Pellettato) in siljen radič pridelan v z +N/K-3% (13-0-46) hranilni raztopini

Table 13: Nutritional information for the chicory and chicon derived from raw fatty-acid data under the best treatment: chicory grown with organic fertilizer (ORG2; Stallatico Pellettato) and chicon grown in +N/K-3% (13-0-46) nutrient solution

Tip radiča Sorta	Relativni delež (ut. %)					PUFA/SFA	n-6/n-3
	SFA	MUFA	PUFA	n-3	n-6		
Radič							
Treviški	16,72	3,23	80,05	56,83	23,40	4,79	0,41
Verona	16,18	2,81	81,01	58,88	22,39	5,01	0,38
Anivip	17,25	3,56	79,20	56,19	23,23	4,59	0,41
Castelfranco	18,24	3,15	78,61	53,26	25,57	4,31	0,48
Monivip	18,83	2,18	78,99	59,34	19,95	4,19	0,34
Siljen radič							
Treviški	18,20	3,10	78,70	47,20	31,50	4,32	0,67
Verona	20,20	4,10	75,70	36,40	39,30	3,75	1,08
Anivip	18,30	3,30	78,40	40,20	38,20	4,28	0,95
Castelfranco	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Monivip	19,20	3,50	77,30	40,20	37,10	4,03	0,92

Nd, ni določeno; SFA, nenasičene maščobne kisline; MUFA, enkrat nenasičene maščobne kisline; PUFA, večkrat nenasičene maščobne kisline.

V preglednici 13 so podane izračunane prehranske informacije za radič in siljen radič pri izbranem najbolj optimalnem pridelovalnem tretmaju. Predstavljeni so deleži nasičenih, enkrat nenasičenih, večkrat nenasičenih, *n-3* in *n-6* maščobnih kislin, ter razmerji med večkrat nenasičenimi/nasičenimi in *n-6/n-3* maščobnimi kislinami. α -linolenska in linolna kislina predstavljajo večkrat nenasičene maščobne kisline (PUFA) z razponom od 75,70 % do 81,01 %. Palmitinska, stearinska in arašidna kislina predstavljajo nasičene maščobne kisline (SFA) z razponom od 16,18 % do 20,20 %. Oleinska kislina pa predstavlja enkrat nenasičene maščobne kisline (MUFA) z deležem < 4,10 %. Razmerje PUFA/SFA je v razponu od 3,75 do 5,01, medtem ko je *n-6/n-3* razmerje radičev in siljenih radičev pri vseh analiziranih sortah < 1,08.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Radič (*Cichorium intybus* L.) je nezahtevna mediteranska zelenjadnica, ki ima v Sloveniji že dolgo tradicijo pridelave. Lahko ga pridelujemo kot siljen radič v zaprtem prostoru ali kot radič na njivi za liste, rozete ali glavice, obenem pa se dobro skladišči (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999). Osnovni cilj našega raziskovanja so bile analize nekaterih prehransko pomembnih snovi v različnih sortah rdečega ('Treviški', 'Verona', 'Anivip'), pisanega ('Castelfranco') in zelenega ('Monivip') radiča glede na način pridelave: hidroponsko siljenje v hranilnih raztopinah ter lončna pridelava rozet ob uporabi različnih gnojil. Glavni namen je bil določiti kemijske parametre, ki pomembno prispevajo k prehranski vrednosti radiča, in spremljati kako se le ti obnašajo ob uporabi različnih gnojil. V listih siljenih radičev smo določili vsebnost različnih bioaktivnih snovi, mineralno sestavo, fenolni profil in izotopsko ter maščobnokislinsko sestavo. Različne sorte in načine pridelave smo analizirali z vidika vsebnosti nekaterih koristnih prehranskih snovi, saj je bilo do sedaj opravljenih tovrstnih raziskav na siljenih radičih in radičih zanemarljivo malo. V Sloveniji pa kompleksnejše študije, ki bi prehransko ovrednotila to vrsto zelenjave, še ni bilo opravljene.

Raziskavo smo opravili v dveh delih oziroma na dveh posameznih poskusih. V prvem delu smo razvite korene petih sort radiča hidroponsko silili v različnih gnojilnih raztopinah. Zanimalo nas je, kako vplivata sorta radiča in sestava hranilne raztopine z dodatkom gnojila s poudarkom na dušiku, fosforju ali kaliju na morfometrične lastnosti, vsebnost skupnih fenolnih spojin (TPC), vsebnost skupnih flavonoidov (TFC), antioksidacijski potencial (AOP) in mineralno sestavo. Prav tako smo želeli dokazati, da imajo različne sorte radiča različen maščobnokislinski profil. Drugi del analiz je potekal na listih rozet radičev, ki smo jih pridelali v lončnem poskusu ob uporabi različnih organskih in/ali mineralnih gnojil. Zanimala sta nas vpliv sorte in uporabe posameznega gnojila na fenolni profil in maščobnokislinsko sestavo. Dokazati smo želeli, da način gnojenja vpliva na izotopsko sestavo dušika in ogljika v listih radičev.

5.1.1 Siljen radič

Prvi del raziskav je potekal na petih sortah jesensko/zimskega radiča primerne za kombiniran način pridelave, za siljenje, beljenje ali pridelavo na polju za liste, rozete ali glavice. V poskusu smo obravnavali rdeče sorte 'Treviški', 'Verona', avtohtono domačo sorto 'Anivip', pisano sorto 'Castelfranco' in zeleno avtohtono sorto 'Monivip'. Za siljenje radiča je pomembno, da predhodno pridelamo odebeljene nerazvejane korene tako, da semena neposredno posejemo najkasneje do začetka julija. Jeseni, po prvi slani, radič izkopljemo s

koreni vred, odstranimo liste in pri tem pazimo, da pustimo srčne liste nepoškodovane (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999). Za naš poskus smo korene radičev za nadaljnje hidroponsko siljenje pridelali v Vrhovem (46°2'22,37"N 15°13'16,73"E; nadmorska višina 194,3 m) v Posavju na srednje težkih tleh. Podrobnosti in opravila so predstavljena v preglednici 3. Očiščene in pripravljene korene z nepoškodovanimi rastnimi vršički omenjenih sort smo hidroponsko silili v hranilnih raztopinah, obogatenih z različnimi gnojili s poudarkom na dušiku (N), fosforju (P_2O_5) in/ali kaliju (K_2O). Uporabili smo gnojila: N+P+K (Poly-Feed Drip; 11-44-11) označen z +N/P/K; N+K (Multi-K; 13-0-46) označen z +N/K; samo N (Kalcijev nitrat; 15,5-0-0) označen z +N; in vodo brez gnojil (KONT). Gnojila smo raztopili v vodi, tako da smo dobili hranilne raztopine s tremi različnimi koncentracijami (1 %, 2 % in 3 %) vsakega gnojila. Pri kontrolnih vzorcih smo uporabili le deionizirano vodo. Siljenje je potekalo 25 dni v ogrevanem Centralnem raziskovalnem rastlinjaku Biotehniške fakultete v Ljubljani. Korene smo silili v naprej pripravljenih hranilnih raztopinah pri kontroliranih pogojih. Temperatura zraka je bila med siljenjem v začetni fazi (prva 2 tedna) 10 °C, kasneje smo jo dvignili in do konca siljenja vzdrževali pri 15 °C. V teh pogojih so koreni pognali nove mlade liste, bolj ali manj strnjene v rozete oziroma majhne glavice. V desetih različnih hranilnih raztopinah smo na petih sortah pridelali 50 vzorcev za nadaljnje analize. Pri 7 vzorcih sorte 'Castelfranco' zaradi gnitja korenov nismo pridelali dovolj listne mase za vse analize.

Ob pobiranju smo merili nekatere morfometrične lastnosti, in sicer višino rozete, širino rozete, maso pridelka in število listov posamično na petih rozetah vsake sorte. Podatki so pokazali velike razlike, tako pri pridelani masi kot ostalih merjenih parametroh, glede na sorto ter uporabljenno hranilno raztopino. Pri masi pridelka so bile razlike med posameznimi sortami statistično značilne, ob uporabi različnih hranilnih raztopin pa ne, z izjemo pri sorti 'Verona'. Rezultati (preglednica 4) so pri sortah 'Treviški' in 'Anivip' pokazali statistično značilno večjo maso pridelka v primerjavi z ostalimi tremi sortami, pri čemer je bila najnižja masa pridelka pri sorti 'Castelfranco'. Statistično značilno večje mase pridelkov so bile pri siljenju v hranilni raztopini +N/K-1%. Višina rozet je bila značilno večja v hranilni raztopini +N/P/K-3% in premer rozet v hranilni raztopini +N/K-1%.

Statistično značilne razlike v sušini so bile med različnimi raztopinami in sortami. Najvišji odstotek sušine med sortami je imel 'Treviški'. Glede na vse rezultate je bil odstotek sušine najvišji v vzorcih siljenih radičev, ki so rasli v hranilni raztopini +N/K-3%, vendar razlike niso bile statistično značilne. Hranilne raztopine obogatene s fosforjem (+N/P/K) so vplivale na značilno nižji odstotek sušine. Predhodne študije opravljene na siljenih radičih poročajo o višjih odstotkih sušine (Nicoletto in Pimpini, 2009), značilno večjih premerih glavice pri siljenju v hranilnih raztopinah z visoko koncentracijo nitratov (De Rijck in Schrevens, 1998) in manjšem pridelku pri siljenju v hranilnih raztopinah z visokim razmerjem K/Ca (Zamaniyan in sod., 2012).

Za določanje TPC, TFC in AOP smo liste predhodno ekstrahirali v 50 % (v/v) metanolu. Vsebnosti skupnih fenolov smo določili s splošno sprejeto spektrofotometrično Folin-Ciocalteu metodo in jih izrazili kot ekvivalent galne kisline (mg GAE/100 g sveže mase). Skupne flavonoide, ki smo jih merili s kolorimetrično metodo z AlCl_3 , smo izrazili kot ekvivalent kvercetina (mg QE/100 g sveže mase). AOP smo izmerili z indirektno metodo s pomočjo prostega radikala DPPH ter rezultate izrazili kot ekvivalent Troloxa (mg TE/g sveže mase). Pridobljeni rezultati zbrani v preglednici 5 so pokazali, da količine TPC, TFC in AOP med izbranimi sortami siljenih radičev precej variirajo. Statistična analiza je pokazala značilne razlike ($P \leq 0,001$) med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje in med posameznimi sortami za vse tri preiskovane parametre.

Fenolne spojine so sekundarni rastlinski metaboliti in močni antioksidanti, ki varujejo pred različnimi boleznimi ter ugodno vplivajo na naše zdravje (Kroon in sod., 2004). Značilno večje TPC so imele sorte rdeče sorte 'Treviški', 'Verona' in 'Anivip'. Hranilne raztopine z dodatkom gnojila s poudarkom na kaliju (+N/K) so značilno vplivale na večje TPC v primerjavi z drugimi raztopinami. Kot smo pričakovali, so imele rdeče sorte značilno več fenolnih spojin kot pisana in zelena sorta, kar potrjujejo tudi prejšnje študije opravljene na drugih sortah radiča (Innocenti in sod., 2005; Nicoletto in Pimpini, 2010). Rdeče sorte namreč vsebujejo barvila antocianidine, ki spadajo med fenolne spojine in znatno prispevajo k večji vsebnosti skupnih fenolnih spojin. TPC so bile v siljenih radičih nižje kot v glavnatih radičih, vendar večje kot v štrucarjih oziroma sladkornih radičih (Sinkovič in sod., 2014).

Flavonoidi so skupina fenolnih spojin, ki imajo kemične in biološke aktivnosti, vključno z lovljenjem prostih radikalov (Kroon in sod., 2004). Rezultati so pokazali statistično značilno večje TFC v siljenih radičih, ki so rasli v hranilnih raztopinah z dodatkom gnojila s poudarkom na kaliju (+N/K). V strokovni in znanstveni literaturi še ni objavljenih rezultatov o vsebnosti flavonoidov v siljenih radičih, najdemo le rezultate o TPC v glavnatih radičih (Arabbi in sod., 2004). Lillo in sod. (2008) so poročali, da je večja vsebnost flavonoidov odgovor na pomanjkanje dušika in fosforja v rastlinah. V študiji na plodovih jabolk pa so poročali, da pomanjkanje dušika vpliva na nižje vsebnosti cianidin-3-galaktozida, florizina, katehina, glikozidov kvercetina, skupnih flavonoidov in klorogenske kisline (Awad in De Jager, 2002).

AOP smo ovrednotili z uporabo prostega radikala DPPH. Rdeče sorte so imele statistično značilno večji AOP v primerjavi s pisano ali zeleno sorto. Dodatek gnojila kalcijevega nitrata (+N) v hranilne raztopine je imel vpliv na statistično značilno večji AOP. Rdeče sorte imajo več kot dva krat večji AOP v primerjavi z zeleno obarvanimi sortami. Do podobnih sklepov so v svoji študijah prišli tudi Vanzani in sod. (2011) ter Sinkovič in sod. (2014), saj je po poročanju Carazzone in sod. (2013) večji AOP posledica vsebnosti cianidin aglikona in nekaterih njegovih derivatov. Schmitz-Eiberger in sod. (2002) so poročali, da

pomanjkanje kalcija lahko zniža vsebnosti tokoferola in aktivnost antioksidacijskega encima superoksid dismutaze.

Multi-elementno analizo smo opravili z nedestruktivno energijsko disperzijsko rentgensko fluorescenčno spektroskopijo (EDXRF). V 43 vzorcih siljenih radičev smo določili 11 posameznih mineralov, ki smo jih razdelili v dve skupini. V prvo smo uvrstili makromineralne (elemente) z vsebnostjo > 1 g/kg suhe mase (preglednica 6); fosfor (P), žveplo (S), klor (Cl), kalij (K) in kalcij (Ca); v drugo pa mikromineralne z vsebnostjo > 1 mg/kg suhe mase (preglednica 7): železo (Fe), cink (Zn), mangan (Mn), rubidij (Rb), brom (Br) in stroncij (Sr). Analizirane minerale lahko po zastopanosti uredimo od najbolj do najmanj zastopanega na sledeči način: $K > P > Ca > Cl > S > Fe > Zn > Mn > Rb > Br > Sr$. Hranilne raztopine z dodatkom gnojila s poudarkom na kaliju (+N/K) so vplivale na statistično večjo vsebnost tega elementa v siljenem radiču. Statistično značilno večje vsebnosti P so bile ugotovljene pri siljenem radiču v hranilni raztopini +N/P/K-3%, ki je bila najbolj obogatena s fosforjem (N-P-K, 11-44-11). Statistično značilna večja vsebnost Ca je bila v siljenih radičih, ki so rasli v +N hranilnih raztopinah, v katerih je bil vir dušika kalcijev nitrat. Kar zadeva tri najpomembnejše mikromineralne, so bile statistično značilno večje vsebnosti Fe, Zn in Mn v siljenih radičih, ki so rasli v hranilnih raztopinah obogatenih z dušikom +N (N-P-K, 15,5-0-0). Multi-mineralna sestava različnih sort siljenega radiča do sedaj še ni bila obravnavana v znanstveni literaturi. Pasković in sod. (2013) so v svoji študiji določili mineralno sestavo glavnote sorte radiča 'Leonardo', kjer so poročali o podobnih vsebnostih za Zn in K, večjih za Mn, Fe in Ca ter nižjih za P.

Linearna diskriminantna analiza (LDA) opravljena na devetnajstih preučevanih parametrih je pokazala dobro diskriminacijo med različnimi sortami in uporabljenimi hranilnimi raztopinami. Ti parametri so bili: višina, pridelana masa, število listov, premer, sušina, TPC, TFC, AOP in minerali Mn, Fe, Zn, Br, Rb, Sr, P, S, Cl, K ter Ca. Na sliki 2 je prikazana sortna diskriminacija na osnovi originalnih podatkov petih sort siljenega radiča ('Treviski', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip'). Koordinatni sistem opredeljujeta prvi dve diskriminantni funkciji, ki skupaj predstavljata 86,0 % celotne razpršenosti za devetnajst spremenljivk. Vsebnost S, premer glavic, vsebnost Cl, pridelana masa in vsebnost Sr, v omenjenem vrstnem redu, največ prispevajo k funkciji 1. K diskriminantni funkciji 2 pa največ prispevajo parametri višina, vsebnost Ca, število listov, sušina in AOP.

Slika 3 prikazuje gnojilno diskriminacijo štirih različnih tipov gnojenja (+N/P/K 11-44-11, +N/K 13-0-46, +N 15,5-0-0, voda kot kontrola). LDA smo izvedli na podlagi istih devetnajstih parametrov, pri čemer prvi dve diskriminantni funkciji skupaj predstavljata 92,1 % celotne razpršenosti. AOP, TPC, vsebnost Ca, premer in višina, v tem vrstnem redu, največ prispevajo k funkciji 1, ki predstavlja 79,9 % celotne razpršenosti. K funkciji 2 pa največ prispevajo parametri vsebnost Cl, TFC, vsebnost K, Sr in Ca.

5.1.2 Radič pridelan ob uporabi organskih in mineralnih gnojil

Drug del raziskav je zajemal vpliv uporabe različnih organskih in mineralnih gnojil na fenolni profil listov ter izotopsko sestavo. Obravnavali smo iste sorte kot pri siljenem radiču: 'Treviški', 'Verona', 'Anivip', 'Castelfranco' in 'Monivip'. Postavili smo lončni poskus v rastlinjaku Biotehniške fakultete in pridelali rozete vsake sorte ob dodatku različnih gnojil. Posamezno količino gnojila smo zmešali s sedmimi litri deviške zemlje in s tem napolnili plastične lonce. Semena smo posejali neposredno v lonce, kasneje pa sadike razredčili, tako da smo na koncu vzgojili 4 do 5 rozet v posameznem loncu. Poleg kontrole (brez gnojenja) smo testirali dve organski in dve mineralni gnojili ter kombinacijo obeh. Pri vsaki sorti smo preizkusili vseh šest obravnavanj na naslednji način: kontrola brez gnojil (KONT); organski gnojili Plantella Organic (ORG1; N-P-K, 3-3-2) in Stallatico Pellettato (ORG2; N-P-K, 3-3-3); mineralni gnojili Kristalon Blue (MIN1; N-P-K, 19-6-20) in Entec Perfect (MIN2; N-P-K, 14-7-17); ter kombinacijo organskega (ORG1) in mineralnega (MIN1) gnojila (ORG1 + MIN1; Plantella Organic + Kristalon Blue). Analize smo opravili na listih, ki smo jih predhodno liofilizirali in zmleli v prah.

S HPLC metodo smo v petih sortah radiča iz različnih gnojilnih tretiranj skupno detektirali 60 vrhov in med njimi izbrali 33 glavnih spojin (preglednica 8), ki smo jih podrobneje preučili. Na splošno so bili kromatogrami vseh testiranih vzorcev podobni, izstopali so le posamezni vrhovi. Antocianine smo v majhnih količinah detektirali le v nekaj vzorcih rdečih sort, zato jih nismo obravnavali kot individualno skupino, ampak smo jih upoštevali pri izračunih vsebnosti skupnih fenolov (TPC). Hidroksicimetne kisline (HCK) so predstavljale glavne fenolne spojine v analiziranih sortah radiča (slika 5). Fenolni profili so bili v skladu s prejšnjimi študijami, kjer sta bili klorogenska in cikorna kislina glavni fenolni komponenti v radiču (Rossetto in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Jurgonski in sod., 2011; Carazzone in sod., 2013).

TPC v listih preiskovanih sort radiča obravnavanih z različnimi gnojili so se precej razlikovali (slika 4). Med sortami je vrednost TPC sledila v naslednjem zaporedju: 'Treviški' > 'Verona' > 'Monivip' > 'Anivip' > 'Castelfranco'. Rdeča sorta 'Treviški' je imela dva krat večjo TPC v primerjavi z zeleno sorto 'Monivip', rdečo sorto 'Anivip' ali pisano sorto 'Castelfranco'. Visoke TPC v sorti 'Treviški' so v svoji študiji dobili tudi D'evoli in sod. (2013). Značilno večje TPC so bile v vzorcih radičev, ki je zrasel brez gnojil, sledijo mu vzorci gnojeni z vodotopnim mineralnim gnojilom Kristalon Blue (MIN1), najnižje TPC pa so bile pri uporabi mineralnega gnojila Entec Perfect (MIN2). Crecente-Campo in sod. (2012) so poročali, da v jagodah način pridelave (organsko, konvencionalno) ni imel vpliva na TPC, ampak le vpliv na AOP. Vinha in sod. (2014) so našli značilno večje TPC v organsko pridelanih paradižnikih, medtem ko so Mitchell in sod. (2007) našli večje vsebnosti kvercetina in kamferola. Kot poročajo Oliveira in sod. (2013) organska pridelava vpliva na večje TPC in vsebnosti askorbinske kisline, zaradi povečanega oksidativnega

stresa med razvojem plodov paradižnika. Omenjeni raziskovalci so ugotovili večjo aktivnost superoksid dismutaze, fenilalanin-amonijak liaze (PAL) in peroksidacijo lipidov v organsko gojenem paradižniku. Kot je navedeno v drugih študijah (Kovačik in sod., 2009; Rubio-Wilhelmi in sod., 2012) je PAL ključni encim v biosintezi fenolnih spojin in se njegova aktivnost s pomanjkanjem dušika v rastlinah povečuje. Obnašanje in količina dušika v zemlji močno vplivata na sintezo fenolnih spojin (Treutter, 2010). Na gnojenje z dušikom se različne sorte radiča različno odzivajo, tako so Cassan in sod. (2008) v svoji študiji opazili visoko in nizko zahtevne sorte glede na potrebo po dušiku.

Antocianine smo določili le v sortah 'Treviški' in 'Verona' v majhnih koncentracijah. Vsebnosti v naši študiji so bile nižje v primerjavi z ostalimi bibliografskimi podatki. Glavni razlog za to, je po našem mnenju, izpostavljenost razmeroma visokim temperaturam v rastlinjaku med rastjo ali razgradnja med skladiščenjem vzorcev, saj so antocianini zelo nestabilni. Glavne skupine fenolnih spojin, ki smo jih določili v vzorcih radičev, so po zastopanosti naslednje: HCK > NFS > flavonoli > flavoni (preglednica 9). Statistična analiza je pokazala značilne razlike za vse glavne skupine med različnimi sortami in tretiranj z različnimi gnojili ($P \leq 0,001$).

HCK so najbolj zastopana skupina vseh fenolnih spojin v analiziranih sortah radiča, najdemo pa še flavone, flavonole in neznane fenolne spojine (NFS). Skupno monomerne in oligomerne HCK predstavljajo od 60 % do 95 % vseh fenolnih spojin v radiču (slika 5). V večini vzorcev je relativni delež HCK glede na TPC > 73 %. Nadaljnja analiza je pokazala, da je v vzorcih radičev dvakrat toliko oligomernih kot monomernih HCK, izraženih glede na TPC. Značilno večje vsebnosti HCK, kot tudi TPC, so bile pri radičih brez gnojenja (KONT) in gnojenih z mineralnim gnojilom (MIN1).

Nadaljnja identifikacija in kvantifikacija fenolnih spojin je pokazala, da so HCK zastopane predvsem kot cikorna in klorogenska kislina, nato kaftarna kislina, vse tri skupaj pa predstavljajo glavne fenolne kisline v analiziranih sortah radiča. Oligomerna cikorna kislina je najbolj zastopana, medtem ko je vsebnost monomerne klorogenske in monomerne kaftarne manjša (preglednica 10). Vse tri identificirane fenolne kisline skupaj predstavljajo 74 % vseh HCK. Ti profili so v skladu s številnimi objavami, ki so prav tako poročale, da so cikorna, klorogenska in kaftarna najbolj zastopane HCK v radičih (Rees in Harborne, 1985; Llorach in sod., 2004; Innocenti in sod., 2005; Rossetto in sod., 2005; Heimler in sod., 2009; Ferioli in D'Antuono, 2012; Carazzone in sod., 2013).

Flavonoidi, vključno s flavonoli in flavoni so kemiosistematski markerji *Cichorieae* (Sareedenchai in Zidorn, 2010). Relativna vrednost flavonolov glede na TPC, je bila pri večini sort in tretiranj z gnojili < 10 %, razen pri 'Veroni' gnojeni z ORG1 in 'Monivip' z MIN1. Flavoni predstavljajo manjšo skupino fenolnih spojin v preiskovanih listih radičev.

Arabbi in sod. (2004) so v svoji študiji o vsebnosti skupnih flavonoidov dobili podobne rezultate.

Statistična analiza dobljenih rezultatov je pokazala, da je uporaba organskih gnojil (ORG1, ORG2) vplivala na nižje TPC, HCK in NFS v primerjavi s kontrolo brez gnojil (KONT), uporabo mineralnega gnojila MIN1 ali kombinacije gnojil (ORG1+MIN1). Uporaba mineralnega gnojila MIN1 je pri vseh tretiranjih vplivala na večji TPC, HCK in NFS, medtem ko so bile te vrednosti pri vseh tretiranjih nižje pri uporabi gnojila MIN2. Po drugi strani, pa je uporaba organskega gnojila ORG2 vedno vplivala na večji TPC, HCK in NFS v primerjavi z gnojilom ORG1. Vredno je omeniti, da je tretiranje z ORG2 vplivalo na največjo vsebnost antocianinov, medtem ko je bila vsebnost antocianinov najnižja pri uporabi ORG1. Glede na posamezne HCK so vzorci brez uporabe gnojil (KONT) vsebovali več cikorne, klorogenske in kaftarne kisline, v primerjavi z ostalimi tretiranjimi. Pri upoštevanju organskih gnojil je uporaba ORG2 vplivala na večje vsebnosti vseh treh HCK v primerjavi z uporabo ORG1.

Opravili smo PCA in LDA analizo z namenom razlikovanja vzorcev radiča glede na vsebnost fenolnih spojin. Distribucija (razporeditev) vseh šestih tretiranj (KONT, ORG1, ORG2, MIN1, MIN2, ORG1+MIN1) je bila v celoti (100 %) uspešna, kar je razvidno s slike 6. Za gnojili ORG1 in MIN2 je potrebno poudariti, da je za obe značilno počasno sproščanje dušika (Marinari in sod., 2010), kar lahko pojasni podobnosti med parametri.

V analizah se določene fenolne spojine in njihove skupine značilno razlikujejo med različnimi sortami in tretiranjimi z organskimi in/ali mineralnimi gnojili. S pomočjo HPLC-DAD analize smo dokazali, da sta cikorna in klorogenska kislina prevladujoči fenolni spojini v preučevanih radičih. Z rezultati smo dokazali, da je fenolni profil radiča značilen in odvisen tako od sorte kot od uporabljenega gnojila. V našem poskusu smo določili največjo TPC v kontrolnih vzorcih (KONT), sledijo vzorci gnojeni z vodotopnim mineralnim gnojilom MIN1 in vzorci gnojeni s kombinacijo ORG1+MIN1. Gnojenje z mineralnim gnojilom MIN2 vpliva na najnižjo TPC. Med uporabljenimi organskimi gnojili je ORG2 vplival na večjo vsebnost večine fenolnih spojin, vključno z antocianini.

Za določanje izotopske sestave ogljika ($\delta^{13}\text{C}$) in dušika ($\delta^{15}\text{N}$) v vzorcih radičev pridelanih z organskimi in mineralnimi gnojili smo uporabili izotopsko masno spektrometrijo stabilnih izotopov lahkkih elementov (IRMS). Za analizo smo uporabili liofilizirane vzorce. Izotopsko sestavo smo izrazili v promilih (‰). Predpostavljali smo, da imajo radiči pridelani z organskimi gnojili višje $\delta^{15}\text{N}$ kot radiči tretirani z mineralnimi gnojili. Največji delež $\delta^{13}\text{C}$ smo določili v radičih gnojenih z organskim gnojilom ORG1, najmanjšega pa v rastlinah, ki so bile gnojene z mineralnim gnojilom MIN1. Značilne razlike so bile pri uporabi organskih gnojil (ORG1, ORG2) in mineralnega gnojila MIN2 v primerjavi z MIN1, KONT in ORG1+MIN1. Obe organski gnojili sta v primerjavi s kontrolo brez gnojenja vplivali na

večje deleže $\delta^{13}\text{C}$ v radičih. Do podobnih rezultatov o značilno večjih deležih $\delta^{13}\text{C}$ pri organskem načinu pridelave v primerjavi s konvencionalnim so prišli tudi Laursen in sod. (2013) ter Georgi in sod. (2005). Na delež $\delta^{13}\text{C}$ lahko poleg gnojenja vpliva tudi sorta (Camin in sod., 2011).

Vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ so se ujemale z našo hipotezo, da bodo imele rastline gnojene z organskimi gnojili večji delež težjega izotopa dušika (^{15}N) od konvencionalno pridelanih, kjer gnojenje poteka z mineralnimi gnojili. Največji delež ^{15}N je bil v radičih, gnojenih z organskim gnojilom ORG1, sledi ORG2, kontrola (KONT), kombinacija ORG1+MIN1, MIN2 in MIN1. Listi radičev pridelani z organskimi gnojili so imeli značilno večji delež izotopa ^{15}N v primerjavi z ostalimi. Yun in sod. (2006) poročajo, da uporaba organskih gnojil pri gojenju kitajskega zelja značilno vpliva na večje $\delta^{15}\text{N}$ v primerjavi z uporabo mineralnih gnojil. Podobne rezultate sta dobili tudi Šturm in Lojen (2011) v zelenjavi pridelani na organski ali konvencionalni način.

5.1.3 Maščobnokislinska sestava listov radiča in siljenega radiča

Vsebnosti maščobnih kislin (MK) v vzorcih radičev smo določili s plinsko kromatografijo. Za določanje posamezne MK smo uporabili metodo in situ transestrifikacije (ISTE), modificirano po Parku in Goinsu (1994), kjer je potrebno predhodno pripraviti metilne estre maščobnih kislin (FAME). Analize so pokazale vsebnost petih posameznih MK: palmitinske (C16:0), palmitoleinske (C16:1, pri nekaterih sortah), oleinske (C18:1), linolne (C18:2) in α -linolenske (C18:3).

Najbolj zastopane MK v radičih in siljenih radičih so bile *n*-3 α -linolenska (C18:3), *n*-6 linolna (C18:2) in palmitinska (C16:0), ki je bila edina nasičena maščobna kislina (SFA). Do sedaj v literaturi še ni bilo objavljenih rezultatov o vsebnostih maščobnih kislin v radiču in siljenem radiču, z izjemo sorte 'Vitlof', kjer so našli nižje vsebnosti maščobnih kislin (Krebsky in sod., 1996). Clapham in sod. (2005) so preučevali krmni radič in dobili vrednosti podobne našim. Palmitoleinska (C16:1) in oleinska (C18:1) maščobna kislina sta manj zastopani v radiču in skupaj predstavljata manjšo skupino mononenasičenih maščobnih kislin (MUFA), α -linolenska in linolna pa skupaj predstavljata skupino polinenasičenih maščobnih kislin (PUFA) in sta najbolj zastopani maščobni kislini.

Pri določanju maščobnih kislin v listih radičev tretiranih z različnimi gnojili lahko povzamemo, da je imela uporaba organskih gnojil (ORG1, ORG2) statistično značilen vpliv na večje vsebnosti posameznih maščobnih kislin glede na povprečja sort. Pri določanju maščobnih kislin v siljenih radičih, ki so rasli v hranilnih raztopinah z različnimi gnojili, pa je imela uporaba hranilne raztopine +N statistično značilen vpliv na večje vsebnosti posameznih maščobnih kislin glede na povprečja sort. Proces siljenja radiča je vplival na

zmanjšanje relativne vsebnosti α -linolenske kisline in povečanje linolne kisline, medtem ko se relativna vsebnost palmitinske kisline ni spremenila.

Razmerje $n-6/n-3$ je bilo manjše od 1. V prehrani razvitih držav je razmerje $n-6/n-3$ maščobnih kislin med 10 in 20, priporoča pa se čim nižje razmerje, in sicer manjše od 4 (Vidrih in sod., 2009). Do sedanje raziskave narejene na divjih vrstah radiča (*Cichorium intybus*) so poročale o nekoliko nižjih vrednostih $n-6/n-3$ razmerja (Vardavas in sod., 2006; Morales in sod., 2012). Ravnovesje $n-6$ in $n-3$ maščobnih kislin je pomembno za homeostazo, normalen razvoj, izražanje genov, zmanjšanje tveganja za bolezni srca in ožilja, in predstavlja determinanto zdravja; zato je primerno in priporočljivo razmerje $n-6/n-3$ blizu 1 (Simopoulos, 2008). Prehranska priporočila za zdravje ljudi, ki vključujejo povečanje porabe rib ali z $n-3$ bogate zelenjave, ostajajo tudi v bodoče (Russo, 2009), tako da se je radič z ugodnim razmejem $n-6$ in $n-3$ maščobnih kislin izkazal za koristno zelenjavo.

Če povzamemo, način pridelave (siljen radič, rozete pridelane v loncih) in različne sorte radiča značilno vplivajo na vsebnost skupnih in posameznih fenolnih spojin, antioksidacijski potencial, vsebnost flavonoidov, mineralno sestavo in maščobnokislinski profil. Uporaba gnojil ima statistično značilen vpliv na posamezne preiskovane kemijske parametre, tako pri lončni pridelavi rozet, kot pri hidroponskem siljenju v hranilnih raztopinah.

5.2 SKLEPI

Na osnovi predstavljenih rezultatov opravljenih analiz na 50 vzorcih siljenih radičev pridelanih v različnih hranilnih raztopinah in 30 vzorcih radičev pridelanih z organskimi in/ali mineralnimi gnojili ter na podlagi hipotez, ki smo si jih zastavili na začetku raziskave, povzemamo naslednje sklepe:

- Rdeče sorte hidroponsko siljenega radiča ('Treviški', 'Verona' in 'Anivip') vsebujejo značilno več skupnih polifenolov in imajo večji antioksidacijski potencial kot pisana sorta 'Castelfranco' ali zelena sorta 'Monivip'.
- Dodatek makro-hranil dušika (N), fosforja (P) in/ali kalija (K) v hranilno raztopino pri siljenju radiča značilno vpliva na morfometrične lastnosti (višina in širina glavice, število listov, pridelana masa) in vsebnost bioaktivnih snovi (skupne fenolne spojine, skupni flavonoidi, antioksidacijski potencial).
- Dodatek dušika v hranilno raztopino značilno vpliva na večji antioksidacijski potencial (AOP) in vsebnosti elementov kalcija (Ca), magnezija (Mg), železa (Fe), cinka (Zn), rubidija (Rb) in stroncija (Sr). Dodatek fosforja značilno vpliva na višino rozete, število listov in vsebnost elementov fosforja (P), klor (Cl) in broma (Br). Dodatek kalija značilno vpliva na pridelano maso, širino rozet, vsebnost skupnih fenolov (TPC), vsebnost skupnih flavonoidov (TFC) in količino elementa kalija.
- Siljen radič vsebuje makromineralne (elemente) (> 1 g/kg suhe mase) fosfor (P), žveplo (S), kalcij (Ca), klor (Cl) in kalij (K); ter mikromineralne (> 1 mg/kg suhe mase) železo (Fe), cink (Zn), mangan (Mn), rubidij (Rb), brom (Br) in stroncij (Sr). Na vsebnosti posameznih mineralov značilno vplivajo tako sorta kot gnojila dodana v hranilno raztopino za siljenje. LDA analiza je pokazala dobro diskriminacijo med različnimi sortami in uporabljenimi raztopinami hranil.
- Fenolni profil listov radiča je močno odvisen od sorte in vrste uporabljenih gnojil (organskih ali mineralnih). V listih radičev prevladujejo hidroksicimetne kisline (HCK), najdemo pa tudi flavonole in flavone. Radič vsebuje več oligomernih kot monomernih HCK, ki skupaj predstavljajo od 60 % do 95 % vseh fenolnih spojin. Glavne identificirane HCK so cikorna, klorogenska in kaftarna kislina, ki skupaj predstavljajo do 74 % vseh fenolnih spojin. Na osnovi rezultatov vsebnosti fenolnih spojin je bila največja razpršenost spremenljivk pri kontroli brez gnojil in uporabi vodotopnega mineralnega gnojila.
- Največji delež maščobnih kislin v siljenih radičih in radičih pridelanih ob uporabi organskih in/ali mineralnih gnojil predstavljata nenasičeni *n*-3 α -linolenska (C18:3) in *n*-6 linolna kislina (C18:2). Med nasičenimi maščobnimi kislinami (SFA) v radiču prevladuje palmitinska kislina (C16:0). Vse sorte radiča imajo ugodno razmerje *n*-6/*n*-3 (manj kot 1) maščobnih kislin in s tem visoko prehransko vrednost.

- Delež izotopov dušika $\delta^{15}\text{N}$ je bil v listih radičev pridelanih z uporabo organskih gnojil značilno večji kot pri uporabi mineralnih gnojil.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Zelenjava je bogat vir polifenolov, vitaminov, encimov, mineralov in prehranske vlaknine. Prehrana z veliko zelenjave in sadja je v zadnjih letih vse bolj pomembna, saj ima zaradi visoke vsebnosti zdravju koristnih snovi preventivno vlogo pri preprečevanju različnih bolezni. Radič (*Cichorium intybus* L.) je s svojim prijetnim, intenzivnim okusom in dekorativno paleto barv v zadnjih letih nedvomno vsestransko uporabna zelenjadnica. S prehranskega stališča je radič vir nekaterih pomembnih bioaktivnih komponent, ki so odvisne od načina pridelave, sorte, datuma pobiranja in skladiščnih pogojev. Za pridelavo siljenega radiča je pomembna pravočasna setev, da se med vegetativno fazo do jeseni oblikujejo močni koreni, iz katerih lahko ob primernih pogojih v temi pridelamo siljen radič. Kupci imajo tako vse leto na voljo zelene, pisane in rdeče sorte radiča, ki jih glede na pridelavo delimo na glavnate (listnate) in siljene radiče.

Osrednji cilj naše raziskave je bil ugotoviti razlike v kemijski sestavi rdečih, pisanih in zelenih sort radiča, pridelanih z različnimi načini pridelave (hidroponsko siljenje korenov, pridelava v zemlji za liste ali rozete). Skupne fenolne spojine smo določili s Folin-Ciocalteu metodo, medtem ko smo za kvalitativno in kvantitativno določitev posameznih fenolnih spojin izvedli visokotlačno tekočinsko kromatografijo (HPLC). Poleg monomernih in oligomernih hidroksicimetnih kislin (cikorne, klorogenske, kaftarne) ter njihovih derivatov (derivati galne, benzojske kisline), smo v analiziranih ekstraktih radiča potrdili tudi prisotnost nekaterih pomembnih flavonoidov (kvercetin, kamferol, apigenin, luteolin). Rezultati so pokazali, da se več skupnih fenolov akumulira v rdečih sortah.

V treh različnih hranilnih raztopinah, obogatenih z dušikom, fosforjem in/ali kalijem, smo silili predhodno vzgojene korene radičev. S hidroponskim siljenjem smo proizvedli nove vegetativne brste, ki jih imenujemo siljen radič. V sortah, ki jih pogosto pridelujemo v Sloveniji 'Treviski', 'Verona', 'Castelfranco', ter avtohtoni sorti 'Anivip' in 'Monivip' smo merili morfometrične lastnosti (višina in širina rozet, število listov, pridelana masa) in določili nekatere bioaktivne spojine (skupne fenole, flavonoide, antioksidacijski potencial, maščobne kisline) ter minerale. Najvišja vsebnost skupnih fenolov in flavonoidov v siljenem radiču je bila pri uporabi hranilne raztopine obogatene s kalijem, antioksidacijski potencial pa pri uporabi hranilne raztopine obogatene z dušikom. Z multi-elementno analizo smo prvič v znanstveni literaturi določili vsebnost makromineralov (> 1 g/kg suhe mase) dušika, fosforja, kalcija, klora in žvepla, ter vsebnost mikromineralov (> 1 mg/kg suhe mase) železa, cinka, mangana, rubidija, broma in stroncija v siljenih radičih. Linearna diskriminantna analiza (LDA) je na osnovi devetnajstih parametrov razvrstila rezultate na pet sort in na štiri različne tipe gnojenja.

Iste sorte radiča smo pridelali v lončnem poskusu (kot liste) ob dodatku organskih in/ali mineralnih gnojil. Z visokotlačno tekočinsko kromatografijo (HPLC) smo raziskali fenolni profil listov posamezne sorte ob uporabi različnih gnojil. Vsebnost skupnih fenolnih spojin je bila večja pri rdečih sortah. Prevladujoče fenolne spojine v radiču so bile hidroksicimetne kisline (monomerne in oligomerne), ki so skupaj predstavljale med 60 % in 95 % vseh fenolnih spojin v radiču, potrdili pa smo tudi prisotnost flavonolov in flavonov. Identificirali in določili smo vsebnost cikorne, klorogenske in kaftarne kisline. Uporaba organskih oziroma mineralnih gnojil je vplivala na vsebnost posameznih fenolnih spojin, kar smo potrdili z linearno diskriminantno analizo (LDA).

Določanje izotopske sestave ^{15}N se je izkazalo za ustrezno metodo pri ugotavljanju pristnosti organsko oziroma ekološko pridelanega radiča. Pri radičih tretiranih z organskimi gnojili so bile vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ večje kot pri uporabi mineralnih gnojil, ki so značilna za konvencionalno pridelavo.

V vzorcih radičev smo dokazali prisotnost sledečih maščobnih kislin: α -linolenske, linolne, palmitinske, oleinske in palmitoleinske. Maščobne kisline smo določili kot metilne estre maščobnih kislin (FAME), s pomočjo plinske kromatografije (GC). V vzorcih vseh sort na oba načina pridelanih radičevje bilo največ nenasičene $n-3$ α -linolenske, nenasičene $n-6$ linolne in nasičene palmitinske maščobne kisline. Radič se je z ugodnim razmerjem $n-6$ in $n-3$ maščobnih kislin (< 1) izkazal za koristno zelenjavo.

Vsebnost antioksidantov v radiču pomembno prispeva k priporočenemu dnevni vnosu le teh. Radič je s prehranskega stališča zdrava zelenjava, vsebnost prehransko pomembnih sestavin pa je odvisna od načina pridelave in sorte.

6.2 SUMMARY

Vegetables are relevant as rich source of polyphenols, vitamins, enzymes, minerals and dietary fiber. Nutrition with lots of vegetables and fruits become important in recent years due to high content of healthy substances, which play preventive role in case of various diseases. Chicory (*Cichorium intybus* L.) is with its pleasant, intense flavour and a decorative palette of coloured leaves in recent years become a versatile vegetable. From nutritional point of view, chicory consists of some important bioactive compounds, which are dependent of the production method, cultivar, harvesting date and storage conditions. For the production of forced chicons, a timely direct sowing is important for plants to form a strong roots during vegetative phase, from which under suitable conditions chicons can be grown. All year round consumers have available green, red-spotted and red chicory cultivars,

which are divided according to the production methods on chicory heads or leaves (cultivation in the soil) and chicons (hydroponic forcing of roots).

The main objective of our study was to determine differences in the chemical composition of the red, red-spotted and green cultivars of chicory produced by different production methods (hydroponic forcing of roots, cultivation in the soil for leaves or rosettes). Total phenolic compounds were determined by the Folin-Ciocalteu method, while the qualitative and quantitative determination of individual phenolic compounds was performed with high pressure liquid chromatography (HPLC). In addition to the monomeric and oligomeric hydroxycinnamic acids (chicoric, chlorogenic, caftaric) and their derivatives (derivatives of gallic, benzoic acid), we confirmed the presence of some important flavonoids (quercetin, kaempferol, apigenin, luteolin) in chicory extracts. The results showed higher total phenolic content in red cultivars.

Developed chicory roots were forced in three different nutrient solutions that were enriched with nitrogen, phosphorus and/or potassium. With hydroponic forcing we produced new vegetative buds, named chicons. In cultivars which are often grown in Slovenia 'Treviso', 'Verona', 'Castelfranco' and autochthonous 'Anivip' and 'Monivip' we measured morphometric characteristics (height and diameter of rosettes, number of leaves, net mass), some bioactive compounds (total phenolics, flavonoids, antioxidative potential, fatty acids) and minerals content. The highest total phenolic contents and flavonoids were determined in chicons grown in nutrient solution enriched with potassium, and antioxidative potential was higher when the nutrient solution enriched with nitrogen was used. The multi-elemental analysis was performed for the first time in the scientific literature for forced chicons. We determined the content of macrominerals (> 1 g/kg dry weight) nitrogen, phosphorus, calcium, chlorine and sulphur, and the content of microminerals (> 1 mg/kg dry weight) iron, zinc, manganese, rubidium, bromine and strontium. Linear discriminant analysis (LDA) based on nineteen parameters classify the results into five cultivars and four different types of fertilizers.

The same chicory cultivars were grown in pots under controlled conditions in a glasshouse, with organic and/or mineral fertilizers administrated to meet nitrogen requirements. High pressure liquid chromatography (HPLC) analysis was carried out to study phenolic profiles of the leaves of each cultivar by using different fertilizers. The most represented phenolic compounds in these chicory cultivars were hydroxycinnamic acids (monomeric and oligomeric), which together represented from 60 % to 95 % of total phenolic compounds. We also confirmed the presence of flavonols and flavones and identified as well as quantified the content of chicoric, chlorogenic and caftaric acid. Linear discriminant analysis (LDA) confirmed the effect of organic and mineral fertilizers on the content of individual phenolic compounds.

Determination of the isotopic composition of ^{15}N has been proved to be a suitable method for determining the authenticity of organic production. Chicories treated with organic fertilizers had $\delta^{15}\text{N}$ values greater than those grown with the use of mineral fertilizers, which are typical for conventional production.

The analysis revealed content of the following fatty acids in chicory plants: α -linolenic, linoleic, palmitic, oleic and palmitoleic. Fatty acids were determined as fatty acid methyl esters (FAMES) using a gas chromatography (GC). The highest content was represented by unsaturated *n*-3 α -linolenic, followed by unsaturated *n*-6 linoleic and saturated palmitic fatty acid. Chicory is valuable vegetable due to its beneficial *n*-6 and *n*-3 fatty acids ratio (< 1).

Content of the antioxidants in chicory can significantly contribute to the recommended daily intake. From a nutritional point of view, chicory is a healthy vegetable, while the nutritional content of relevant components depends on the production method and cultivar.

7 VIRI

Améziane R., Cassan L., Dufossé C., Rufty T. W., Limami A. M. 1997. Phosphate availability in combination with nitrate availability affects root yield and chicon yield and quality of Belgian endive (*Cichorium intybus*). *Plant and Soil*, 191, 2: 269-277

Arabbi P. R., Genovese M. I., Lajolo F. M. 2004. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5: 1124-1131

Awad M. A., De Jager A. 2002. Relationships between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin. *Scientia Horticulturae*, 92, 3-4: 265-276

Bavec M. 2003. Tehnike pridelovanja zelenjadnic: Gnojenje, kolobar in posebnosti pridelovanja nekaterih značilnosti za območje Podravja. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 58 str.

Bavec M., Robačar M., Repič P., Štabuc-Starčević D. 2009. Sredstva in smernice za ekološko kmetijstvo. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Inštitut za ekološko kmetijstvo: 149 str.

Boyer R. F. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 634 str.

Bréas O., Reniero F., Serrini G., Martin G. J., Rossmann A. 1994. Isotope ratio mass spectrometry: Analysis of wines from different European countries. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 8, 12: 967-970

Camin F., Perini M., Bontempo L., Fabroni S., Faedi W., Magnani S., Baruzzi G., Bonoli M., Tabilio M., Musmeci S. 2011. Potential isotopic and chemical markers for characterising organic fruits. *Food Chemistry*, 125, 3: 1072-1082

Carazzone C., Mascherpa D., Gazzani G., Papetti A. 2013. Identification of phenolic constituents in red chicory salads (*Cichorium intybus*) by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionisation tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 138, 2-3: 1062-1071

Cassan L., Corbineau F., Limami A. M. 2008. Genetic variability of nitrogen accumulation during vegetative development and remobilization during the forcing process in Witloof

chicory tuberized root (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Plant Physiology*, 165, 16: 1667-1677

Cevallos-Casals B. A., Byrne D., Okie W. R., Cisneros-Zevallos L. 2006. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. *Food Chemistry*, 96, 2: 273-280

Cicco N., Lanorte M. T., Paraggio M., Viggiano M., Lattanzio V. 2009. A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*, 91, 1: 107-110

Clapham W. M., Foster J. G., Neel J. P. S., Fedders J. M. 2005. Fatty acid composition of traditional and novel forages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 26: 10068-10073

Craig H. 1957. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 12, 1: 133-149

Crecente-Campo J., Nunes-Damaceno M., Romero-Rodríguez M. A., Vázquez-Odériz M. L. 2012. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch, cv. Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28, 1: 23-30

D'evoli L., Morroni F., Lombardi-Boccia G., Lucarini M., Hrelia P., Cantelli-Forti G., Tarozzi A. 2013. Red chicory (*Cichorium intybus* L. cultivar) as a potential source of antioxidant anthocyanins for intestinal health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013: ID 704310, doi 10.1155/2013/704310: 8 str.

Daries H. 2013. *Vitamins and Minerals. V: Nutrition for sport and exercise*. Chichester, John Wiley and Sons: 144-175

De Rijck G., Schrevens E. 1998. Multifactorial optimisation of the nutrient solution for hydroponically grown chicory plants. *Scientia Horticulturae*, 76, 3–4: 149-159

Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., Grolier P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 5: 369-382

Faller A. L. K., Fialho E. 2010. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 6: 561-568

Feroli F., D'Antuono L. F. 2012. An update procedure for an effective and simultaneous extraction of sesquiterpene lactones and phenolics from chicory. *Food Chemistry*, 135, 1: 243-250

Fouldrin K., Limami A. 1993. The influence of nitrogen ($^{15}\text{NO}_3$) supply to chicory (*Cichorium intybus* L.) plants during forcing on the uptake and remobilization of N reserves for chicon growth. *Journal of Experimental Botany*, 44, 8: 1313-1319

Francois I. M., Wins H., Buysens S., Godts C., Van Pee E., Nicolai B., De Proft M. 2008. Predicting sensory attributes of different chicory hybrids using physico-chemical measurements and visible/near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 3: 366-373

Garces R., Mancha M. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl esters preparation from fresh plant tissues. *Analytical Biochemistry*, 211, 1: 139-143

Georgi M., Voerkelius S., Rossmann A., Grassmann J., Schnitzler W. 2005. Multielement isotope ratios of vegetables from integrated and organic production. *Plant and Soil*, 275, 1-2: 93-100

Ghidini S., Ianieri A., Zanardi E., Conter M., Boschetti T., Iacumin P., Bracchi P. 2006. Stable isotopes determination in food authentication: A review. *Annali della Facolta di Medicina Veterinaria di Parma*, 26, 193-204

Godts C., Ceusters J., Van Eylen T., Francois I. M., De Proft M. 2010. Characterisation of reddening in etiolated chicory leaves (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*). *Acta Horticulturae*, 936, 463-470

Gogus U., Smith C. 2010. n-3 Omega fatty acids: A review of current knowledge. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 3: 417-436

Guček M., Marsel J., Ogrinc N., Lojen S. 1998. Stable isotopes determinations in some fruit juices to detect added sugar. *Acta Chimica Slovenica*, 45, 3: 217-228

Hall D., Rao K. 1999. Photosynthesis. *Studies in Biology*. 6th ed. Cambridge, Cambridge University Press: 248 str.

Heimler D., Isolani L., Vignolini P., Romani A. 2009. Polyphenol content and antiradical activity of *Cichorium intybus* L. from biodynamic and conventional farming. *Food Chemistry*, 114, 3: 765-770

Innocenti M., Gallori S., Giaccherini C., Ieri F., Vincieri F. F., Mulinacci N. 2005. Evaluation of the phenolic content in the aerial parts of different varieties of *Cichorium intybus* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 16: 6497-6502

Jackson M. G., Timberlake C. F., Bridle P., Vallis L. 1978. Red wine quality: Correlations between colour, aroma and flavour and pigment and other parameters of young Beaujolais. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29, 8: 715-727

Jurgonski A., Milala J., Juskiewicz J., Zdunczyk Z., Krol B. 2011. Composition of chicory root, peel, seed and leaf ethanol extracts and biological properties of their non-inulin fractions. *Food Technology and Biotechnology*, 49, 1: 40-47

Kovačik J., Klejdus B., Backor M. 2009. Nitric oxide signals ROS scavenger-mediated enhancement of PAL activity in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* roots: Side effects of scavengers. *Free Radical Biology and Medicine*, 46, 12: 1686-1693

Krebsky E. O., Geuns J. M. C., Proft M. D. 1996. Fatty acids in polar lipids from etiolated *Cichorium intybus*. *Phytochemistry*, 43, 4: 747-751

Kriszan M., Schellberg J., Amelung W., Gebbing T., Pötsch E. M., Kühbauch W. 2014. Revealing N management intensity on grassland farms based on natural $\delta^{15}\text{N}$ abundance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184, 158-167

Kroon P. A., Clifford M. N., Crozier A., Day A. J., Donovan J. L., Manach C., Williamson G. 2004. How should we assess the effects of exposure to dietary polyphenols *in vitro*? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1: 15-21

Laursen K. H., Mihailova A., Kelly S., Epov V., Bérail S., Schjørring J. K., Donard O., Larsen E. H., Pedentchouk N., Marca-Bell A. 2013. Is it really organic?—Multi-isotopic analysis as a tool to discriminate between organic and conventional plants. *Food Chemistry*, 141, 3: 2812-2820

Lavelli V., Pagliarini E., Ambrosoli R., Zanoni B. 2009. Quality of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated by anthocyanin content, radical scavenging activity, sensory descriptors and microbial indices. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 5: 994-1001

Leegood R. C. 1993. Carbon dioxide concentrating mechanisms. V: Plant biochemistry and molecular biology. New York, John Wiley and Sons: 47-72

Leegood R. C., Lea P. J. 1993. The Calvin cycle and photorespiration V: Plant biochemistry and molecular biology. New York, John Wiley and Sons: 27-45

Lillo C., Lea U. S., Ruoff P. 2008. Nutrient depletion as a key factor for manipulating gene expression and product formation in different branches of the flavonoid pathway. *Plant, Cell and Environment*, 31, 5: 587-601

Lin J.-Y., Tang C.-Y. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, 101, 1: 140-147

Llorach R., Martínez-Sánchez A., Tomás-Barberán F. A., Gil M. I., Ferreres F. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry*, 108, 3: 1028-1038

Llorach R., Tomas-Barberan F. A., Ferreres F. 2004. Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 16: 5109-5116

Mabry T. J., Markham K. R., Thomas M. B. 1970. The systematic identification of flavonoids. Berlin, Springer: 35-40

Marinari S., Lagomarsino A., Moscatelli M. C., Di Tizio A., Campiglia E. 2010. Soil carbon and nitrogen mineralization kinetics in organic and conventional three-year cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 109, 2: 161-168

Mitchell A. E., Hong Y.-J., Koh E., Barrett D. M., Bryant D., Denison R. F., Kaffka S. 2007. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 15: 6154-6159

MKGP 2014. Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave: leto 2014. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 126 str.

Möller B., Herrmann K. 1983. Quinic acid esters of hydroxycinnamic acids in stone and pome fruit. *Phytochemistry*, 22, 2: 477-481

Montalba R., Arriagada C., Alvear M., Zúñiga G. E. 2010. Effects of conventional and organic nitrogen fertilizers on soil microbial activity, mycorrhizal colonization, leaf antioxidant content, and *Fusarium* wilt in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Scientia Horticulturae*, 125, 4: 775-778

Morales P., Ferreira I. C., Carvalho A. M., Sánchez-Mata M. C., Cámara M., Tardío J. 2012. Fatty acids profiles of some Spanish wild vegetables. *Food Science and Technology International*, 18, 3: 281-290

Nakajima J.-I., Tanaka I., Seo S., Yamazaki M., Saito K. 2004. LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004, 5: 241-247

Necemer M., Kump P., Scancar J., Jadmovic R., Simcic J., Pelicon P., Budnar M., Jeran Z., Pongrac P., Regvar M., Vogel-Mikus K. 2008. Application of X-ray fluorescence analytical techniques in phytoremediation and plant biology studies. *Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy*, 63, 11: 1240-1247

Nečemer M., Kump P., Ščančar J., Jačimović R., Simčič J., Pelicon P., Budnar M., Jeran Z., Pongrac P., Regvar M., Vogel-Mikuš K. 2008. Application of X-ray fluorescence analytical techniques in phytoremediation and plant biology studies. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 63, 11: 1240-1247

Nečemer M., Kump P., Vogel-Mikuš K. 2011. Handbook of phytoremediation: Use of X-ray fluorescence-based analytical techniques in phytoremediation. New York, Nova Science Publishers: 331-358

Nelson L., Giles J., Macilwain C., Gevin V. 2004. Organic FAQs. *Nature*, 428, 6985: 796-798

Nicoletto C., Pimpini F. 2009. Influence of the forcing process on some qualitative aspects in radicchio "Rosso di Treviso Tardivo" (*Cichorium intybus* L., group *rubifolium*). 1. Nitrate, nitrite and organic nitrogen. *Italian Journal of Agronomy*, 4, 4: 137-146

Nicoletto C., Pimpini F. 2010. Influence of the forcing process on some qualitative aspects in radicchio "Rosso di Treviso Tardivo" (*Cichorium intybus* L., group *rubifolium*). 2. Antioxidant capacity, phenols and ascorbic acid. *Italian Journal of Agronomy*, 5, 1: 43-52

Ohlrogge J., Browse J. 1995. Lipid biosynthesis. *Plant Cell Online*, 7, 7: 957-970

Oliveira A. B., Moura C. F. H., Gomes-Filho E., Marco C. A., Urban L., Miranda M. R. A. 2013. The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. *PLoS One*, 8, 2: e56254, doi 10.1371/journal.pone.0056354: 6 str.

Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1999. Gojenje radiča. Šempter pri Gorici, Oswald: 36 str.

Papetti A., Daglia M., Gazzani G. 2002. Anti- and pro-oxidant activity of water soluble compounds in *Cichorium intybus* var. *silvestre* (Treviso red chicory). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 30, 4: 939-945

Papetti A., Mascherpa D., Carazzone C., Stauder M., Spratt D. A., Wilson M., Pratten J., Ciric L., Lingström P., Zaura E., Weiss E., Ofek I., Signoretto C., Pruzzo C., Gazzani G. 2013. Identification of organic acids in *Cichorium intybus* inhibiting virulence-related properties of oral pathogenic bacteria. *Food Chemistry*, 138, 2–3: 1706-1712

Pasković I., Bronić J., Subotić B., Pecina M., Perica S., Palčić I., Čustić M. H. 2013. Impact of synthetic zeolite fertilization on radicchio mineral composition and nutritive value. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 11, 1: 498-502

Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays. *Journal of Nutrition*, 133, 9: 2812-2819

Pelliccia F., Marazzi G., Greco C., Franzoni F., Speciale G., Gaudio C. 2013. Current evidence and future perspectives on *n*-3 PUFAs. *International Journal of Cardiology*, 170, 2, Supplement 1: S3-S7

Peters A. M., Haagsma N., van Amerongen A. 1997. A pilot study on the effects of cultivation conditions of chicory (*Cichorium intybus* L.) roots on the levels of sesquiterpene lactones in chicons. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 205, 2: 143-147

Petersen M. B., Søgaard K., Jensen S. K. 2011. Herb feeding increases *n*-3 and *n*-6 fatty acids in cow milk. *Livestock Science*, 141, 1: 90-94

Pfiffner L., Luka H. 2007. Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. *Applied Soil Ecology*, 37, 3: 184-191

Poli F., Sacchetti G., Tosi B., Fogagnolo M., Chillemi G., Lazzarin R., Bruni A. 2002. Variation in the content of the main guaianolides and sugars in *Cichorium intybus* var. "Rosso di Chioggia" selections during cultivation. *Food Chemistry*, 76, 2: 139-147

Puhl I., Stadler F., Treutter D. 2008. Alterations of flavonoid biosynthesis in young grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves, flowers, and berries induced by the dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 7: 2498-2504

Rees S. B., Harborne J. B. 1985. The role of sesquiterpene lactones and phenolics in the chemical defence of the chicory plant. *Phytochemistry*, 24, 10: 2225-2231

Regos I., Treutter D. 2010. Optimization of a high-performance liquid chromatography method for the analysis of complex polyphenol mixtures and application for sainfoin extracts (*Onobrychis viciifolia*). *Journal of Chromatography A*, 1217, 40: 6169-6177

Rossetto M., Lante A., Vanzani P., Spettoli P., Scarpa M., Rigo A. 2005. Red chicories as potent scavengers of highly reactive radicals: A study on their phenolic composition and peroxy radical trapping capacity and efficiency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 21: 8169-8175

Roura E., Andrés-Lacueva C., Estruch R., Lamuela-Raventós R. M. 2006. Total polyphenol intake estimated by a modified Folin–Ciocalteu assay of urine. *Clinical Chemistry*, 52, 4: 749-752

Rubio-Wilhelmi M. d. M., Sanchez-Rodriguez E., Leyva R., Blasco B., Romero L., Blumwald E., Manuel Ruiz J. 2012. Response of carbon and nitrogen-rich metabolites to nitrogen deficiency in P-SARK::IPT tobacco plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 231-237

Russo G. L. 2009. Dietary *n*-6 and *n*-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology*, 77, 6: 937-946

Sage R. F. 1999. Why C4 photosynthesis. V: C4 plant biology. San Diego, Academic Press: 3-16

Salama Z. A., El Baz F. K., Gaafar A. A., Zaki M. F. 2014. Antioxidant activities of phenolics, flavonoids and vitamin C in two cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in responses to organic and bio-organic fertilizers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *In press*.

Santos J., Oliva-Teles M. T., Delerue-Matos C., Oliveira M. B. P. P. 2014. Multi-elemental analysis of ready-to-eat "baby leaf" vegetables using microwave digestion and high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 151, 0: 311-316

Sareedenchai V., Zidorn C. 2010. Flavonoids as chemosystematic markers in the tribe *Cichorieae* of the Asteraceae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38, 5: 935-957

Schmitz-Eiberger M., Haefs R., Noga G. 2002. Calcium deficiency-Influence on the antioxidative defense system in tomato plants. *Journal of Plant Physiology*, 159, 7: 733-742

Simopoulos A. P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233, 6: 674-688

Singh S. P., Zhou X.-R., Liu Q., Stymne S., Green A. G. 2005. Metabolic engineering of new fatty acids in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 8, 2: 197-203

Sinkovič L., Hribar J., Vidrih R. 2014. Influence of cultivar and storage of chicory (*Cichorium intybus* L.) plants on polyphenol composition and antioxidative potential. *Czech Journal of Food Sciences*, 32, 1, Supplement 1: S10-S15

Staerfl S. M., Soliva C. R., Leiber F., Kreuzer M. 2011. Fatty acid profile and oxidative stability of the perirenal fat of bulls fattened on grass silage and maize silage supplemented with tannins, garlic, maca and lupines. *Meat Science*, 89, 1: 98-104

Sulaiman S. F., Sajak A. A. B., Ooi K. L., Supriatno, Seow E. M. 2011. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 4-5: 506-515

Šturm M., Kacjan-Maršič N., Zupanc V., Bračič-Železnik B., Lojen S., Pintar M. 2010. Effect of different fertilisation and irrigation practices on yield, nitrogen uptake and fertiliser use efficiency of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Scientia Horticulturae*, 125, 2: 103-109

Šturm M., Lojen S. 2011. Nitrogen isotopic signature of vegetables from the Slovenian market and its suitability as an indicator of organic production. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 47, 2: 214-220

Šturm M., Vreča P., Krajcar Bronić I. 2012. Carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$ and ^{14}C activity) of plant samples in the vicinity of the Slovene nuclear power plant. *Journal of Environmental Radioactivity*, 110, 24-29

Tan Z. Y., Corey K. A. 1990. Technique for improving marketable yield and quality of hydroponically forced Witloof chicory. *HortScience*, 25, 11: 1396-1398

Treutter D. 2010. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding—visions and constraints. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 3: 807-857

Treutter D., Wang D., Farag M. A., Baires G. D. A., Rühmann S., Neumüller M. 2012. Diversity of phenolic profiles in the fruit skin of *Prunus domestica* plums and related species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 48: 12011-12019

Umar S., Iqbal M. 2009. Factors responsible for nitrate accumulation: A review. V: *Sustainable Agriculture*. Netherlands, Springer: 533-549

Van Den Ende W., Moors S., Van Hoenacker G., Van Laere A. 1998. Effect of osmolytes on the fructan pattern in feeder roots produced during forcing of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Plant Physiology*, 153, 3-4: 290-298

Vanstreels E., Lammertyn J., Verlinden B. E., Gillis N., Schenk A., Nicolai B. M. 2002. Red discoloration of chicory under controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 3: 313-322

Vanzani P., Rossetto M., De Marco V., Rigo A., Scarpa M. 2011. Efficiency and capacity of antioxidant rich foods in trapping peroxy radicals: A full evaluation of radical scavenging activity. *Food Research International*, 44, 1: 269-275

Vardavas C., Majchrzak D., Wagner K., Elmadfa I., Kafatos A. 2006. Lipid concentrations of wild edible greens in Crete. *Food Chemistry*, 99, 4: 822-834

Vidrih R., Filip S., Hribar J. 2009. Content of Higher Fatty Acids in Green Vegetables. *Czech Journal of Food Sciences*, 27, Supplement 1: S125-S129

Vinha A. F., Barreira S. V. P., Costa A. S. G., Alves R. C., Oliveira M. B. P. P. 2014. Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. *Food and Chemical Toxicology*, 67: 139-144

Virginia R. A., Delwiche C. C. 1982. Natural ^{15}N abundance of presumed N_2 -fixing and non- N_2 -fixing plants from selected ecosystems. *Oecologia*, 54, 3: 317-325

Wang Q., Cui J. 2011. Perspectives and utilization technologies of chicory (*Chicorium intybus* L.): A review. *African Journal of Biotechnology*, 10, 1966-1977

Williams D. J., Edwards D., Hamernig I., Jian L., James A. P., Johnson S. K., Tapsell L. C. 2013. Vegetables containing phytochemicals with potential anti-obesity properties: A review. *Food Research International*, 52, 1: 323-333

Yun S.-I., Ro H.-M., Choi W.-J., Chang S. X. 2006. Interactive effects of N fertilizer source and timing of fertilization leave specific N isotopic signatures in Chinese cabbage and soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 7: 1682-1689

Zamaniyan M., Panahandeh J., Tabatabaei S. J., Motallebie-Azar A. 2012. Effects of different ratios of K:Ca in nutrient solution on growth, yield and chicon quality of Witloof chicory (*Cichorium intybus* L.). *International Journal of AgriScience*, 2, 12: 1137-1142

Žnidarčič D., Ban D. A., Šircelj H. 2011. Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries. *Food Chemistry*, 129, 3: 1164-1168

Žnidarčič D., Osvald J., Trdan S. 2004. Plant characteristics for distinction of red chicory (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bisch.) cultivars grown in central Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*, 83, 2: 251-260

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem prof. dr. Rajku Vidrihu in doc. dr. Draganu Žnidarčiču, ki sta mi bila zadnja štiri leta več kot le mentor in somentor. Odlično smo se ujeli in dopolnjevali, o dobrem sodelovanju pričajo tudi številni rezultati in pripadajoče publikacije. V mojem življenju sta pustila prevelik pečat, da ne bi tudi v bodoče ostali v stikih. Hvala za vse!

Zahvaljujem se Evropskemu socialnemu skladu (ESS) in Republiki Sloveniji za sofinanciranje podiplomskega šolanja. Prav tako se zahvaljujem Javnemu skladu Republike Slovenije za razvoj kadrov in štipendije, ki je v študijskem letu 2011/2012 sofinanciral petmesečno podiplomsko raziskovalno delo na univerzi v Freisingu.

Hvala članom in predsedniku komisije prof. dr. Janezu Hribarju za oceno in zagovor doktorske disertacije.

Hvala upokojeni tehnični sodelavki Sonji Čerpič ter tehnični sodelavki Zdenki Zupančič za vso pomoč pri analitiki in delu v laboratoriju. Potrebni je bilo nešteto ur, ki so se na koncu le obrestovale.

Hvala dr. Marijanu Nečemru in dr. Nives Ogrinc iz Inštituta Jožefa Stefana za pomoč pri pripravi in analizah mineralne sestave. Prof. dr. Dieterju Treutterju in njegovi strokovni ekipi v Freisingu v Nemčiji, za vso prijaznost in pomoč pri izvedbi analiz na HPLC-ju. Prof. dr. Zlatku Šatoviću in prof. dr. Tomislavu Jemriću ter njunim sodelavcem na Fakulteti za agronomijo v Zagrebu, ter dr. Gvozdeni Dumičiću in ekipi na Inštitutu v Splitu.

Velika zahvala gre vsem sodelavcem Katedre za tehnologije, prehrano in vino za prijetno delovno okolje, vse konstruktivne nasvete in tudi številne zabavne trenutke. Bila je zanimiva in neponovljiva izkušnja.

Hvala tudi tistim prijateljem in kolegom/cam iz študentskega doma, ki niste posebej omenjeni, a ste kakorkoli prispevali k nastanku te disertacije.

Hvala mojima staršema Jožici in Avgustu ter sestri Evi, ta doktorat je tudi vaš. Moja pot bi bila brez vas veliko težja in daljša.

In nenazadnje, hvala mojemu dekletu za vse neprecenljive trenutke, ki jih vsak dan preživima skupaj. Doris, hvala za vso podporo, spodbudo, veliko razumevanja in še več ljubezni!