

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Lovro SINKOVIČ

**VPLIV SKLADIŠČENJA IN SORTE NA VSEBNOST POLIFENOLOV,
ASKORBINSKE KISLINE IN ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL
RADIČA (*Cichorium intybus* L.)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF STORE-HOUSING AND SORT OF CHICORY
PLANTS (*Cichorium intybus* L.) ON THEIR PHENOLIC
COMPOSITION, ASCORBIC ACID COMPOSITION AND
ANTIOXIDATIVE POTENTIAL**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Analize so bile opravljene v laboratoriju Katedre za tehnologije, prehrano in vino Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij univerzitetnega študija živilske tehnologije Biotehniške fakultete je dne 3.2.2010 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Janeza Hribarja, za somentorja prof. dr. Rajka Vidriha in za recenzentko prof. dr. Leo Gašperlin.

Mentor: prof. dr. Janez Hribar

Somentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Lea Gašperlin

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Lovro SINKOVIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 664.8.037: 635.54: 547.56 + 577.16 (043) = 163.6
KG	radič / <i>Chicorium intybus</i> L. / antioksidanti / antioksidacijski potencial / polifenoli / maščobne kisline / vitamini / minerali / DPPH / HPLC / spektrofotometer / transpiracija / skladiščenje
AV	SINKOVIČ, Lovro
SA	HRIBAR, Janez (mentor) / VIDRIH, Rajko (somentor)/ GAŠPERLIN, Lea (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2010
IN	VPLIV SKLADIŠČENJA IN SORTE NA VSEBNOST POLIFENOLOV, ASKORBINSKE KISLINE IN ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL RADIČA (<i>Cichorium intybus</i> L.)
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 72 str., 20 pregl., 10 sl., 37 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V diplomskem delu smo raziskovali vsebnost skupnih polifenolov, askorbinske kisline, maščobnih kislin in antioksidacijski potencial (AOP) v zunanjih in notranjih listih različnih sort radiča. Analizirali smo rdeče sorte Leonardo, Mesola, Trevisio, Verona, pisano sorto Castelfranco, sladkorne sorte Jupiter, Uranus, Mercurius in rdečo glavno sorto, ki smo jo naključno kupili v trgovini. Radiče smo skladiščili v hladilnici pri temperaturi 0,1-0,8 °C in relativni vlažnosti med 90 in 95 %. Sorta in pozicija listov statistično značilno vplivajo na vsebnost polifenolov in AOP, skladiščenje pa značilno vpliva na AOP, ne vpliva pa značilno na vsebnost skupnih polifenolov. Zunanji listi imajo statistično značilno višji AOP in višjo vsebnost skupnih fenolov. Radič vsebuje 100-700 mg/100 g skupnih maščobnih kislin. Največji delež (60 %) predstavlja linolenska kislina, sledijo linolna (30 %), palmitinska (15 %) in oleinska (1,5 %).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 664.8.037: 635.54: 547.56 + 577.16 (043) = 163.6
CX	chicory / <i>Chicorium intybus</i> L. / antioxidants / antioxidative potential / polyphenols / fatty acids / vitamins / minerals / DPPH / HPLC / spectrophotometer / transpiration / storage
AU	SINKOVIČ, Lovro
AA	HRIBAR, Janez (supervisor)/VIDRIH, Rajko (co-advisor)/GAŠPERLIN, Lea (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Food Science and Technology
PY	2010
TI	INFLUENCE OF STORE-HOUSING AND SORT OF CHICORY PLANTS (<i>Cichorium intybus</i> L.) ON THEIR PHENOLIC COMPOSITION, ASCORBIC ACID COMPOSITION AND ANTIOXIDATIVE POTENTIAL
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	XI, 72 p., 20 tab., 10 fig., 37 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	In the thesis, the content of total polyphenols, ascorbic acid, fatty acids and antioxidative potential (AOP) in external and internal leaves of different varieties of chicory was investigated. We analyzed the red varieties Leonardo, Trevisio, Mesola, Verona, stained variety Castelfranco, sweet varieties Jupiter, Uranus, Mercurius and red headed variety which was randomly purchased. Chicories have been stored at a temperature of 0.1-0.8 °C and relative humidity between 90 and 95 %. Variety and leaves influenced significantly the content of total polyphenols and antioxidative potential, while storing influenced the antioxidative potential only. Outer leaves have significantly higher AOP and higher content of total polyphenols. Chicory contains from 100 to 700 mg/100 g total fatty acids. The highest ratio (60 %) is represented by linolenic acid, followed by linolic (30 %), palmitic (15 %) and oleic (1,5 %).

KAZALO

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO	IV
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	VIII
1 UVOD.....	9
1.1 NAMEN RAZISKAVE	10
1.2 DELOVNE HIPOTEZE.....	10
2 PREGLED OBJAV.....	11
2.1 RADIČ	11
2.1.1 Izvor in razdelitev.....	11
2.1.2 Morfološke značilnosti	11
2.1.3 Uporaba.....	12
2.1.4 Zdravilnost in učinki.....	13
2.1.5 Glavnati radič	13
2.1.6 Izbor sort.....	15
2.1.6.1 Sorta Leonardo.....	15
2.1.6.2 Sorta Mesola	16
2.1.6.3 Sorta Jupiter	16
2.1.6.4 Sorta Uranus	17
2.1.6.5 Sorta Mercurius	17
2.1.6.6 Sorta Castelfranco.....	17
2.1.6.7 Sorta Treviso.....	18
2.1.6.8 Sorta Verona	19
2.2 HRANLJIVE SNOVI V RADIČU	19
2.2.1 Voda.....	22
2.2.2 Beljakovine.....	23
2.2.3 Ogljikovi hidrati	23
2.2.3.1 Prehranske vlaknine.....	24
2.2.3.2 Inulin.....	25
2.2.4 Antioksidanti.....	26
2.2.5 Polifenoli.....	28
2.2.6 Vitamini.....	30
2.2.7 Vitamin A (retinol)	30
2.2.8 β -karoten	31
2.2.9 Vitamin C	32
2.2.10 Mineralne snovi.....	32
2.2.11 Maščobne kisline	34
2.2.11.1 Esencialne maščobne kisline	34
2.2.12 Skladiščenje radiča	35

2.2.12.1	Transpiracija (dihanje).....	35
2.2.12.2	Pogoji skladiščenja	36
3	MATERIALI IN METODE.....	38
3.1	MATERIAL	38
3.1.1	Radič	38
3.1.2	Reagenti.....	39
3.2	METODE DELA	39
3.2.1	Priprava vzorcev radiča za nadaljnje meritve.....	39
3.2.2	Določanje skupnih fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju.....	40
3.2.3	Določanje antioksidacijskega potenciala v radiču	42
3.2.4	Določanje vsebnosti višjih maščobnih kislin v radiču	43
3.2.5	Določanje vsebnosti vitamina C s HPLC metodo	45
3.2.6	Statistična analiza.....	47
4	REZULTATI	48
4.1	UMERITVENA KRIVULJA ZA SKUPNE POLIFENOLE S FOLIN- CIOALTEAUJEVIM REAGENTOM	48
4.2	VIRI VARIABILNOSTI ANALIZE AOP IN SKUPNIH POLIFENOLOV	48
4.3	REZULTATI ANALIZE SKUPNIH POLIFENOLOV V RADIČIH	49
4.4	REZULTATI ANALIZE ANTIOKSIDACIJSKEGA POTENCIALA V RADIČIH	56
4.5	ANALIZA VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN V RADIČU	60
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	63
5.1	RAZPRAVA	63
5.2	SKLEPI	66
6	POVZETEK	67
7	VIRI.....	69

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Energijska vrednost in kemijska sestava užitnega dela pisanega radiča sorte Castelfranco (Pimpini in sod., 2002c).....	20
Preglednica 2: Kemijska sestava užitnega dela radiča (<i>Chicorium intybus</i> L.) (Souci in sod., 2008).....	21
Preglednica 3: Energijska vrednost in kemijska sestava užitnega dela radiča sorte Verona in Chioggia (Pimpini in sod., 2002ab).....	22
Preglednica 4: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram, 2000).....	28
Preglednica 5: Maščobne kisline v zelenjavi (Vidrih in sod., 2009; Souci in sod., 2008).....	35
Preglednica 6: Pogoji in čas skladiščenja za nekatere vrtnine (Hribar, 2003).....	36
Preglednica 7: Standardne raztopine galne kisline pri določanju fenolnih spojin.....	41
Preglednica 8: Mase vzorcev, odtehte internega standarda (IS), mase dodanega IS in mase topila (masa heksana in metanola) za določanje vsebnosti maščobnih kislin analiziranih sort radiča.....	44
Preglednica 9: Viri variabilnosti pri analizi skupnih polifenolov in AOP v različnih sortah radiča.....	48
Preglednica 10: Rezultati analize vsebnosti skupnih polifenolov v različnih sortah radičev z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri (mg/100 g).....	50
Preglednica 11: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) v radičih pred in po skladiščenju z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).....	51
Preglednica 12: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) v radičih med notranjimi in zunanji listi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).....	52
Preglednica 13: Razlike v vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) in AOP ($\mu\text{mol/g}$) v vseh sortah radiča v notranjih in zunanjih listih.....	53
Preglednica 14: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radiča z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).....	54
Preglednica 15: Rezultati analize antioksidacijskega potenciala (AOP) v različnih sortah radičev z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri ($\mu\text{mol/g}$).....	56
Preglednica 16: Primerjava AOP ($\mu\text{mol/g}$) pred in po skladiščenju različnih sort radiča, ločeno za notranje in zunanje liste, ocenjena z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).....	57
Preglednica 17: Primerjava AOP ($\mu\text{mol/g}$) med notranjimi in zunanji listi različnih sort radičev pred in po skladiščenju z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).....	58
Preglednica 18: Primerjava antioksidacijskega potenciala (AOP, $\mu\text{mol/g}$) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radičev z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).....	59
Preglednica 19: Vsebnost maščobnih kislin v vzorcih radičev (mg/100 g svežega produkta).....	61
Preglednica 20: Vsebnost maščobnih kislin (ut. %) v vzorcih radičev.....	62

KAZALO SLIK

Slika 1: Izvor radičev italijanske pokrajine Veneto (Pimpini in sod., 2002b).	15
Slika 2: Radič sorte Leonardo (Radicchio, 2008).	16
Slika 3: Radič sorte Pan di zucherro – štrucar (Donna, 2007).	16
Slika 4: Radič sorte Castelfranco (Pimpini in sod., 2002b).	17
Slika 5: Radič sorte Castelfranco (Pimpini in sod., 2002b)	18
Slika 6: Radič sorte Trevisio (Žnidarčič, 2010).	18
Slika 7: Radič sorte Verona (Amore, 2009).	19
Slika 8: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju.	48
Slika 9: Povprečna vsebnost skupnih polifenolov (mg/100 g) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radiča pred in po skladiščenju.	55
Slika 10: Povprečna vrednost AOP ($\mu\text{mol/g}$) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radiča pred in po skladiščenju.	60

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AOP – antioksidacijski potencial

GSH – glutation

HPLC – visokotlačna tekočinska kromatografija

KV – koeficient variabilnosti ali variacije

SD – standardna deviacija ali odklon

SOD – superoksid dismutaza

\bar{x} – aritmetična sredina ali povprečje

1 UVOD

O radiču je v delu *Haturalis Historia* pisal že rimski zgodovinar Plinij. Zapisal je, da so ga prvi vzgajali Egipčani in sicer iz njegove predhodnice divje cikoriije (*Chicorium intybus* L. var. *Silvestre Vis*), razširjene v Evropi, severni Afriki, na Bližnjem vzhodu in v Sibiriji. Kot zdravilno rastlino in za prehrano so ga poznali in cenili že stari Grki in Rimljani.

Je tipična mediteranska kultura, katere domovina so Evropa, zahodna Azija in severna Amerika. Izvor solatnih tipov radiča je Italija, od koder se je pridelovanje razširilo na druga območja. V Sloveniji se kot solatnica goji že več kot sto let in je v zadnjem času vse bolj cenjen. V preteklosti je bilo pridelovanje razširjeno predvsem na Goriškem, na preostalih območjih v Sloveniji se uveljavlja v zadnjih letih (Žnidarčič in sod., 2004).

Radič je sorodnik cikoriije in endivije. Zaradi svojega prijetnega, intenzivnega okusa in dekorativne rdeče bele barve listov je vsestransko uporabna solatnica in zdravilna rastlina. Pridelovanje glavnatega radiča je zanimivo s stališča dodatne oskrbe trga v poletnem, še bolj pa v jesensko-zimskem obdobju. Ker dobro prenaša nizke temperature se pobira pozno jeseni in se konzumira pozimi, od decembra do marca, ko druga listna zelenjava ni na voljo in je povpraševanje po radiču največje. Radič je lahko tista solatnica, ki zapolni vrzeli v času, ko druga zelenjava ne uspeva. Poiskati in posaditi je potrebno le pravo sorto.

Uživanje radiča je zanimivo s prehranskega stališča, saj vsebuje širok spekter polifenolov, ki imajo preventivno vlogo pri preprečevanju kardiovaskularnih bolezni in rakastih obolenj. Vsebnost bioaktivnih komponent je odvisna od sorte, datuma obiranja in skladiščnih pogojev.

V raziskavi smo analizirali vpliv sorte in skladiščenja na vsebnost skupnih polifenolov, antioksidacijski potencial (AOP) in vsebnost maščobnih kislin v različnih sortah radiča, ki je bil pridelan v slovenskem Posavju.

1.1 NAMEN RAZISKAVE

- Ugotoviti vsebnost skupnih polifenolov v različnih sortah radiča.
- Ugotoviti skupni antioksidacijski potencial (AOP).
- Ugotoviti vsebnost maščobnih kislin.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Sorta značilno vpliva na vsebnost skupnih fenolov, antioksidacijski potencial ter vsebnost maščobnih kislin. Med skladiščenjem se bo skupni antioksidacijski potencial (AOP) znižal. Radič vsebuje zdravju pomembne maščobne kisline.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RADIČ

2.1.1 Izvor in razdelitev

Radič, ki je v botaničnem sorodstvu s cikorijo in endivijo, spada v družino radičevk (*Cichoriaceae*). Kot cenjena solatnica izvira iz divje vrste (*Chicorium intybus* var. *silvestre*), poznamo pa več varietet.

Koreninska cikorija (*Chicorium intybus* var. *sativus*) se že dolgo vrsto let uporablja kot krmna rastlina oziroma za pripravo kavnega nadomestka. Belgijski radič ali Witloof so začeli pridelovati v preteklem stoletju v Belgiji. Danes je gojenje tega zelenega radiča za siljenje razširjeno predvsem v zahodno-evropskih državah: Belgija, Nizozemska, Francija in delno Nemčija.

V zadnjem času je vse bolj cenjen solatni tip radiča (*Chicorium intybus* var. *foliosum*) katerega izvor je v Italiji. Gre predvsem za gojenje rdečih in pisanih tipov, katerih začetki gojenja segajo v prejšnje stoletje. S križanji in skrbno odbiro jim je v preteklih letih uspelo vzgojiti glavnote tipe radiča z različno obarvanimi listi (zelene, rumene, rdeče, različno pisane) in z različno oblikovanimi nadzemnimi užitnimi deli (rozete, listi) ter bolj ali manj sklenjenimi glavami (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Radič pridelujemo glede na lastnosti vrst in sort:

- za liste – solatnik,
- za glavice – glavnati radiči,
- za korenike – radiči za siljenje (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

2.1.2 Morfološke značilnosti

Cikorija ima globlji, ampak v gornjem delu vretenast in odebeljen koren, medtem ko ima radič krajši glavni koren, razgrnjen in zelo malo odebeljen.

V vegetativni fazi ima radič skrajšano steblo na katerem se oblikuje rozeta z listi, v generativni fazi pa se iz rozete ali glavice razvije do 1,5 metra visoko razvejano steblo. V začetni fazi rasti so listi ovalni in pokriti z drobnimi dlačicami. Kasneje, odvisno od tipa in sorte, so listi v rozeti sedeče, okrogle ali ovalne oblike z ravnim ali nazobčanim robom. Listi so svetlo zelene do temno zelene barve ali pa rdeče do vijolične, odvisno od tipa in sorte. Nekatere sorte imajo samo rdeče pege na svetlo zelenem listju.

Cvet je samoopraševalen, jezičast, dvospolen, sestavljen v socvetje iz 12-15 cvetov. Je modre ali bele barve. Seme je klinaste oblike, kremne do rjave barve. V 1 g je med 650-880 semen (Parađiković, 2009).

2.1.3 Uporaba

Radič je znan po organskih kislinah in grenčini (intibin), ki dajejo jedi prijeten okus. Bogat je z vitamini in minerali. Za prehrano se uporablja kot sveža solata (solatnik, siljeni in glavnati radič) ali kuhan. V kulinariki je znanih več kot 600 receptov priprave radiča.

Zaradi pestrosti vrst radiča in dobre odpornosti proti nizkim temperaturam lahko uživamo to vrtnino vse leto. Za prehrano uporabljamo rezanega (solatnik), vrtanega (spomladansko spodrezovanje nanovo odgnalih rozet), siljenega (v zimskem obdobju) ali kot glavnati radič. Najbolj je razširjena uporaba presne solate z raznimi dodatki – začimbami. Radič je zelo cenjen kot dodatek številnim drugim jedem (svež, kuhan, v rižotah...). Uporablja se tudi za krašenje raznih jedi (plošč in narezkov). Uživamo lahko vse dele rastline – korene, liste, glavice, stebila in celo cvetove (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Najbolj zdravo je uživanje svežih solat, ki jim po želji dodamo kuhan fižol ali krompir. Sorte poznega treviškega lahko pripravimo na žaru, v pečici s sirom s testeninami in rižotami (Bolčič, 2009).

2.1.4 Zdravilnost in učinki

Radič je v prvi vrsti dragocena vlaknina, hkrati pa tudi prava zakladnica provitamina A, ki je pomemben za vid. Poseben grenak okus mu daje saharid intibin. Čeprav grenčina ne prija vsakemu okusu, se moramo zavedati, da pomaga pri čiščenju telesa. Še zlasti je pomemben v prehrani diabetikov, ker znižuje delež sladkorja v krvi. Uživanje radiča vpliva na boljše splošno počutje in delovanje notranjih organov.

Učinki radiča:

- znižuje količino holesterola in maščobe v krvi,
- znižuje previsok krvni pritisk,
- blaži težave zaradi arterioskleroze in srčnih bolezni,
- pomaga pri hujšanju,
- razstruplja črevesje (v tankem črevesu veže katione težkih kovin, kot so kadmij, svinec in živo srebro),
- uravnana količino vode v telesu,
- spodbuja delovanje jeter in žolčnika,
- krepi vidni živec in
- preprečuje osteoporozo (Žnidarčič, 2010).

Vsebnost učinkovin (grenčin, vitaminov, mineralov...) je odvisna od sorte in načina gojenja. Tako vsebujejo več učinkovin radič v rozetah in solatni tipi, manj pa glavhati (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

2.1.5 Glavnati radič

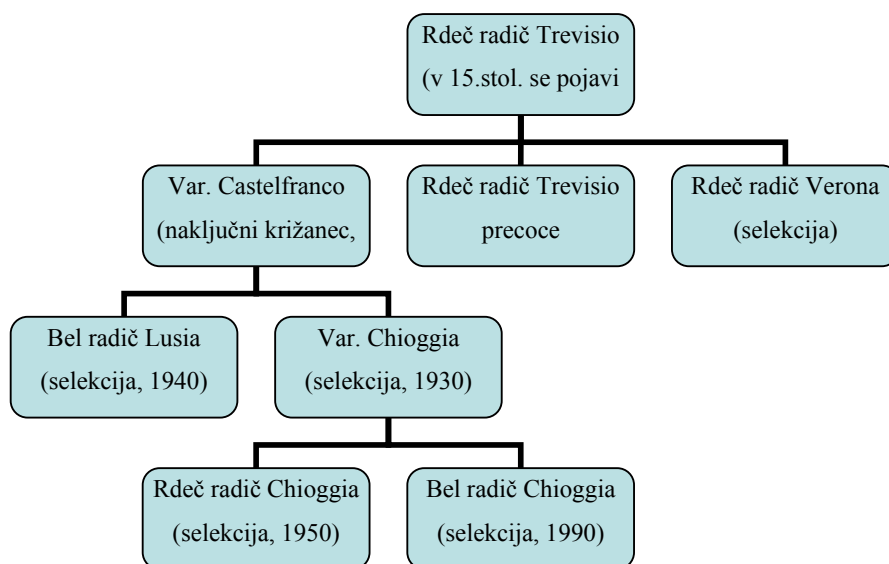
Glavnati radič je nastal z igro narave in z načrtnim delom gojiteljev radiča iz avtohtonih, kultiviranih in divjih vrst. S primernimi kombinacijami naravnega in umetnega križanja so nastale rastline z različno bujnimi, obarvanimi in oblikovanimi listi ter glavice z zeleno-rumeno-belo obarvanimi listi (Pan di zucherro – sladkorni radič, milanski). Zaobljene do rahlo sploščene rdeče obarvane glavice z zelenimi ali rahlo pisanimi listi ima domača sorta

Monivip in tuje sorte Lusiana, Chioggia, Foresto in Palla rossa. Zaobljene do rahlo sploščene rdeče obarvane glavice ima domača sorta Anivip in tuje Mesola, Palla rossa, Dolfina ter Averta. Podolgovate koničaste glavice jeseni razvijejo nove selekcije, vzgojene iz Treviškega.

Čas setve in način gojenja sta odvisna od namena in lastnosti gojenih sort. Običajno glavni radič na manjših površinah sejemo v vrstice. Po vzniku posevka in razvoju 3 do 4 listov posevek razredčimo. Uspešnejše je gojenje sadik s koreninsko grudo. Pazimo, da sadik ne posadimo globlje od globine na setvenici, sicer rastline razvijejo manjše glavice in pozneje kot pri pravilnem sajenju (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Pridelava glavnatega radiča je s stališča dodatne oskrbe trga pomembna predvsem v zadnjih letih. Za poletno pridelovanje izberemo zgodnejše selekcije (kultivarje), ki so odporni proti prehitremu uhajanju v cvet (zgodnejše sorte v tipu Palla rossa). Za pozno jesensko in zimsko gojenje izberemo sortiment, odporen proti nizkim temperaturam in z daljšo rastno dobo.

Med glavnati radič spadajo tudi zeleno-rumeno-beli sladkorni tipi radiča (Pan di zucchero oz. štrucarji), ki zrastejo v visoke podolgovate glave. Nekatere sorte se lahko vzgajajo kot glavni radič ali kot siljeni, odvisno od načina pridelave. Takšni sta sorti Treviški in Verona.



Slika 1: Izvor radičev italijanske pokrajine Veneto (Pimpini in sod., 2002b).

2.1.6 Izbor sort

V raziskavi smo analizirali pogostejše gojene sorte v Sloveniji. V sklopu rdečih glavnatih radičev sorti Leonardo in Mesola. Pri sladkornih radičih sorte Jupiter, Uranus in Mercurius. Pisano sorto Castelfranco ter sorti Treviški in Verona, ki smo ju analizirali kot glavnat radič (ne siljen).

2.1.6.1 Sorta Leonardo

Namenjena predvsem jesenski pridelavi. Naredi velike glavice, ki so dobro zaprte, izenačene in lepe temno rdeče barve. Rastna doba je približno 81 dni po presajanju, odvisno od vremenski razmer. Pobiranje lahko traja daljše časovno obdobje, priporoča se tudi kot sorta za krajše skladiščenje.



Slika 2: Radič sorte Leonardo (Radicchio, 2008).

2.1.6.2 Sorta Mesola

Pozna sorta rdečega glavnatega radiča, ki oblikuje velike okrogle glave temno rdeče barve. Rastna doba je dolga, kar je povezano s primernostjo za skladiščenje.

2.1.6.3 Sorta Jupiter

Srednje zgodna sorta sladkornega radiča, ki ima razmeroma izenačene valjaste glavice z lepimi zunanji listi. Rastna doba je približno 80 dni. Višina rastline je približno 30-35 cm.



Slika 3: Radič sorte Pan di zucchero – štrucar (Original Touch, 2008).

2.1.6.4 Sorta Uranus

Pozna sorta sladkornega radiča za jesensko pridelavo. Rastna doba je približno 95 dni. Glavice so cilindrične oblike temno zelene barve. Višina glavice je okrog 50 cm in so kompaktne ter močne. Je sorta odporna na bolezni in dobro uspeva v slabših pogojih rasti. Prenese tudi prvi jesenski mraz.

2.1.6.5 Sorta Mercurius

Zelo pozna sorta sladkornega radiča za jesensko pridelavo. Rastna doba je dolga, okrog 110 dni. Razvije glave visoke podolgovate kompaktne glave. Je sorta, ki je zelo primerna za skladiščenje.

2.1.6.6 Sorta Castelfranco

Sorta je zanimiva predvsem zaradi svoje pisane palete barv, ki se oblikujejo po vsej površini listov. Na prvi pogled je podoben solati (gre za križanec med radičem in solato), listi so zeleno-rumeni z rdečimi lisami po celotni površini. Po okusu je nežen in s hrustljivo teksturo.



Slika 4: Radič sorte Castelfranco (Pimpini in sod., 2002b).



Slika 5: Radič sorte Castelfranco (Pimpini in sod., 2002b)

2.1.6.7 Sorta Treviso

Sorta izvira iz italijanske pokrajine Treviso. Ima podolgovate liste, ki so poleti temno zeleni, ko pa pozno jeseni temperature padejo, se ti obarvajo rdeče z močnimi in debelimi belimi rebri. Rastna doba je 90 dni. V kuhinji je vsestransko uporaben, pogosto se ga uporablja v rižotah in juhah.



Slika 6: Radič sorte Trevisio (Žnidarčič, 2010).

2.1.6.8 Sorta Verona

Pozna sorta, ki izvira iz italijanske pokrajine Veneto. Glavice so manjše, podolgovate in z rozetasto zgradbo ter nekoliko milejšim okusom. Rastna doba je približno 85 dni.



Slika 7: Radič sorte Verona (Amore, 2009).

2.2 HRANLJIVE SNOVI V RADIČU

Radič poleg vode vsebuje veliko tako imenovanih varovalnih komponent (vitamini, minerali in prehranske vlaknine), ki zmanjšujejo tveganje za nastanek civilizacijskih bolezni. Ima nizko energijsko vrednost. Med vitamini ima pomembno vlogo vitamin C ali askorbinska kislina, ki sodi med najpomembnejše antioksidante (Rudan Tasič, 2000).

Listi so bogati z β -karotenom (provitaminom A), inulinom, fosforjem, kalijem, železom, kalcijem, magnezijem, cinkom in drugimi mineralnimi snovmi. Vsebuje tudi intibin, ki je pomembna hranilno-fiziološka grenka snov. Nahaja se v belih rebrih listov in daje radiču značilen trpko-grenek okus.

Preglednica 1: Energijska vrednost in kemijska sestava užitnega dela pisanega radiča sorte Castelfranco (Pimpini in sod., 2002c).

Komponente	Vrednosti (v 100 g svežega produkta)
Energijska vrednost	13 kcal
Glavne komponente	
Voda	94 g
Proteini	1,4 g
Lipidi	0,1 g
Ogljikovi hidrati	1,6 g
Vitamini	
Vitamin A	2.860 U.I. = 71,5 mg
Vitamin B1 (tiamin)	0,07 mg
Vitamin B2 (riboflavin)	0,05 mg
Vitamin B3 (niacin, vitamin PP)	0,30 mg
Vitamin C	10 mg
Minerali	
Fosfor	30 mg
Kalcij	36 mg
Železo	0,30 mg
Kalij	180 mg

Preglednica 2: Kemijska sestava užitnega dela radiča (*Chicorium intybus* L.) (Souci in sod., 2008).

Komponente	Vrednosti (v 100 g svežega produkta)
Glavne komponente	
Voda	94,1 g
Proteini	1,22 g
Maščobe	0,18 g
Ogljikovi hidrati	2,44 g
Dietne vlaknine	1,26 g
Vitamini	
β -karoten	3,4 mg
Vitamin B ₁ (tiamin)	58 μ g
Vitamin B ₂ (riboflavin)	36 μ g
Vitamin B ₆	48 μ g
Vitamin C	8,7 mg
Minerali	
Natrij	4 mg
Kalij	198 mg
Magnezij	13 mg
Kalcij	26 mg
Železo	740 μ g
Aminokisliline	
Histidin	20 mg
Lizin	42 mg
Metionin	13 mg
Triptofan	20 mg
Tirozin	33 mg
Maščobne kisline	
(16:0) Palmitinska	29 mg
(18:0) Stearinska	1,5 mg
(18:1) Oleinska	4,5 mg
(18:2) Linolna	73 mg
(18:3) Linolenska	29 mg

Preglednica 3: Energijska vrednost in kemijska sestava užitnega dela radiča sorte Verona in Chioggia (Pimpini in sod., 2002ab)

Komponente	Vrednosti (v 100 g svežega produkta)
Energijska vrednost	23 kcal
Glavne komponente	
Voda	94 g
Proteini	1,01 g
Lipidi	0,49 g
Ogljikovi hidrati	3,44 g
Vitamini	
Vitamin A	3000 U.I. = 75 mg
Vitamin B ₁ (tiamin)	70 mg
Vitamin B ₂ (riboflavin)	120 mg
Vitamin D	1,7 mg
Vitamin C	10 mg
Minerali	
Fosfor	21 mg
Kalcij	79 mg
Železo	1,7 mg
Kalij	180 mg

2.2.1 Voda

Ima pomen pri ohranjanju osmotskega tlaka v celicah in izločanju škodljivih snovi iz telesa. Človeško telo potrebuje za nemoteno delovanje v povprečju 2650 ml na dan. Od tega naj bi jo v obliki pijače zaužili okrog 1440 ml, s hrano jo dobimo 875 ml in 335 ml v presnovnih procesih beljakovin, ogljikovih hidratov in maščob.

Največ vode pri zelenjavi vsebujejo kumare (do 98 %), sledijo solata, radič, cikorijska bučka (do 96 %), zelje, cvetača, kitajsko zelje (Černe in Vrhovnik, 1992).

2.2.2 Beljakovine

Prehranske beljakovine oskrbujejo organizem z aminokislinami in drugimi dušikovimi spojinami, ki so potrebne za izgradnjo telesu lastnih beljakovin in drugih metabolično aktivnih substanc. Pri odraslem človeku obstajajo potrebe po devetih esencialnih aminokislinah: histidinu, izolevcinu, levcinu, lizinu, metioninu, fenilalaninu, treoninu, triptofanu in valinu, ki jih je potrebno vnašati s hrano.

Priporočena vrednost vnosa beljakovin pri uravnoteženi prehrani je 2 g na kg telesne teže na dan. To ustreza povprečnemu dnevnomu vnosu 120 g za ženske in 140 g za moške.

Vrtnine so z beljakovinami razmeroma revne, saj jih vsebujejo le med 0,1 % in 3 % v kapusnicah, solatnicah in korenovkah. Veliko bolj bogate z beljakovinami so stročnice, suha soja jih vsebuje do 55 % suhe snovi.

2.2.3 Ogljikovi hidrati

So spojine ogljika, vodika in kisika. Najsplošnejše poznani ogljikovi hidrati so sladkorji predvsem monosaharidi (glukoza in fruktoza) in disaharidi (saharoza). Sladkorji so vodotopne spojine, sladkega okusa. Monosaharidi se povezujejo v večje disaharidne, trisaharidne, oligosaharidne in polisaharidne molekule. Med polisaharidi so najsplošnejše razširjen škrob, glikogen in celuloza. Škrob je produkt rastlinskega metabolizma (fiziološko neaktivna rezerva sladkorja, pomembna sestavina prehrane ljudi), glikogen (živalski škrob) je rezervna snov v jetrih in mišicah, celuloza pa je glavna sestavina celičnih sten pri rastlinah (Leksikon kemije, 2001).

Polnovredna mešana prehrana naj bi vsebovala omejene količine maščob in veliko ogljikovih hidratov, več kot 50 % energijskih potreb. Nasploh je priporočljivo obilno uživanje ogljikovih hidratov, če so to prvenstveno živila, ki vsebujejo škrob in prehransko vlaknino ter esencialne hranljive snovi in sekundarne rastlinske snovi.

Ogljikovi hidrati se pod vplivom inzulina, tudi pri velikem vnosu, shranjujejo predvsem v obliki glikogena ali pa se oksidirajo. Za preprečevanje glukoneogeneze iz proteinov in za zaviranje lipolize naj bi vsaj 25 % potreb po energiji pokrili v obliki ogljikovih hidratov (Referenčne vrednosti..., 2004).

2.2.3.1 Prehranske vlaknine

Pod pojmom prehranska vlaknina so zbrane sestavine rastlinske hrane, ki jih telesu lastni encimi človeškega želodčno-črevesnega trakta ne razgradijo. Z izjemo lignina gre za neprebavljive ogljikove hidrate, kot so celuloza, hemiceluloza in pektin. Upoštevati je treba tudi škrob, ki ga amilaze razcepijo (rezistentni škrob). Zraven sodijo tudi neprebavljivi oligosaharidi, kot so oligofruktoze ali oligosaharidi iz družine rafinoze (rafinoza, stahioza in verbaskoza v stročnicah) (Referenčne vrednosti..., 2004).

Vsebnost topnih (pektinske substance, β -glukani, gume in rezistentni škrob) in netopnih (celuloza, hemiceluloza, lignin, kutin, suberin in rastlinski voski) prehranskih vlaknin, ki so izključno v sadju, zelenjavi in žitih, ustvarjajo potrebno voluminoznost razredčenost hranil v prebavilih.

S fiziološkega stališča je ena od najpomembnejših lastnosti vlaknine njena topnost in sposobnost za tvorbo viskoznih raztopin. Neškrobni polisaharidi v raztopinah tvorijo tridimenzionalne mreže, v katere se lahko veže precejšnja količina vode. Prehranske vlaknine izpolnjujejo celo vrsto pomembnih, deloma zelo različnih funkcij v prebavnem traktu in vplivajo na presnovo. V črevesu jo deloma razgradijo bakterije v maščobne kisline s kratkimi verigami. Te znižujejo vrednost pH vsebine črevesa in črevesni sluznici služijo kot hranljive snovi. Topne vlaknine tvorijo viskozne raztopine in s tem povečajo

viskoznost črevesne vsebine. Tako je oteženo mešanje črevesne vsebine, prehodnost in z njo učinkovitost delovanja encimov in stopnja difuzije razgrajenih hranil do mesta absorpcije v črevesni steni (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Prehranska vlaknina naj bi zavirala nastanek cele vrste bolezni in funkcijskih motenj. Najpomembnejše so zaprtost, divertikuloza debelega črevesa, raka na debelem črevesu, žolčni kamni, prekomerna telesna masa, povišan holesterol v krvi, sladkorna bolezen in arterioskleroza. Vlaknina je torej funkcionalna sestavina hrane. Kot orientacijska vrednost za vnos prehranske vlaknine velja pri odraslih količina najmanj 30 g na dan (Referenčne vrednosti..., 2004).

2.2.3.2 Inulin

Z inulinom označujemo mešanico heterogenih fruktoznih polimerov, ki so v naravi zelo razširjeni in predstavljajo rezervne ogljikove hidrate v rastlinah. Gre za polidisperzni fruktan, mešanico oligomerov in polimerov fruktoze, s polimerizacijsko stopnjo od 2 do 60.

Je naravna sestavina živil in predmet številnih raziskav v zadnjih letih. Zanimanje zanj sovпада z razmahom funkcionalnih živil. Inulin spada med fiziološko aktivne sestavine (karotenoidi, flavonoidi, indoli, izotiocianati, inulin/oligofruktoza in sestavine z žveplom), ki jim pripisujejo pozitivne zdravstvene učinke, preventivno delovanje pred določenimi boleznimi oziroma ugoden vpliv na počutje. Znanstveno je potrjeno, da ima manjšo energijsko vrednost, igra vlogo prehranskih vlaknin, ugodno vpliva na delovanje črevesja, stimulira rast bifidobakterij, vpliva na večjo absorpcijo kalcija v organizmu in celo upočasnjuje rast nekaterih vrst tumorjev. Živila, ki vsebujejo inulin (večstransko funkcionalno sestavino), so funkcionalna živila (Golob, 2001).

Inulin je vodotopna probiotična prehranska vlaknina, ki ugodno vpliva na črevesno mikrofloro in absorpcijo kalcija (Devacht in sod., 2009).

2.2.4 Antioksidanti

Po definiciji živilskih tehnologov so antioksidanti tiste sestavine živil, ki so lovilci prostih radikalov, tvorijo kelate s kovinskimi ioni ali pa kot reducenti kako drugače preprečujejo ali zmanjšujejo pojav žarkosti in druge oksidativne spremembe senzoričnih in prehranskih lastnosti živil.

Vsi živi sistemi so neprestano izpostavljeni učinkom prostih radikalov. Prosti radikali so visoko reaktivne molekule, ki se tvorijo v biokemijskih reakcijah. Antioksidacijski sistem varuje organizem pred učinki prostih radikalov in ga delimo v več skupin. Primarni antioksidanti nastopajo v organizmu ali jih tvorijo mikroorganizmi, to so predvsem encimi, glutation peroksidaza, superoksid dismutaza (SOD), caeruloplazmin. Njihova vloga je preprečevanje tvorbe prostih radikalov. Sekundarni antioksidanti nevtralizirajo novo tvorjene proste radikale in preprečujejo, da bi vstopali v verižne reakcije in tvorili nove proste radikale. Skupina je zelo obsežna, sem spadajo vitamini C, E, karoten, albuminim, polifenoli, nekateri mikrobnih polisaharidi, nekateri flavoni in flavonoidi. Terciarni antioksidanti so snovi, ki popravljajo poškodbe, ki jih povzročijo prosti radikal v strukturi celice. Z ustreznim uživanjem sekundarnih antioksidantov lahko vzpostavimo ravnotežje in preprečimo nastanek s tem povezanih bolezni (Kovač in Raspor, 2000).

Uživanje sadja in zelenjave je povezano z zmanjšanim rizikom nastanka rakastih tvorb, kardiovaskularnih in cerebrovaskularnih bolezni, vpliva pa tudi na nižji krvni tlak. Glavni zaščitni učinek pripisujejo različnim antioksidantom v sadju in zelenjavi. Antioksidanti nudijo zaščito pred škodljivim vplivom prostih radikalov, ki povzročajo oksidativne spremembe na lipidih, proteinih in nukleinskih kislinah. Premajhna vsebnost antioksidativnih vitaminov v krvni plazmi poveča možnost nastanka omenjenih bolezni. Antioksidativni učinek je predvsem posledica vsebnosti polifenolov, predvsem nekaterih flavonoidov (flavonov, izoflavonov, flavononov, antocianinov, katehina in izokatehina) in v manjši meri vitaminov (Vidrih in Kač, 2000).

Čeprav je antioksidativna zaščita živil pomembna, pa je za zdravje človeka še bolj pomemben antioksidacijski status, ki je odvisen najbolj od stanja endogenega oksidacijskega sistema, pa tudi od eksogenih antioksidantov, ki ta sistem dopolnjujejo.

Endogene komponente antioksidacijskega sistema:

- glutation (GSH), Se-glutation peroksidaza,
- Fe-katalaza,
- NADPH,
- ubikinol (QH₂, reducirani koencim Q₁₀),
- Mn, Cu, Zn-superoksid dismutaza (SOD),
- sečna kislina,
- lipoična kislina,
- hormoni z antioksidativno aktivnostjo (melatonin, estrogen),
- beljakovine, ki vežejo metale (vključno albumin) in tiste, ki vežejo Fe in Cu (transferin in celuroplazmin).

Prehranski in eksogeni antioksidanti:

- tokoferoli in tokotrienoli,
- askorbat (vitamin C),
- vitamin A in karotenoidi (β-karoten, likopen, luteini),
- Se in drugi metalni elementi potrebni za antioksidativne encime,
- fitokemijske spojine z antioksidacijsko aktivnostjo,
- prehranski in drugi suplementi (CoQ₁₀, glutation, lipoična kislina),
- prehranski antioksidanti (BHA, BHT, propil galat).

Navedene spojine so kot antioksidanti aktivne v živilih, antioksidativen učinek pa imajo tudi v organizmu in prispevajo k antioksidacijskem statusu človeka. Ta je dinamično ravnotežje med učinkovitostjo antioksidacijskega sistema in prooksidacijsko obremenitvijo organizma (Papas, 1999).

2.2.5 Polifenoli

Fenolne spojine imenujemo vse tiste spojine, ki imajo najmanj en aromatski obroč in najmanj eno ali več hidroksilnih skupin (-OH) direktno vezanih na aromatski obroč. V naravi so običajne spojine z več hidroksilnimi skupinami in zato se je zanje uveljavilo tudi drugo ime polifenoli (Abram in Simčič, 1997).

Preglednica 4: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram, 2000).

Število C atomov	Osnovni skelet	Skupina
6	C ₆	fenoli
7	C ₆ C ₁	fenolne kisline
8	C ₆ C ₂	fenilacetne kisline
9	C ₆ C ₃	hidroksicimetne kisline fenilpropeni kumarini izokumarini kromoni
10	C ₆ C ₄	naftokinoni
13	C ₆ C ₁ C ₆	ksantoni
14	C ₆ C ₂ C ₆	stilbeni antrakinoni
15	C ₆ C ₃ C ₆	flavonoidi
18	(C ₆ C ₃) ₂	lignani neolignani
30	(C ₆ C ₃ C ₆) ₂	biflavonoidi
n	(C ₆ C ₃) _n	lignini
	(C ₆) _n	melanini
	(C ₆ C ₃ C ₆) _n	kondenzirani tanini

Polifenoli v rastlinskem svetu opravljajo funkcijo pigmentov, koencimov, antimikrobnih agensov in fitoaleksinov (rastlinska obramba pred napadalci). V rastlinah se redko pojavljajo v prosti obliki, največkrat so vezani na sladkorje, amino skupine, lipide ali terpenoide. Pri poimenovanju fenolnih spojin je v literaturi precejšnja zmeda, zato se najbolj priporoča uporaba razdelitve po številu C-atomov v molekuli.

Flavonoidi so strukturno največja in najbolj razširjena skupina polifenolov. V naravi so običajno glikozilirani, kar pomeni, da imajo vezane različne monosaharide (glukoza, galaktoza, arabinoza in ramnoza), ali pa tudi daljše verige na obroč. Največkrat je sladkor vezan na C₃ atom, lahko tudi na C₅ ali C₇. Nesladkorni del molekule imenujemo aglikon (Abram in Simčič, 1997).

Flavonoide ločimo po aglikonu na:

- flavone,
- flavonole,
- katehine,
- flavanone,
- dihidroflavonole,
- flavan-3,4-diole,
- antociadinine,
- izoflavone,
- neoflavone,
- kalkone,
- dihidrokalkone in
- avrone (Jovanovic in sod., 1997).

Polifenole v sadju lahko razdelimo na:

- hidroksibernzojske kisline (kolorogenska, elagična),
- flavani (katehin),
- antocianidini (malvidin),
- dihidrokalkon (floridzin),

- flavononi (naringin),
- flavonoli (kvercetin) in
- resveratrol (Hribar in Vidrih, 2001)

V rastlinah so flavonoidi rdeče, beli in rumeni pigmenti cvetov, sadežev, lubja in korenin. Zaradi svojega grenkega okusa odganjajo parazite in ker lahko absorbirajo UV svetlobo, delujejo kot zaščita rastline pred UV žarki (Jovanovic in sod., 1997).

2.2.6 Vitamini

Vitamini so ena tistih tem, ki se zadnje čase največkrat pojavljajo v okviru zdrave prehrane. V človeškem telesu nastajajo običajno v nezadostnih količinah, zato jih moramo v aktivni obliki ali pa kot provitamine dobiti s hrano. Odrasel človek dnevno poje 600 g hrane dnevno (preračunano na suho snov), od tega je vitaminov manj kot 1 g. Nobeno živilo ne vsebuje vseh potrebnih vitaminov, zato lahko le z raznovrstno prehrano zagotovimo potrebe.

Vsak od danes poznanih 13 vitaminov, ima v metabolizmu specifično in nenadomestljivo vlogo. Od teh so štirje topni v maščobah (vitamini A, D, E in K), ostalih devet pa uvrščamo v skupino vodotopnih vitaminov (vitamin B₁, B₁₂, B₂, B₆, C, biotin, folna kislina in niacin). Biotin je vodotopni vitamin iz skupine B-vitaminov, znan tudi kot vitamin H, vitamin B₈ ali koencim R. Obstaja osem oblik biotina, a v naravi najdemo le eno D-biotin in le ta kaže polno vitaminsko aktivnost. Kot provitamin je pomemben β-karoten oziroma provitamin A.

2.2.7 Vitamin A (retinol)

Vitamin A je bistven za rast, imunski sistem in razvoj celic ter tkiv najrazličnejših vrst. V obliki svojega aktivnega metabolita retinske kisline regulira rast in izgradnjo kože in sluznic ter s tem tudi njihovo delovanje. Poleg tega je aldehid vitamina, retinal, pomemben

za vid. Alkohol vitamina A (retinol), ki predstavlja strogo homeostatično urejeno transportno obliko v krvi, je udeležen pri spermatogenezi.

Prvi znak pri pomanjkanju A je nočna slepota. Klasični znaki izrazitega pomanjkanja so rumenkasto poroženele lise, čemur sledita tvorba razjed na roženici s popolnim uničenjem sprednjega dela očesa in slepota. Skupine s kritično preskrbo so nosečnice, novorojenčki, otroci s pogostimi infekti ter oboleli za ošpicami in stari ljudje.

Potrebe po vitaminu A se pokrivajo s preformiranim vitaminom A iz živil živalskega izvora (jeter) in s provitamini (β -karoten, nekateri karotenoidi in β -apokarotenali), ki jih tvorijo rastline. Kot zgornja meja vnosa za odrasle velja do 3 mg vitamina A na dan (Referenčne vrednosti..., 2004).

2.2.8 β -karoten

Spada v skupino karotenoidov in ima dve bistveni funkciji:

- iz β -karotena (provitamina A) lahko nastane preformiran vitamin A,
- kot antioksidativna snov lahko kot skoraj vsi drugi karotenoidi ščiti pred oksidativnimi okvarami.

V nespremenjeni obliki ga je mogoče zaužiti s hrano in se v različnih tkivih (tanko črevo, jetra in pljuča) pretvori v vitamin A. V črevesni sluznici se okrog 17 % β -karotena preformira v ta vitamin. Poleg drugih barvil se pojavlja skoraj v vseh rastlinskih živilih.

Karotenoidi se kopičijo v krvni plazmi in v maščobnem tkivu, zato je zaščita tem intenzivnejša, čim več jih človek zaužije. β -karoten je označevalec ali vodilna snov za količino zaužite zelenjave. Kot dobri viri veljajo intenzivno obarvane zelene zelenjave (špinača, ohrovt, brokoli, stročji fižol in motovilec). Tudi korenje vsebuje velike količine karotena, vendar so razpoložljive samo pri ustrezni pripravi. Dnevne potrebe po β -karotenu se gibljejo med 2 mg in 4 mg (Referenčne vrednosti..., 2004).

2.2.9 Vitamin C

Med vitamini ima pomembno vlogo v radiču askorbinska kislina ali vitamin C, ki sodi med najpomembnejše antioksidante (Rudan Tasič, 2000). Askorbinska kislina je, poleg tega da preprečuje znane simptome pomanjkanja, tudi eden najpomembnejših lovilcev prostih radikalov. Dnevne potrebe po tem vitaminu se pri odraslem človeku gibljejo med 50 mg in 70 mg. Poznavanje tega vitamina v zelenjadnicah je prav zaradi njegove občutljivosti za kemijsko in encimsko oksidacijo pomemben kazalec kakovosti živila, obenem pa tudi kazalec, ki pove kako svež je produkt (Golob, 2000).

Kemično je askorbinska kislina lakton 2-keto-L-glukonske kisline. Močno izražene kisle lastnosti kažeta enolni hidroksilni skupini, vezani na C-2 in C-3 atomu. Vitamin C je potreben za sintezo nekaterih hormonov, sintezo žolčnih kislin in za transport železa po krvni plazmi do tkiv. Klasični klinični stanji pomanjkanja sta pri dojenčkih Moeller-Barlowova bolezen in pri odraslih skorbut. V glavnem se izražata v obliki motenj tvorbe kosti in rasti (Referenčne vrednosti..., 2004).

2.2.10 Mineralne snovi

Mineralne snovi delimo na makroelemente (natrij, kalij, kalcij, fosfor in magnezij) in mikroelemente (železo, cink, baker, jod, selen ...). Z izrazom makroelementi označujemo anorganske sestavine prehrane, katerih esencialnost je pri človeku dokazana v količinah več kot 50 mg na dan. Z izrazom mikroelementi pa tiste, kjer je esencialnost manj kakor 50 mg na dan.

Od mineralnih snovi so v radiču pomembnejši kalij (182 mg/100 g), magnezij (13 mg/100 g), kalcij, fosfor, cink in železo.

Ca – kalcij je nepogrešljiv za življenjsko sposobnost vsake celice. Ima pomembno funkcijo pri stabiliziranju celičnih membran, intracelularnem posredovanju signalov, prenosu dražljajev v živčnem sistemu, elektromehanični vezavi v mišicah ter pri strjevanju

krvi. Pri vretenčarjih kalcijeve soli stabilizirajo trdne substance (kosti in zobe). Priporočen dnevni vnos je 1000 mg.

Mg – magnezij aktivira številne encime, učinkuje kot kofaktor fosforiliranih nukleotidov, je udeležen pri sintezi nukleinskih kislin in ima pomembno vlogo v okviru mineralizacije kosti in fiziologije membran, pri nevromuskularnem prenosu dražljajev na sinapsah ter kontrakciji mišic. Pomanjkanje tega elementa je povezano z osteoporozo in okvaro srčne zaklopke.

K – kalij skupaj z natrijem in s klorom vzdržuje razporeditev tekočine in pH, pospešuje prenašanje živčnih impulzov in krčenje mišic, uravnava srčni utrip in krvni tlak ter pomaga pri pravilnem delovanju ledvic in adrenalinskih funkcij. Potreben je tudi pri beljakovinski sintezi, presnovi ogljikovih hidratov in izločanju inzulina iz trebušne slinavke. Kalij spreminja krvni sladkor v glikogen, ki ga mišice uporabljajo za energijo, zato pomanjkanje tega minerala povzroči utrujenost in mišično oslabeledost. Kalijevo uravnavanje prenosa hranil skozi celične membrane z leti upada; s tem lahko razložimo del poškodb v krvnem obtoku, malodušnost in splošno šibkost pri starejših ljudeh. Hudo pomanjkanje (hipokalemija) ima lahko za posledico mišične krče, slabost, preobčutljivost, utrujenost, bruhanje, slabe reflekse in težave z zbranostjo, srčno aritmijo in celo srčno odpoved. Pomanjkanje največkrat povzroči velika izguba tekočine (znojenje, driska in uriniranje), ki je lahko povezana z uporabo diuretikov, odvajal, aspirina in drugih zdravil. Hipokalemijo lahko povzroči tudi prehrana, revna s sadjem in zelenjavo ter bogata z natrijem. Priporočen dnevni vnos je me 2 g in 3 g.

P – fosfor je esencialen pri biokemični sintezi in pri funkcijah celic živčevja (predvsem v zvezi z možgani), je sestavni del fosfoproteinov, nukleoproteinov in fosfolipidov. Povprečna potreba za odrasle je 580 mg na dan.

Zn – cink v presnovi izpolnjuje funkcije kot sestavina ali aktivator številnih encimov v presnovi beljakovin, ogljikovih hidratov, maščob in nukleinskih kislin, hormonov in receptorjev ter skladiščenju inzulina in v imunskem sistemu. Priporočen vnos je do 30 mg na dan za odraslega človeka.

Fe – železo je pomembna sestavina številnih aktivnih skupin, ki prenašajo kisik in elektrone, hemoglobin, mioglobin in citokromi). Človeško telo vsebuje 2-4 g železa, od katerih je 60 % vezanih v hemoglobinu, 25 % v feritinu in hemosiderinu in 15 % v mioglobinu in encimih. Rast in nosečnost povečata potrebe po železu.

2.2.11 Maščobne kisline

Maščobne kisline so najpomembnejša komponenta prehranskih maščob in so lahko nasičene, mononenasičene (enkrat nenasičene) ali polinenasičene (večkrat nenasičene). Kemična struktura maščobnih kislin vpliva na fizikalne (tališče) in biokemične lastnosti (koncentracija holesterola v plazmi).

- nasičene maščobne kisline (mravljična, očetna, maslena),
- enkrat nenasičene maščobne kisline: n-9 (oleinska),
- večkrat nenasičene maščobne kisline: n-3 (α -linolenska, eikozapentaenojska, dokozaheksaenojska), n-6 (linolna, arahidonska)

2.2.11.1 Esencialne maščobne kisline

Večkrat nenasičene maščobne kisline s cis konfiguracijo in določeno pozicijo dvojnih vezi so esencialne hranljive snovi, ker jih človeški organizem ne more sintetizirati sam. Poleg n-6 (linolna) maščobnih kislin organizem potrebuje tudi n-3 (α -linolenska) maščobne kisline. Obe sta potrebni za izgradnjo in normalno funkcioniranje celičnih membran in kot predstopnja eikozanoidov, ki imajo pomembno vlogo pri uravnavanju intenzivnosti fizioloških procesov (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Preglednica 5: Maščobne kisline v zelenjavi (Vidrih in sod., 2009; Souci in sod., 2008).

Vir	Vrtnina	Palmitinska	Palmitoleinska	Stearinska	Oleinska	Linolna	Linolenska
		C16:0 (%)*	C16:1 (%)*	C18:0 (%)*	C18:1 (%)*	C18:2 (%)*	C18:3 (%)*
Vidrih in sod., 2009	beluši	25,6	0,7	1,1	4,2	54,3	14
	brokoli	25	1,6	3,8	2,3	16,9	50,2
	solata	16,3	0,9	1,3	1,3	20,2	59,9
	peteršilj	32,1	1	1,7	2,5	44,8	17,9
	rdeče zelje	43,8	0,9	4,1	2,7	19,2	29,2
	kodrasto zelje	23,3	3,2	2,9	1,6	24	44,8
(mg/100 g svežega produkta)							
Souci in sod., 2008	radič	29	/	1,5	4,5	73	29

* izraženo kot g/100 g skupnih maščobnih kislin

2.2.12 Skladiščenje radiča

2.2.12.1 Transpiracija (dihanje)

Sveže rastlinsko tkivo (sadeži, zelenjava) vsebuje med 75 % in 95 % vode. Med shranjevanjem tkivo vodo izgublja. Pri listnati zelenjavi so kritične izgube vode, ki zniža kakovost že med 3 % in 5 %, zato izgube čim bolj preprečujemo. Navadno so izgube vezane tudi s poslabšanjem strukture in izgubo vitamina C.

Ker je notranja atmosfera v tkivu z vlago skoraj zasičena, se ta izgublja predvsem skozi pore in lenticle in to tem bolj, čim manjša je zasičenost okoliškega zraka. Da bi v hladilnicah dosegli 90 % relativno vlažnost, je veliko bolj pomembno, da imajo v celicah montirana hladilna telesa dovolj velike površine (več kot 15 m² na 10 ton sadja).

Različni vlažilci so:

- naprave za mehanično razbijanje kapljic vode,
- večje vlažne površine za izparevanje (vreče, tla),
- uvajanje pare in
- elektronski molekulator (razpršilec).

Radič nima velike intenzitete dihanja, prav tako je nizka produkcija etilena. Izpostavljenost etilenu doprinese k povečanemu temnenju oboda listov in nastanku glivičnih bolezni (Ilić, 2009).

2.2.12.2 Pogoji skladiščenja

Radičem s hlajenjem ohranimo kakovost od 5 do 30 dni pri temperaturi od 0 °C do 4 °C ter visoki relativni vlažnosti (> 95 %), odvisno od sorte. Izmed vzorcev, ki smo jih analizirali sta sorti Mesola (rdeč glavnat radič) in Mercurius primernejši za skladiščenje.

Preglednica 6: Pogoji in čas skladiščenja za nekatere vrtnine (Hribar, 2003).

Vrtnina	Temperatura (°C)	Relativna vlaga (%)	Čas skladiščenja
beluši	0-3	85-90	10-30 dni
brokoli	0	90-95	14-22 dni
cikorja	0	90-98	15-30 dni
endivija	0	90-98	15-30 dni
kumare	7-10	85-90	15-22 dni
ohrovt	-1-0	85-90	4-5 mesecev
radič	-1-0	90-98	30-40 dni
stročji fižol	7-10	85-90	8-10 dni
špinača	0	90-95	10-20 dni

Pri skladiščenju vrtnin je bistvena tudi relativna vlažnost zraka. Pri višji vlažnosti oziroma pri zraku, ki je z vlago bolj zasičen, je izhlapevanje vode iz plodov manjše, zato so manjše

tudi skupne izgube teže. Vendar izhlapevanje ne zmanjšuje le gospodarske vrednosti skladiščenih vrtnin zaradi manjše teže, temveč vpliva na videz in kakovost skladiščenega blaga. Izgube teže do 3 % se še ne poznajo občutno, kjer pa presegajo 5 % teže, se to že močno pozna, plodovi so uveli, zgubani in manj sveži. Pri temperaturah od 0 °C do 5 °C naj bi bila relativna vlažnost zraka med 85 % in 95 %, pri temperaturah do 8 °C pa med 75 % in 85 % (Hribar, 2003).

Optimalni pogoji za skladiščenje radiča so v modificirani atmosferi z 10 % kisika in 10 % ogljikovega dioksida pri temperaturi 5 °C (Vanstreels in sod., 2002).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIAL

3.1.1 Radič

V okviru eksperimentalnega dela smo uporabljali osem različnih sort radičev in eno, ki smo jo naključno kupili v trgovini Mercator. Izmed rdečih glavnatih radičev smo uporabili sorti Leonardo (Bejo Zaden iz Nizozemske) in Mesola (Semenarna Ljubljana), pisano sorto Castelfranco (Semenarna) in sorti Verona ter Trevisio (Semenarna Ljubljana), pri sladkornih radičih (štrucarjih) pa sorte Jupiter, Uranus in Mercurius (vsi iz semenarske hiše Bejo Zaden iz Nizozemske).

Vsi radiči so bili pridelani v Vrhovem (Posavje) ob reki Savi na srednje težkih tleh. Za osnovno obdelavo zemljišča je bil uporabljen dvobrazdni plug, pred tem pa je tam rasla Facelija (zeleno gnojenje). Na podlagi predhodne analize tal smo zemljišče osnovno pognojili s 500 kg/ha kombiniranega gnojila (Multicomb 13-11-20 + mikroelementi). Sadike smo strojno presadili 7. in 10. avgusta 2009 na razdalijo 65 × 33 cm. Za dognojevanje smo uporabili 400 kg/ha mešanice Multi K (12-0-42 + 2 % MgO) in Multi Cal (15,5-0-0 + 19 % Ca) v razmerju 3 : 5. Vremenske razmere med poskusom niso bile najbolj ugodne, saj je bil avgust in začetek septembra hladen in deževen.

Za analize smo uporabili po tri naključno izbrane radiče vsake sorte. Jesensko rdečo glavno sorto Leonardo in sladkorne radiče Jupiter, Uranus ter Mercurius smo pobrali 30. novembra 2009. Ostale sorte Mesola, Castelfranco, Trevisio in Verona pa teden dni kasneje 7. decembra 2009.

Vzorci radiča smo skladiščili v hladilnici pri temperaturi 0,1-0,8 °C in relativni vlažnosti med 90 % in 95 %. Vzorce sorte Mercurius (štrucar), Uranus (štrucar) in Mesola (rdeč glavnat radič) smo vzeli takoj po pobiranju in po šestih tednih skladiščenja. Sorti Leonardo (rdeč glavnat radič) in Jupiter (štrucar) smo vzorčili takoj po pobiranju in po treh tednih skladiščenja. Sorte Castelfranco, Verona in Trevisio smo vzorčili takoj po obiranju in po

14 dneh, saj za daljše skladiščenje niso bili primerni. V Mercatorju v poslovalnici v Rožni dolini v Ljubljani smo 25.1 2010 naključno kupili tri glavice rdečega radiča uvoženega iz Italije (imena sorte nismo našli na deklaraciji) in jih vzorčili isti dan.

3.1.2 Reagenti

Pri delu smo uporabljali analitsko čiste reagente podjetij Serva, Merck, Sigma GmbH. Kemikalije, ki smo jih uporabljali pri posameznih eksperimentih, so navedene v opisu različnih eksperimentalnih metod.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Priprava vzorcev radiča za nadaljnje meritve

Radič je bil pred analizo shranjen pri skladiščni temperaturi. Za eksperimentalno delo smo potrebovali zunanje in notranje liste treh naključnih radičev iste sorte. Vzorce smo shranili v 2 % raztopini metafosforne kisline in v 50 % metanolu.

Priprava 2 % metafosforne kisline: 20 g metafosforne kisline smo raztopili v 1 l vode.

Priprava 50 % metanola: 500 ml metanola smo raztopili v 1000 ml destilirane vode.

Z ostrim nožem smo liste sesekljali in odtehtali 10 g v plastične vial. V vial smo dodali 15 g 2 % raztopine metafosforne kisline oz. 50 % metanola in ga homogenizirali z Ultraturax-om T 25 tri minute (20500 obratov/min). Po homogenizaciji smo vzorce zamrznili in jih hranili pri -20 °C do analiz.

3.2.2 Določanje skupnih fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju

Princip:

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 antocianov, obarvanih antocianov, deleža antocianov v obarvani obliki, skupnih hidroksicimetnih kislin in ekvivalenta kavne kisline (Košmerl in Kač, 2007).

Za določanje koncentracije skupnih fenolnih snovi dodamo v vzorec Folin – Ciocalteujev reagent, ki v alkalni raztopini (dodatek natrijevega karbonata) oksidira fenolne snovi. Reagent Folin-Ciocalteu (F.C.) je vodna raztopina natrijevega volframata (VI), natrijevega molibdata (VI) in litijevega sulfata (VI), slednji prepreči obarjanje F.C. reagenta. Dodatek natrijevega karbonata je potreben za alkalnost reakcijske zmesi. Redukcija volframata (VI) in molibdata (VI) poteče le v prisotnosti fenolatnega aniona. Raztopina, ki vsebuje reducirani volframat (VI) in/ali molibdat (VI), je modro obarvana, medtem ko je raztopina nereducirane oblike rumene barve. Absorbanco reakcijske mešanice izmerimo pri valovni dolžini 765 nm. Masno koncentracijo skupnih fenolnih spojin odčitamo iz umeritvene krivulje in rezultat izrazimo kot mg galne kisline/L. Galno kislino uporabimo kot standardno referenčno spojino za določanje skupnih fenolnih spojin (Košmerl in Kač, 2007).

Reagenti:

- 20 % raztopina Na_2CO_3
- galna kislina: v 100 mL bučki zmešamo 500 mg galne kisline in 10 ml absolutnega alkohola ter dopolnimo do oznake na bučki z $2 \times$ deionizirano vodo.
- Folin-Ciocalteujev reagent (F.C.): zmešamo 150 ml folina (Merck) in 300 ml $2 \times$ deionizirane vode.

Standardne raztopine galne kisline:

Iz osnovne raztopine galne kisline smo pripravili z ustreznim razredčevanjem matične standardne raztopine galne kisline: v 100 ml merilne bučke smo odpipetirali od 0 do 10 ml osnovne raztopine galne kisline, dopolnili do oznake z deionizirano vodo ter premešali.

Iz vsake merilne bučke smo odpipetirali po 1 ml standardne raztopine v 100 ml merilno bučko, dodali približno 60 ml deionizirane vode, raztopino premešali in dodali 5 ml razredčenega Folin-Ciocalteujevega reagenta. Raztopino smo dobro premešali in po 30 sekundah dodali 15 ml 20 % raztopine natrijevega karbonata. Do oznake smo premešali in dopolnili z deionizirano vodo. Raztopino smo pustili stati točno 2 uri pri temperaturi 20 °C. Po tem času smo vsebino merilne bučke še enkrat premešali in s kolorimetrično metodo izmerili absorbanco na spektrofotometru. Vzorec smo prenesli v 10 mm kivete in izmerili absorbanco proti slepemu vzorcu pri valovni dolžini 765 nm.

Preglednica 7: Standardne raztopine galne kisline pri določanju fenolnih spojin.

Oznaka raztopine kisline	vzorca galne	Volumen osnovne raztopine galne kisline (ml)	Končna koncentracija galne kisline v standardni raztopini (mg/l)	1. Absorbanca ($\lambda = 765$ nm)	2. Absorbanca ($\lambda = 765$ nm)
0		0	0 (slepi vzorec)	0	0
1		1	50	0,052	0,056
2		2	100	0,102	0,106
3		3	150	0,151	0,152
4		5	250	0,257	0,254
5		10	500	0,460	0,480

Izvedba:

Zamrznjene vzorce v 2-odstotni metafosforni kislini smo odtalili in centrifugirali pri 4000 obratih 5 minut. Zgornjo fazo smo filtrirali skozi filter (17 mm syr filter CA 0,45 μ m) v vialo (PK 100 1,5 ml ABC vial clear glass W/PATCH 6 mm ID. 11,6 \times 32 mm).

Vzorci zelenih sort (Jupiter, Uranus in Mercurius ter Castelfranco) nismo redčili, ostale rdeče sorte pa smo redčili v razmerju 1:3, kar smo upoštevali kasneje pri izračunu. Odpipetirali smo 1 ml vzorca in dodali 60 ml deionizirane vode. Naprej smo postopali enako kot pri umeritveni krivulji.

3.2.3 Določanje antioksidacijskega potenciala v radiču

Antioksidacijski potencial merimo s pomočjo radikala DPPH, ki adsorbira pri valovni dolžini 517 nm. V reakciji z antioksidantom DPPH razpada, zaradi česar se zmanjša absorbanca. Zmanjševanje absorbanca je proporcionalno vsebnosti antioksidantov v vzorcu radičev.

Reagenti in aparature:

- DPPH: 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil (Sigma, Nemčija),
- metanol (Merck, Nemčija),
- spektrofotometer Hewlett- Packard, model HP-8453, ZDA in
- magnetno mešalo IKA WERKE RCT basic.

DPPH pripravimo vsakič svež: v 100 ml bučko zatehtamo 4 mg DPPH v 20 ml metanola ter premešamo, da se popolnoma raztopi. Dodajamo metanol toliko časa, da je absorbanca raztopine 1.

Analiza vzorcev:

Zamrznjene vzorce v 2-odstotni metafosforni kislini smo odtalili in centrifugirali pri 4000 obratih 5 minut. Zgornjo fazo smo filtrirali skozi filter (17 mm syr filter CA 0,45 µm) v vialo (PK 100 1,5 ml ABC vial clear glass W/PATCH 6 mm ID. 11,6 × 32 mm). Za referenčno vrednost – RF smo v ependorfki zmešali 60 µl metanola in 1,5 ml raztopine DPPH. Vzorce vsake sorte smo analizirali v treh paralelkah. Pri zelenih sladkornih sortah Jupiter, Uranus, Mercurius in sorti Verona smo zmešali 180 µl vzorca z 1,5 ml raztopine DPPH. pri ostalih sortah pa smo zmešali 60 µl vzorca z isto količino DPPH. Pri slepem poskusu smo zmešali 60 µl vzorca in 1,5 ml metanola. Zmesi smo dobro premešali, prelili v kivete ter izmerili absorbanco pri 517 nm po 15 minutah.

Račun:

$\Delta A = RF\text{- vzorec} + \text{slepi poskus}$

$n \text{ (mol)} = \Delta A / \epsilon \times (V \text{ reakcijske zmesi (0,00156)} \times L)$

$\epsilon = 12000 \text{ (l} \times \text{cm)/mol}$

$L = 0,4 \text{ cm}$

$AOP = M_{DPPH} \text{ (nmol/l)} = n \times 1 \times 10^6 \times 10^3 / 60.$

3.2.4 Določanje vsebnosti višjih maščobnih kislin v radiču

Princip:

Maščobno kislinsko sestavo vzorcev smo določili s plinsko kromatografijo. Za to analizo je bilo potrebno predhodno pripraviti metilne estre maščobnih kislin (MEMK). Določili smo jih z metodo in situ transesterifikacije, kjer ni potrebna predhodna ekstrakcija maščob iz vzorca (Park in Goins, 1994).

Interni standard:

Kot interni standard (IS) smo uporabili C₁₇ (heptadekanojsko kislino - 17:0). V vsak vzorec smo natančno zatehtali 100 μ l IS (0,0801 g) in zapisali njegovo maso. Z njim smo določili vsebnost posameznih maščobnih kislin.

Izvedba:

V epruvete z navoji (Hachove epruvete, 10 ml) smo odtehtali 100 μ l raztopine internega standarda in 0,1-0,4 g zrezanega vzorca odtaljenih listov vsake sorte. Dodali smo 300 μ l metilen klorida (CH₂Cl₂) in 3 ml 0,5 M sveže pripravljene raztopine NaOH v metanolu. Epruvete smo tesno zaprli in jih premešali. Dobro premešane vzorce smo segrevali pri 90 °C v vodni kopeli približno 1 uro, da se je ta raztopil, vmes smo jih večkrat premešali. Po segrevanju smo epruvete ohladili. Ohlajeni zmesi smo dodali 3 ml 14 % raztopine BF₃ v metanolu ter ponovno segrevali 10 minut pri 90 °C. Po končanem segrevanju smo epruvete ohladili in dodali 3 ml 10 % raztopine NaCl za povečanje ionske jakosti (lažje ločevanje vodne in heksanske faze) ter 1 ml heksana. Raztopino smo stresali s pomočjo stresalnika Vortexer 1 minuto, da je prišlo do boljše ekstrakcije metilnih estrov maščobnih

kislin iz vodne v nepolaro heksansko fazo. Nato smo vzorce 10 minut centrifugirali pri 4000 obratih. Previdno smo odpipetirali heksansko fazo v 1,5 ml steklene viala in jih zamrznili do analize na plinskem kromatografu.

Preglednica 8: Mase vzorcev, odtehte internega standarda (IS), mase dodanega IS in mase topila (masa heksana in metanola) za določanje vsebnosti maščobnih kislin analiziranih sort radiča

Sorta radiča	Masa vzorca (g)	Masa dodanega IS v vzorce (g)	Masa topila (g)
Leonardo	2,0582	0,0865	4,0309
Jupiter	2,2071	0,0704	4,0309
Uranus	2,8725	0,0577	4,0309
Mercurius	2,0926	0,0513	4,0309
Castelfranco	2,7765	0,0759	4,0309
Verona	2,1459	0,0769	4,0309
Trevisio	1,8362	0,0753	4,0309
Mesola	2,0582	0,0841	4,0309
Mercator	4,3399	0,0761	4,0309

Plinska kromatografija (GC):

Delež MEMK smo določili s plinsko kromatografijo z uporabo plinskega kromatografa Agilent Technologies 6890, s plamensko ionizacijskim detektorjem (FID) in kapilarno kolono HP-88 (100 m × 0,25 mm × 0,2 μm).

Ločevanje in detekcija sta potekala pri naslednjih pogojih:

- temperaturni program: 150 °C/10 min; 2 °C/min do 180 °C, 3 °C/min do 240 °C (0 minut),
- temperatura injektorja: 250 °C,
- temperatura detektorja: 280 °C,

- injektor: split:splitless: 1:30, volumen 0,5 µl,
- nosilni plin: He 2,3 ml/min,
- make-up plin: N₂ 45 ml/min in
- plin skozi detektor: H₂ 40 ml/min, sintetični zrak (21 % O₂) 450 ml/min.

Po končani analizi smo s pomočjo internega standarda iz kromatografskih vrhov izračunali količino posamezne maščobne kisline.

Račun

$$C \text{ (mg/100 g)} = (A_i \times F_{Ai} \times m_{17} \times 100) / (A_{17} \times F_{Ai17} \times m_{vz})$$

C = koncentracija posamezne maščobne kisline (mg/100 g)

A_i = površina vrha posamezne maščobne kisline

F_{Ai} = koeficient posamezne maščobne kisline (molska masa maščobne kisline/molska masa metilnega estra maščobne kisline)

m₁₇ = masa internega standarda (C17:0) (mg)

A₁₇ = površina internega standarda

F_{Ai17} = koeficient internega standarda (molska masa C17:0/molska masa metilnega estra heptadekanojske kisline C17) = 0,9508

m_{vz} = masa vzorca (g)

Koeficienti posamezne maščobne kisline (F_{Ai}): C16:0 = 0,9481, C16:1 = 0,9478, C18:1 = 0,9527, C18:2 = 0,9524, C18:3 = 0,9520.

3.2.5 Določanje vsebnosti vitamina C s HPLC metodo

Princip:

Stabilizacija vitamina C oziroma L-askorbinske kisline z metafosforno kislino ter določitev vsebnosti vitamina C z uporabo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (Plestenjak in Golob, 2000).

Izvedba

Zamrznjene vzorce smo odtalili in centrifugirali pri 4000 obratih 5 minut (Eppendorf centrifuga 5415D). Zgornjo fazo smo filtrirali skozi filter (17 mm syr filter CA 0,45 μm) v vialo (PK 100 1,5 ml ABC vial clear glass W/PATCH 6 mm ID. 11,6 \times 32 mm). Tako pripravljene vzorce smo analizirali s HPLC metodo.

Priprava 2 % metafosforne kisline

V 400 ml čašo smo zatehtali 10 g metafosforne kisline (HPO_3) in dodali deionizirano vodo. Vse smo mešali toliko časa, da so se kristali raztopili. Vsebino smo nato prelili v 500 ml bučko in dopolnili do oznake.

Priprava standarda

V 100 ml bučko smo zatehtali 0,05 g askorbinske kisline L(+) in dodali do oznake 2 % metafosforno lisino.

Kromatografski pogoji:

- gradientna črpalka (Maxi Star, Knauer),
- kolona: Aminex HPX – 87 H, 300 x 7,8 mm; Bio Rad,
- mobilna faza: 0,004 M H_2SO_4 ,
- pretok mobilne faze: 0,6 ml/min,
- volumen iniciranja: 10 μl ,
- detektor: UV-VIS, 245 nm, Knauer.

Po končani kromatografski ločbi dobimo kromatogram. Iz znanih površin kromatografskega vrha askorbinske kisline za standardne raztopine askorbinske kisline, njihovih koncentracij in površin kromatografskih vrhov, ki jih dobimo pri analizi vzorcev, izračunamo koncentracijo vitamina C v vzorcih. Ker so v vzorcih določene snovi motile detekcijo na HPLC aparaturi, nismo dobili relevantnih kromatografskih vrhov in nismo mogli izračunati količine vitamina C v vzorcih.

3.2.6 Statistična analiza

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Tako urejene podatke smo statistično obdelali z računalniškim programom SAS (SAS Software. Version 8.01, 1999) s proceduro GLM (General Linear Models). Izračunali smo parametre opisne statistike: povprečje, minimum, maksimum, standardni odklon ter koeficient variabilnosti.

Aritmetična sredina ali povprečje (\bar{x}) je vsota vseh vrednosti deljena s številom enot v vzorcu in je postavljena tako, da je vsota vseh odklonov enaka nič. Standardni odklon oziroma deviacija (SD) je kvadratni koren iz variance, ki je osnovna mera razpršenosti podatkov okoli aritmetične sredine. Opredeljena je na osnovi vsote kvadriranih odklonov od aritmetične sredine. Koeficient variabilnosti ali variacije (KV) meri kolikšen odstotek aritmetične sredine predstavlja standardni odklon. Koeficient variacije je relativna mera variabilnosti in omogoča medsebojno primerjavo variabilnosti različnih spremenljivk.

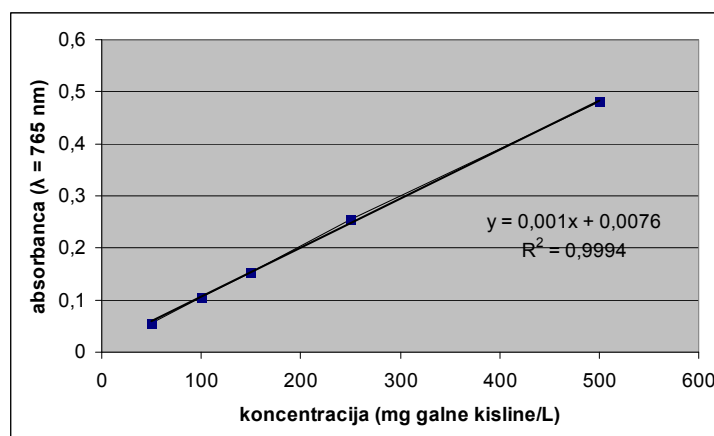
Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncan testa in so primerjane pri 5 % tveganju.

4 REZULTATI

4.1 UMERITVENA KRIVULJA ZA SKUPNE POLIFENOLE S FOLIN-CIOCALTEAUJEVIM REAGENTOM

Fenolne spojine v vzorcih radiča smo določali spektrofotometrično po metodi Singletona in Rossija. Iz podatkov smo narisali umeritveno krivuljo (slika 8). Iz enačbe premice smo izračunali količino skupnih polifenolov izraženo kot mg/100 g.

$$\text{mg}/100\text{g} = (x \cdot m_{\text{vzorca}}) / (1000 / (m_{\text{vzorca}} + m_{\text{metafosforme k}})).$$



Slika 8: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju.

4.2 VIRI VARIABILNOSTI ANALIZE AOP IN SKUPNIH POLIFENOLOV

Preglednica 9: Viri variabilnosti pri analizi skupnih polifenolov in AOP v različnih sortah radiča.

Vir variabilnosti (<i>p</i> vrednost)				
Parameter	Sorta	Listi	Vzorčenje	Sorta × listi × vzorčenje
AOP	<0,0001	<0,0001	<0,0003	<0,0001
Skupni fenoli	<0,0001	<0,0001	0,3203	<0,0001

Kot je razvidno iz preglednice 9 sorta, listi, vzorčenje in interakcija sorta×listi×vzorčenje statistično značilno vplivajo na AOP. Na vsebnost skupnih fenolov statistično značilno vplivajo sorta, listi ter interakcija sorta×listi×vzorčenje, medtem ko vzorčenje ne vpliva.

4.3 REZULTATI ANALIZE SKUPNIH POLIFENOLOV V RADIČIH

Vsebnost skupnih polifenolov smo določali v notranjih in zunanjih listih posamezne sorte v treh paralelkah. Vzorce radičev smo vzeli takoj po pobiranju in jih shranili v 2-odstotni metafosforni kislini. Odvisno od sorte, kako se je ta obnašala pri skladiščenju, smo vzorce vzeli še kasneje. Pri sortah Mercurius, Uranus in Mesola po šestih tednih skladiščenja, pri sortah Leonardo in Jupiter po treh tednih in pri sortah Castelfranco, Verona ter Trevisio po 14 dneh, ker za daljše skladiščenje niso bile primerne.

V preglednici 10 so zbrani rezultati povprečne vsebnosti skupnih polifenolov po sortah v notranjih in zunanjih listih z izračunanimi statističnimi parametri. Sorte radičev vsebujejo od 40 do 250 mg/100 g skupnih fenolov. Že na prvi pogled je razvidno, da temnejše rdeče in pisane sorte vsebujejo več skupnih polifenolov kot zeleno rumeni sladkorni radiči sort Jupiter, Uranus in Mercurius. Koeficienti variabilnosti (KV) niso visoki, kar je pokazatelj homogenosti v vsebnosti skupnih polifenolov. Iztopa le koeficient variabilnosti sorte Mercurius pred in po skladiščenju, 20 % oziroma 12,1 %. Razlog lahko pripišemo izsušitvi listov med skladiščenjem.

Preglednica 10: Rezultati analize vsebnosti skupnih polifenolov v različnih sortah radičev z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri (mg/100 g).

	N	\bar{x}	min	max	SD	KV(%)	N	\bar{x}	min	max	SD	KV(%)
Listi pred skladiščenjem												
Sorta/listi	Notranji						Zunanji					
Leonardo	3	170,7	167,0	175,9	4,64	2,7	3	235,3	231,9	239,8	4,06	1,7
Mesola	3	147,5	136,9	153,9	9,22	6,3	3	171,4	169,2	173,7	2,25	1,3
Mercator	3	253,6	249,2	256,4	3,88	1,5	3	396,1	391,0	401,1	5,05	1,3
Castelfranco	3	183,2	178,9	191,6	7,30	4,0	3	96,9	93,5	100,2	3,35	3,5
Verona	3	242,2	241,8	242,9	0,64	0,3	3	239,4	337,3	242,4	2,05	0,9
Trevisio	3	237,1	229,7	241,9	6,50	2,7	3	276,4	273,4	279,1	2,89	1,0
Jupiter	3	42,5	41,1	43,6	1,28	3,0	3	41,7	39,3	45,7	3,47	8,3
Uranus	3	42,1	38,8	44,7	3,00	7,1	3	33,8	31,8	35,5	1,86	5,5
Mercurius	3	42,3	35,6	52,1	8,68	20,5	3	37,6	34,3	42,8	4,56	12,1
Listi po skladiščenju												
Leonardo	3	143,4	137,6	150,1	6,29	4,4	3	239,2	232,8	250,1	9,46	4,0
Mesola	3	172,4	172,1	173,1	0,58	0,3	3	208,1	200,1	212,1	6,93	3,3
Castelfranco	3	175,5	169,5	181,6	6,05	3,5	3	107,0	104,4	110,5	3,16	3,0
Verona	3	221,1	218,4	223,5	2,56	1,6	3	250,6	245,1	254,3	4,84	1,9
Trevisio	3	229,3	217,2	240,3	11,55	5,1	3	143,7	142,0	145,0	1,53	1,1
Jupiter	3	50,3	49,4	51,7	1,21	2,4	3	38,9	37,5	40,0	1,28	3,3
Uranus	3	59,6	55,2	62,1	3,85	6,5	3	20,1	19,1	20,8	0,91	4,5
Mercurius	3	79,1	74,4	84,2	4,91	6,2	3	39,3	38,6	40,3	0,91	2,3

N - število obravnavanj, \bar{x} - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, SD - standardni odklon, KV (%) - koeficient variabilnosti.

Preglednica 11: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) v radičih pred in po skladiščenju z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).

Skupni polifenoli (mg/100 g)				
Listi	notranji		zunanji	
	pred	po	pred	po
Leonardo	170,7 ± 4,64 ^a	143,4 ± 6,29 ^b	235,3 ± 4,06	239,2 ± 9,46
Mesola	147,5 ± 9,22 ^b	172,4 ± 0,58 ^a	171,4 ± 2,25 ^b	208,1 ± 6,93 ^a
Mercator	253,6 ± 3,88	/	396,1 ± 5,05	/
Castelfranco	183,2 ± 7,30	175,5 ± 6,05	96,9 ± 3,35 ^b	107,0 ± 3,16 ^a
Verona	242,2 ± 0,64 ^a	221,1 ± 2,56 ^b	239,4 ± 2,05 ^b	250,6 ± 4,84 ^a
Trevisio	237,1 ± 6,50	229,3 ± 11,55	276,4 ± 2,89 ^a	143,7 ± 1,53 ^b
Jupiter	42,5 ± 1,28 ^b	50,3 ± 1,21 ^a	41,7 ± 3,47	38,9 ± 1,28
Uranus	42,1 ± 3,00 ^b	59,6 ± 3,85 ^a	33,8 ± 1,86 ^a	20,1 ± 0,91 ^b
Mercurius	42,3 ± 8,68 ^b	79,1 ± 4,91 ^a	37,6 ± 4,56	39,3 ± 0,91

^{a, b} skupini z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujeta ($p \leq 0,05$)

V preglednici 11 so zbrane vsebnosti polifenolov v notranjih in zunanjih listih pred in po skladiščenju. Pri sortah Leonardo in Verona je v notranjih listih pred skladiščenjem statistično značilno več skupnih polifenolov (do 16 %) kot po skladiščenju. Sorta Mesola in vsi sladkorni radiči (Jupiter, Uranus, Mercurius) pa imajo statistično značilno več skupnih polifenolov po skladiščenju kot pred njim. V zunanjih listih je pred skladiščenjem pri sortah Trevisio in Uranus statistično značilno več polifenolov (do 40 %) kot po skladiščenju. Sorte Mesola, Castelfranco in Verona pa imajo v zunanjih listih statistično značilno več polifenolov po skladiščenju kot pred njim, a so razlike majhne (do 18 %). Razlog lahko pripišemo izsušitvi listov med skladiščenjem, saj smo v splošnem pričakovali padeč vrednosti po skladiščenju. Ob upoštevanju vseh sort, je vsebnost skupnih fenolov večja v zunanjih listih, vendar razlike niso statistično značilne (glej preglednica 13).

Več skupnih polifenolov je bilo v notranjih kot zunanjih listih, tako pred kot po skladiščenju, pri rdečih in pisani sorti radiča. V notranjih listih takoj po pobiranju jih je

bilo največ v vzorcu iz Mercatorja (253,6 mg/100 g) in sortah Verona (242,2 mg/100 g) ter Trevisio (237,1 mg/100 g). Sladkorne sorte radičev Jupiter, Uranus in Mercurius so vsebovale precej nižje vrednosti kot ostale sorte, tudi do 6-krat manjše (okrog 42 mg/100 g). Podobno je bilo zunanjih listih takoj po pobiranju, le da je tu v primerjavi z notranjimi listi izrazito izstopala nižja vrednost pri sorti Castelfranco (96,9 mg/100 g) in višja pri sorti Leonardo (235,3 mg/100 g). Pri sortah Castelfranco, Verona in sladkornih sortah (Jupiter, Uranus, Mercurius) je bilo takoj po pobiranju v notranjih listih statistično več polifenolov kot v zunanjih, kar je razvidno iz preglednice 12 (a, b črke v eksponentu).

Preglednica 12: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) v radičih med notranjimi in zunanjimi listi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).

Skupni polifenoli (mg/100 g)				
Skladiščenje	pred		po	
	notranji	zunani	notranji	zunani
Leonardo	170,7 ± 4,64 ^b	235,3 ± 4,06 ^a	143,4 ± 6,29 ^b	239,2 ± 9,46 ^a
Mesola	147,5 ± 9,22 ^b	171,4 ± 2,25 ^a	172,4 ± 0,58 ^b	208,1 ± 6,93 ^a
Mercator	253,6 ± 3,88 ^b	396,1 ± 5,05 ^a	/	/
Castelfranco	183,2 ± 7,30 ^a	96,9 ± 3,35 ^b	175,5 ± 6,05 ^a	107,0 ± 3,16 ^b
Verona	242,2 ± 0,64 ^a	239,4 ± 2,05 ^b	221,1 ± 2,56 ^b	250,6 ± 4,84 ^a
Trevisio	237,1 ± 6,50 ^b	276,4 ± 2,89 ^a	229,3 ± 11,55 ^a	143,7 ± 1,53 ^b
Jupiter	42,5 ± 1,28 ^a	41,7 ± 3,47 ^b	50,3 ± 1,21 ^a	38,9 ± 1,28 ^b
Uranus	42,1 ± 3,00 ^a	33,8 ± 1,86	59,6 ± 3,85 ^a	20,1 ± 0,91 ^b
Mercurius	42,3 ± 8,68 ^a	37,6 ± 4,56 ^b	79,1 ± 4,91 ^a	39,3 ± 0,91 ^b

^{a, b} skupini z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujeta ($p \leq 0,05$)

Po skladiščenju je bila najvišja vrednost v notranjih listih pri sortah Trevisio (229,3 mg/100 g) in Verona (221,1 mg/100 g), sledile pa so Castelfranco (175,5 mg/100 g), Mesola (172,4 mg/100 g) in Leonardo (143,4 mg/100 g). Sladkorne sorte imele najnižje vrednosti (med 50 in 80 mg/100 g). V zunanjih listih po skladiščenju so bile najvišje vrednosti pri sortah Verona (250,6 mg/100 g), Leonardo (239,2 mg/100 g)

in Mesola (208,1 mg/100 g). Sledili sta sorti Trevisio (143,7 mg/100 g) in Castelfranco (107 mg/100 g). Vrednosti v zunanjih listih so bile prav tako najnižje pri sladkornih sortah (med 20 in 40 mg/100 g). Po skladiščenju je bilo v zunanjih listih pri sortah Leonardo, Mesola in Verona statistično značilno več polifenolov. Pri ostalih sortah jih je bilo statistično značilno več v notranjih listih, kar je razvidno iz preglednice 12 (a, b črke v eksponentu).

Preglednica 13: Razlike v vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) in AOP ($\mu\text{mol/g}$) v vseh sortah radiča v notranjih in zunanjih listih.

Parameter	Notranji listi	Zunanji listi
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,570 \pm 0,20 ^a	0,683 \pm 0,16 ^b
Polifenoli (mg/100 g)	146,59 \pm 77 ^a	151,50 \pm 109 ^a

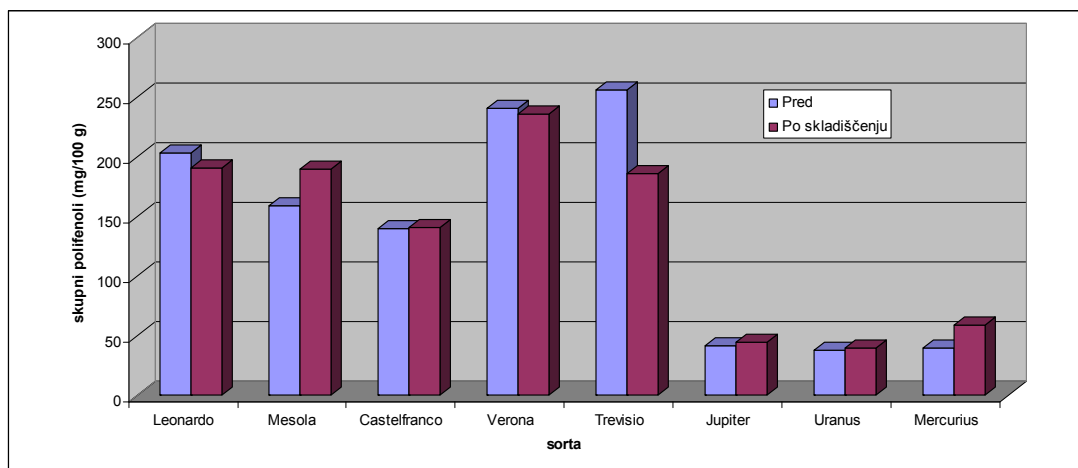
^{a, b} skupini z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujeta ($p \leq 0,05$).

Preglednica 14: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov (mg/100 g) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radiča z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$)

Skladiščenje	Skupni polifenoli (mg/100 g)			
	pred		po	
	notranji	zunanji	notranji	zunanji
Leonardo	170,7 ± 4,64 ^d	143,4 ± 6,29 ^c	235,3 ± 4,06 ^c	239,2 ± 9,46 ^b
Mesola	147,5 ± 9,22 ^c	172,4 ± 0,58 ^b	171,4 ± 2,25 ^d	208,1 ± 6,93 ^c
Mercator	253,6 ± 3,88 ^a	/	396,1 ± 5,05 ^a	/
Castelfranco	183,2 ± 7,30 ^c	175,5 ± 6,05 ^b	96,9 ± 3,35 ^e	107,0 ± 3,16 ^e
Verona	242,2 ± 0,64 ^b	221,1 ± 2,56 ^a	239,4 ± 2,05 ^c	250,6 ± 4,84 ^a
Trevisio	237,1 ± 6,50 ^b	229,3 ± 11,55 ^a	276,4 ± 2,89 ^b	143,7 ± 1,53 ^d
Jupiter	42,5 ± 1,28 ^f	50,3 ± 1,21 ^e	41,7 ± 3,47 ^f	38,9 ± 1,28 ^f
Uranus	42,1 ± 3,00 ^f	59,6 ± 3,85 ^e	33,8 ± 1,86 ^g	20,1 ± 0,91 ^g
Mercurius	42,3 ± 8,68 ^f	79,1 ± 4,91 ^d	37,6 ± 4,56 ^{fg}	39,3 ± 0,91 ^f
p vrednost	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

^{a,b,c,d,e,f,g} skupine z različno črko v indeksu znotraj stolpca se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$).

V preglednici 14 so podane povprečne vrednosti in standardni odklon, vseh preiskovanih sort. Če izvzamemo vzorec iz Mercatorja statistično največ polifenolov vsebujeta sorti Verona (med 220 mg/100 g in 250 mg/100 g) in Trevisio (med 140 mg/100 g in 280 g/100 g). Najnižje vsebnosti, kar 2 do 6-krat nižje, pa so pri sladkornih radičih Jupiter, Uranus in Mercurius (med 20 mg/100 g in 80 mg/100 g).



Slika 9: Povprečna vsebnost skupnih polifenolov (mg/100 g) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radiča pred in po skladiščenju.

Na sliki 9 je razvidno, da vsebnost skupnih polifenolov (povprečje zunanjih in notranjih listov) po skladiščenju pade pri sortah Leonardo, Verona in Trevisio. Pri ostalih sortah je po skladiščenju nekoliko višja kot takoj po pobiranju. Razlog je verjetno izsušitev zunanjih listov teh sort med skladiščenjem.

4.4 REZULTATI ANALIZE ANTIOKSIDACIJSKEGA POTENCIALA V RADIČIH

Preglednica 15: Rezultati analize antioksidacijskega potenciala (AOP) v različnih sortah radičev z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri ($\mu\text{mol/g}$).

	N	\bar{x}	min	max	SD	KV (%)	N	\bar{x}	min	max	SD	KV (%)
Listi pred skladiščenjem												
Sorta	Notranji						Zunanji					
Leonardo	3	0,74	0,68	0,77	0,05	6,7	3	0,85	0,81	0,91	0,05	6,2
Mesola	3	0,71	0,69	0,72	0,02	2,4	3	0,72	0,66	0,75	0,05	7,2
Mercator	3	0,87	0,86	0,89	0,02	2,0	3	0,85	0,84	0,86	0,01	1,4
Castelfranco	3	0,38	0,36	0,40	0,02	5,3	3	0,75	0,62	0,86	0,12	16,2
Verona	3	0,55	0,47	0,69	0,12	22,7	3	0,59	0,49	0,76	0,15	25,2
Trevisio	3	0,73	0,59	0,83	0,13	17,1	3	0,78	0,77	0,80	0,02	2,0
Jupiter	3	0,54	0,39	0,68	0,15	27,0	3	0,59	0,49	0,73	0,13	21,6
Uranus	3	0,47	0,40	0,53	0,07	13,9	3	0,48	0,41	0,53	0,06	12,8
Mercurius	3	0,43	0,31	0,57	0,13	30,1	3	0,36	0,32	0,42	0,05	14,7
Listi po skladiščenju												
Leonardo	3	0,77	0,73	0,79	0,03	4,2	3	0,60	0,53	0,67	0,07	11,7
Mesola	3	0,59	0,57	0,60	0,02	3,6	3	0,80	0,78	0,85	0,04	5,0
Castelfranco	3	0,41	0,37	0,45	0,04	9,8	3	0,68	0,64	0,71	0,04	5,3
Verona	3	0,82	0,79	0,84	0,03	3,1	3	0,84	0,77	0,88	0,06	7,5
Trevisio	3	0,48	0,39	0,56	0,09	17,8	3	0,74	0,68	0,78	0,05	7,0
Jupiter	3	0,75	0,72	0,78	0,03	4,1	3	0,86	0,82	0,89	0,04	4,1
Uranus	3	0,23	0,21	0,26	0,03	3,1	3	0,48	0,37	0,58	0,11	22,0
Mercurius	3	0,24	0,21	0,26	0,03	11,0	3	0,63	0,54	0,72	0,09	14,2

N - število obravnavanj, \bar{x} - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, SD - standardni odklon, KV (%) - koeficient variabilnosti.

V preglednici 15 so prikazane vrednosti antioksidacijskega potenciala (AOP) v različnih sortah radiča z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri. Analizirali smo devet sort radiča enako kot pri skupnih polifenolih. AOP je pri rdečih in pisani sorti višji kot pri zeleno-rumenih sladkornih radičih.

Koeficienti variabilnosti (KV) niso visoki pri vseh sortah, kar je pokazatelj, da v vsebnosti skupnih polifenolov ni pomembnejših odstopanj. Visoki KV so pri sortah Mercurius (30,1 %), Jupiter (27 %), Verona (25,2 %) in Uranus (22 %).

Preglednica 16: Primerjava AOP ($\mu\text{mol/g}$) pred in po skladiščenju različnih sort radiča, ločeno za notranje in zunanje liste, ocenjena z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).

AOP ($\mu\text{mol/g}$)				
Skladiščenje	Notranji		Zunanji	
Sorta/ listi	Pred	Po	Pred	Po
Leonardo	0,74 \pm 0,05	0,77 \pm 0,03	0,85 \pm 0,05 ^a	0,60 \pm 0,07 ^b
Mesola	0,71 \pm 0,02 ^a	0,59 \pm 0,02 ^b	0,72 \pm 0,05	0,80 \pm 0,04
Mercator	0,87 \pm 0,02	/	0,85 \pm 0,01	/
Castelfranco	0,38 \pm 0,02	0,41 \pm 0,04	0,75 \pm 0,12	0,68 \pm 0,04
Verona	0,55 \pm 0,12 ^b	0,82 \pm 0,03 ^a	0,59 \pm 0,15	0,84 \pm 0,06
Trevisio	0,73 \pm 0,13 ^a	0,48 \pm 0,09 ^b	0,78 \pm 0,02	0,74 \pm 0,05
Jupiter	0,54 \pm 0,15	0,75 \pm 0,03	0,59 \pm 0,13 ^b	0,86 \pm 0,04 ^a
Uranus	0,47 \pm 0,07 ^a	0,23 \pm 0,03 ^b	0,48 \pm 0,06	0,48 \pm 0,11
Mercurius	0,43 \pm 0,13	0,24 \pm 0,03	0,36 \pm 0,05 ^b	0,63 \pm 0,09 ^a

^{a,b} skupini z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$)

V preglednici 16 so zbrane vrednosti AOP v notranjih in zunanjih listih pred in po skladiščenju. Pri sortah Mesola, Trevisio in Uranus je v notranjih listih pred skladiščenju statistično značilno višji AOP kot po skladiščenju. Pri sorti Verona pa je po skladiščenju v notranjih listih statistično višji AOP kot pred njim. Pri sorti Leonardo je v zunanjih listih takoj po pobiranju AOP statistično višji kot po skladiščenju. Jupiter in Uranus pa imata v

zunanjih listih statistično višji AOP po skladiščenju kot pred njim. Ob upoštevanju vseh sort, imajo zunanji listi statistično značilno večji AOP v primerjavi z notranjimi listi (glej preglednica 13).

Preglednica 17: Primerjava AOP ($\mu\text{mol/g}$) med notranjimi in zunanji listi različnih sort radičev pred in po skladiščenju z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$).

Skladiščenje	AOP ($\mu\text{mol/g}$)			
	Pred		Po	
Sorta/ listi	Notranji	Zunanji	Notranji	Zunanji
Leonardo	0,74 \pm 0,05	0,85 \pm 0,05	0,77 \pm 0,03 ^a	0,60 \pm 0,07 ^b
Mesola	0,71 \pm 0,02	0,72 \pm 0,05	0,59 \pm 0,02 ^b	0,80 \pm 0,04 ^a
Mercator	0,87 \pm 0,02	0,85 \pm 0,01	/	/
Castelfranco	0,38 \pm 0,02 ^b	0,75 \pm 0,12 ^a	0,41 \pm 0,04 ^b	0,68 \pm 0,04 ^a
Verona	0,55 \pm 0,12	0,59 \pm 0,15	0,82 \pm 0,03	0,84 \pm 0,06
Trevisio	0,73 \pm 0,13	0,78 \pm 0,02	0,48 \pm 0,09 ^b	0,74 \pm 0,05 ^a
Jupiter	0,54 \pm 0,15	0,59 \pm 0,13	0,75 \pm 0,03 ^b	0,86 \pm 0,04 ^a
Uranus	0,47 \pm 0,07	0,48 \pm 0,06	0,23 \pm 0,03 ^b	0,48 \pm 0,11 ^a
Mercurius	0,43 \pm 0,13	0,36 \pm 0,05	0,24 \pm 0,03 ^b	0,63 \pm 0,09 ^a

^{a,b} skupini z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$)

V notranjih in zunanjih listih pred in po skladiščenju je bil višji AOP v rdečih sortah, nižji pa v pisani in pri sladkornih radičih. V notranjih listih takoj po pobiranju je bil AOP največji v vzorcu iz Mercatorja (0,87 $\mu\text{mol/g}$) in sortah Leonardo (0,74 $\mu\text{mol/g}$), Trevisio (0,73 $\mu\text{mol/g}$) in Mesola (0,71 $\mu\text{mol/g}$). Z nekoliko nižjo vrednostjo jim sledijo sorte Verona (0,55 $\mu\text{mol/g}$), Jupiter (0,54 $\mu\text{mol/g}$), Uranus (0,47 $\mu\text{mol/g}$) in Mercurius (0,43 $\mu\text{mol/g}$). Sorta Castelfranco (0,38 $\mu\text{mol/g}$) je vsebovala najmanjšo vrednosti AOP, skoraj 2-krat manjšo od najvišje. Podobno je bilo v zunanjih listih takoj po pobiranju, le da je tu izstopala nižja vrednost pri sorti Mercurius (0,36 $\mu\text{mol/g}$) in višja pri sortah Leonardo (0,85 $\mu\text{mol/g}$) ter v vzorcu iz Mercatorja (0,85 $\mu\text{mol/g}$).

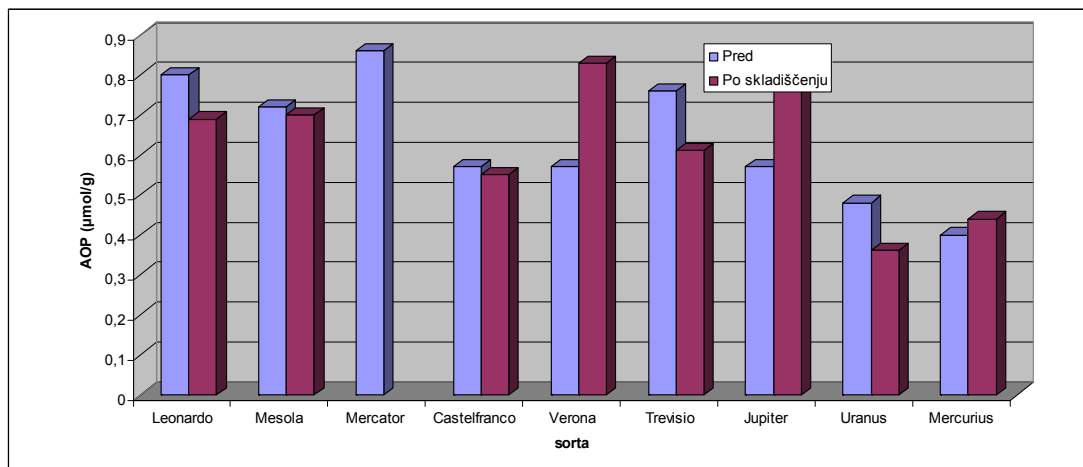
Po skladiščenju je bila najvišja vrednost AOP v notranjih listih pri sortah Verona (0,82 $\mu\text{mol/g}$), Leonardo (0,77 $\mu\text{mol/g}$) in Jupiter (0,75 $\mu\text{mol/g}$). Sledile so sorte Mesola (0,59 $\mu\text{mol/g}$), Trevisio (0,48 $\mu\text{mol/g}$) in Castelfranco (0,41 $\mu\text{mol/g}$). Najnižje vrednosti AOP pa sta imeli sorti sladkornega radiča Mercurius (0,24 $\mu\text{mol/g}$) in Uranus (0,23 $\mu\text{mol/g}$). V zunanjih listih po skladiščenju so bile najvišje vrednosti pri sortah Jupiter (0,86 $\mu\text{mol/g}$), Verona (0,84 $\mu\text{mol/g}$) in Mesola (0,80 $\mu\text{mol/g}$). Sledile so sorte Trevisio (0,74 $\mu\text{mol/g}$), Castelfranco (0,68 $\mu\text{mol/g}$), Mercurius (0,63 $\mu\text{mol/g}$) in Leonardo (0,60 $\mu\text{mol/g}$). Najnižja vrednosti v zunanjih listih je bila pri sorti Uranus (0,48 $\mu\text{mol/g}$). Pri sorti Castelfranco je bil pred in po skladiščenju statistično višji AOP v zunanjih (0,75 $\mu\text{mol/g}$) kot notranjih listih (0,38 $\mu\text{mol/g}$). Pri vseh sortah, razen Leonardo in Verona, je v zunanjih listih po skladiščenju statistično višji AOP kot v notranjih, kar je razvidno iz preglednice 17 (a, b črke v eksponentu). Pri sorti Leonardo je po skladiščenju statistično nižji AOP v notranjih kot zunanjih listih.

Preglednica 18: Primerjava antioksidacijskega potenciala (AOP, $\mu\text{mol/g}$) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radičev z Duncanovim testom ($\alpha = 0,5$)

AOP ($\mu\text{mol/g}$)				
Listi	Notranji		Zunanji	
	Pred	Po	Pred	Po
Sorta/ skladiščenje				
Leonardo	0,74 \pm 0,05 ^a	0,77 \pm 0,03 ^a	0,85 \pm 0,05 ^a	0,60 \pm 0,07 ^c
Mesola	0,71 \pm 0,02 ^a	0,59 \pm 0,02 ^b	0,72 \pm 0,05 ^{ab}	0,80 \pm 0,04 ^a
Mercator	0,87 \pm 0,02 ^a	/	0,85 \pm 0,01 ^a	/
Castelfranco	0,38 \pm 0,02 ^b	0,41 \pm 0,04 ^c	0,75 \pm 0,12 ^a	0,68 \pm 0,04 ^{bc}
Verona	0,55 \pm 0,12 ^b	0,82 \pm 0,03 ^a	0,59 \pm 0,15 ^{bc}	0,84 \pm 0,06 ^a
Trevisio	0,73 \pm 0,13 ^a	0,48 \pm 0,09 ^c	0,78 \pm 0,02 ^a	0,74 \pm 0,05 ^{ab}
Jupiter	0,54 \pm 0,15 ^b	0,75 \pm 0,03 ^a	0,59 \pm 0,13 ^{bc}	0,86 \pm 0,04 ^a
Uranus	0,47 \pm 0,07 ^b	0,23 \pm 0,03 ^d	0,48 \pm 0,06 ^{cd}	0,48 \pm 0,11 ^d
Mercurius	0,43 \pm 0,13 ^b	0,24 \pm 0,03 ^d	0,36 \pm 0,05 ^d	0,63 \pm 0,09 ^{bc}
p vrednost	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

^{a,b,c,d} skupine z različno črko v indeksu znotraj stolpca med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$).

V preglednici 18 so podane povprečne vrednosti in standardni odklon, sorte z enako črko v eksponentu znotraj stolpca se med seboj statistično značilno ne razlikujejo. Če izvzamemo vzorec iz Mercatorja statistično najvišji AOP vsebujejo sorte Leonardo (0,6-0,85 $\mu\text{mol/g}$), Mesola (med 0,59-0,80 $\mu\text{mol/g}$) in Trevisio (0,48-0,78 $\mu\text{mol/g}$). Najnižje vrednosti AOP so 2-krat nižje in statistično najnižje pri sortah Uranus in Mercurius (0,23-0,63 $\mu\text{mol/g}$).



Slika 10: Povprečna vrednost AOP ($\mu\text{mol/g}$) v notranjih in zunanjih listih različnih sort radiča pred in po skladiščenju.

Na sliki 9 je lepo vidno, da se AOP (povprečje zunanjih in notranjih listov) zniža po skladiščenju pri vseh sortah, razen pri Veroni in Jupitru, kjer je po skladiščenju nekoliko višja kot takoj po pobiranju.

4.5 ANALIZA VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN V RADIČU

Pri maščobno kislinski analizi smo določali maščobne kisline C16:0 (palmitinska), C16:1 (palmitoleinska), C18:1 (oleinska), C18:2 (linolna, n-6) in C18:3 (linolenska, n-3). Omega-3 (n-3) so esencialne maščobne kisline, ki imajo preventivno vlogo pred srčno žilnimi boleznimi. α -linolenska kislina (C18:3) spada med n-3 in je najpomembnejša med maščobnimi kisljinami v zeleni listni zelenjavi (Vidrih in sod., 2009).

Preglednica 19: Vsebnost maščobnih kislin v vzorcih radičev (mg/100 g svežega produkta).

Sorta/ mašč. kisl.	C 16:0 (mg/100 g)	C 16:1 (mg/100 g)	C 18:1 (mg/100 g)	C 18:2 (mg/100 g)	C 18:3 (mg/100 g)	Skupna vsebnost mašč. kisl. (mg/100 g)
Uranus	35,0	/	3,6	57,2	107,3	203,1
Mercurius	47,2	6,1	4,0	67,7	218,2	343,2
Jupiter	31,7	/	2,6	50,5	93,4	178,2
Castelfranco	72,0	13,6	4,9	161,3	283,7	535,5
Leonardo	22,2	/	2,6	46,2	33,5	104,5
Mesola	36,6	/	4,8	71,3	111,3	224
Verona	77,7	/	7,8	164,3	394,1	693,9
Trevisio	59,5	2,4	6,8	126,2	215,1	410
Mercator	54,3	/	4,7	67,6	157,1	283,7

V preglednici 19 so predstavljene vrednosti posameznih maščobnih kislin radičev. V vzorcih sta bili najbolj zastopani α -linolenska (C18:3) in linolna (C18:2) maščobna kislina. Najvišje vsebnosti α -linolenske (C18:3) so bile pri sortah Verona (394,1 mg/100 g), Castelfranco (283,7 mg/100 g), Mercurius (218,2 mg/100 g) in Trevisio (215,1 mg/100 g). Linolna (C18:2) kislina je najbolj zastopana v sortah Verona (164,3 mg/100 g), Castelfranco (161,3 mg/100 g) in Trevisio (126,2 mg/100 g). Palmitinska (C16:0) maščobna kislina je bila v različnih sortah, zastopana med 20 in 80 mg/100 g.

Vsebnost vseh maščobnih kislin v analiziranih radičih je bila med 100 mg/100 g in 700 mg/100 g. Najvišja je bila v sortah Verona (693,9 mg/100 g), Castelfranco (535,5 mg/100 g) in Trevisio (410 mg/100 g).

Preglednica 20: Vsebnost maščobnih kislin (ut. %) v vzorcih radičev.

Sorta/mašč. ksl.	C 16:0	C 16:1	C 18:1	C 18:2	C 18:3
	(ut. %)	(ut. %)	(ut. %)	(ut. %)	(ut. %)
Uranus	17,3	/	1,8	28,1	52,8
Mercurius	13,8	1,9	1,2	19,7	63,5
Jupiter	17,9	/	1,4	28,3	52,4
Castelfranco	13,5	2,6	0,9	30,1	53,0
Leonardo	21,3	/	2,5	44,2	32,0
Mesola	16,4	/	2,2	31,9	49,6
Verona	12,1	/	1,2	25,5	61,2
Trevisio	14,6	0,6	1,7	30,8	52,5
Mercator	19,2	/	1,7	23,8	55,4

Glede na delež (%) sta najpomembnejši maščobni kislini v radičih α -linolenska (C18:3) in linolna (C18:2), sledi jima palmitinska (C16:0), ostali dve pa predstavljata le nekaj odstotkov skupne vsebnosti maščobnih kislin v različnih sortah radiča.

Iz preglednice 20 lahko razdelimo sorte v naslednje skupine:

- Sorte z visoko vsebnostjo palmitinske maščobne kisline (C16:0) (> 19 %): Leonardo (21,3 %) in Mercator (19,2 %).
- Sorte z visoko vsebnostjo oleinske (C18:1) (>2 %): Leonardo (2,6 %) in Mesola (2,2 %).
- Sorte z visoko vsebnostjo linolne (C18:2) (>30 %): Leonardo (44,2 %), Trevisio (30,8 %) in Castelfranco (30,1 %).
- Sorte z visoko vsebnostjo α -linolenske (C18:3) (>55 %): Mercurius (63,5 %), Verona (61,2 %) in Mercator (55,4 %).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V osmih sortah radiča, štirih rdeče obarvanih (Leonardo, Mesola, Verona in Trevisio), eni pisano obarvani (Castelfranco) in treh zelenih sladkornih sortah (Jupiter, Uranus in Mercurius) smo določali antioksidacijski potencial, vsebnost skupnih polifenolov ter posameznih maščobnih kislin.

Nedavne študije so pokazale, da številni polifenoli in flavonoidi pomembno prispevajo k skupnemu oksidacijskemu potencialu (Conforti in sod., 2009). Skupne polifenole smo določali v notranjih in zunanjih listih posamezne sorte, takoj po pobiranju in po skladiščenju. Vsebnosti so se gibale med 20 mg/100 g in 400 mg/100 g svežega produkta. Rdeče obarvane in pisana sorta so imele povprečno več polifenolov, tako v zunanjih kot notranjih listih (med 100 mg/100 g in 400 mg/100 g). Vse zelene sladkorne sorte radičev so imele nižje vsebnosti, nekatere tudi do 10-krat manjše (med 20 mg/100 g in 80 mg/100 g). Pri sortah Verona in Leonardo je bila v notranjih listih pred skladiščenjem statistično večja vsebnost polifenolov kot v zunanjih. Pri sorti Mesola in sladkornih radičih (Jupiter, Uranus in Mercurius) pa je bilo statistično več polifenolov v notranjih listih po skladiščenju. Pri sortah Mesola, Castelfranco in Verona je bilo v zunanjih listih, več polifenolov po skladiščenju kot pred skladiščenjem. Vsebnosti skupnih polifenolov se lahko med skladiščenjem znižajo. Tako je bilo pri sortah Trevisio in Uranus v zunanjih listih pred skladiščenjem statistično več polifenolov kot po njem. Pri upoštevanju vseh analiziranih sort je bila vsebnost skupnih polifenolov sicer višja v zunanjih listih, vendar razlike niso statistično značilne. Razlog, da je pri nekaterih sortah vsebnost višja po skladiščenju kot pred njim, je lahko v izsušitvi listov med skladiščenjem.

Pričakovana prisotnost skupnih polifenolov v radičih, lahko ob zaužitju 100 g omenjene zelenjave v dnevnem obroku, prispeva do 400 mg polifenolov v človeški prehrani dnevno. Ta količina pomembno prispeva k priporočenemu dnevnemu vnosu polifenolov, ki je okrog 1 g/dan (Rossetto in sod., 2005).

Za določanje AOP je poznanih več metod, ki lahko dajo odvisno od vzorca lahko nekoliko različne rezultate. V naši raziskavi smo AOP določali s pomočjo radikala DPPH. Višji AOP so imele, podobno kot pri analizah polifenolov, rdeče in pisana sorta radičev (med 0,4 $\mu\text{mol/g}$ in 0,85 $\mu\text{mol/g}$), nižji pa zelene sladkorne (med 0,2 $\mu\text{mol/g}$ in 0,6 $\mu\text{mol/g}$). Pri sorti Castelfranco je bil AOP takoj po pobiranju v zunanjih listih statistično višji kot v notranjih listih. Pred skladiščenjem sta imeli najvišje vrednosti AOP sorti Leonardo in Mesola (med 0,6 $\mu\text{mol/g}$ in 0,85 $\mu\text{mol/g}$), najnižje pa sladkorni sorti Uranus in Mercurius (med 0,2 $\mu\text{mol/g}$ in 0,6 $\mu\text{mol/g}$). Po skladiščenju je imela sorta Leonardo statistično višji AOP v notranjih listih, vse ostale sorte, razen Verona, pa so imele statistično nižji AOP. AOP se je pri večini sort med skladiščenjem pričakovano nekoliko znižal zaradi oksidacijskih procesov.

Zelenjava je med skladiščenjem podvržena predvsem oksidaciji askorbinske kisline in polifenolov. Poznana je pozitivna korelacija med izgubo vode iz zelenjave med skladiščenjem in izgubo askorbinske kisline. Omenjena dejstva govorijo v prid skladiščenja zelenjave v skladišču z visoko relativno vlago. Ob upoštevanju vseh sort imajo statistično značilno večji AOP zunanji listi v primerjavi z notranjimi. Statistično najnižje vrednosti AOP so bile pri sortah Mercurius in Uranus, tudi do 4-krat manjše v primerjavi s sortami, ki so imele najvišje vrednosti AOP.

Študije v sadju in zelenjavi so pokazale značilen odnos med vsebnostjo skupnih polifenolov in antioksidacijskim potencialom (AOP), določenim z DPPH radikalom. Polifenoli so poznani kot spojine z visokim AOP, zato je korelacija med vsebnostjo polifenolov in AOP pozitivna in značilna ($r = 0,46^{***}$). Količina antioksidantov v radičih, lahko pomembno prispeva k priporočenemu dnevni vnosu antioksidantov. Tako je radič, ki je relativno poceni, s prehranskega stališča pomembna zelenjava (Rossetto in sod., 2005).

Prehrana bogata s sadjem in zelenjavo znižuje tveganje za kronične bolezni, kot so kardiovaskularne bolezni in rak. S prehranskega stališča so najpomembnejše komponente v zelenjavi antioksidanti (vitamini) in prehranske vlaknine.

Čeprav zelenjava v splošnem vsebuje nizke vrednosti višjih maščobnih kislin (n-6), na drugi strani vsebuje ugodno razmerje n-3/n-6 maščobnih kislin (Vidrih in sod., 2009).

Vsebnosti maščobnih kislin v vzorcih radičev smo določili s plinsko kromatografijo. Analizirali smo vsebnost palmitinske (C16:0), palmitooleinske (C16:1, pri nekaterih sortah), oleinske (18:1), linolne (C18:2) in linolenske (C18:3) maščobne kisline. Koncentracija maščobnih kislin je bila med 100 mg/100 g (sorta Castelfranco) pa vse do 700 mg/100 g (sorta Verona). Pri vseh analiziranih vzorcih, razen sorti Leonardo, je bila najbolj zastopana α -linolenska (C18:3) maščobna kislina (med 100 mg/100 g in 400 mg/100 g). Sotra Leonardo je imela višjo vsebnost linolne maščobne kisline. Sledila je vsebnost linolne (C18:2) maščobne kisline (med 50 mg/100 g in 160 mg/100 g), palmitinske (C16:0) (med 20 mg/100 g in 80 mg/100 g) in na koncu z najnižjo vsebnostjo oleinske maščobne kisline (C18:1) (med 1 mg/100 g in 8 mg/100 g). Palmitoleinska maščobna kislina (C16:1) je bila prisotna le v treh sortah, vrednosti pa so bile majhne (med 1 mg/100 g in 14 mg/100 g). Sorte Verona, Castelfranco, Mercurius in Trevisio so bogate z α -linolensko maščobno kislino, saj je vsebujejo več kot 200 mg/100 g svežega radiča. Veliko linolne kisline vsebujejo sorte Verona, Castelfranco in Trevisio, vse več kot 120 mg/100 g. Sorti Castelfranco in Verona vsebujeta več kot 70 mg/100 g palmitinske kisline. Naši rezultati so nekoliko višji v primerjavi z študijami drugih avtorjev (Souci in sod., 2008).

Sorte Verona, Castelfranco, Mercurius in Trevisio imajo visoko vsebnost α -linolenske maščobne kisline. 100 g ene od teh sort pokrije več kot 10 % dnevne potrebe po tej maščobni kislini. Pri vseh sortah je razmerje med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami zelo ugodno pod 1, le pri sorti Leonardo je višje od 1. V prehrani v razvitih državah je razmerje n-6 in n-3 maščobnih kislin med 10 in 20, priporoča pa se čim manjše razmerje in sicer pod 4 (Vidrih in sod., 2009).

Radič se je pri raziskavi izkazal kot dober vir α -linolenske kisline, prav tako ima primerno razmerje med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami. Čeprav se zdi vsebnost maščobnih kislin v zelenjavi razmeroma nizka, kljub temu predstavlja pomemben prehranski faktor, še posebej pri vegetarijancih.

5.2 SKLEPI

Na podlagi opravljenega dela lahko povzamemo naslednje sklepe:

- temnejše rdeče in pisane sorte vsebujejo več skupnih polifenolov kot sorte zeleno rumenih sladkornih radičev Jupiter, Uranus in Mercurius;
- statistično največ polifenolov vsebujeta sorti Verona (med 220 mg/100 g in 250 mg/100 g) in Trevisio (med 140 mg/100 g in 280 g/100 g);
- najnižje vsebnosti, kar 2 do 6-krat nižje, pa so pri sladkornih radičih Jupiter, Uranus in Mercurius (med 20 mg/100 g in 80 mg/100 g);
- AOP je višji pri rdečih sortah kot pri pisani in zeleno-rumenih;
- statistično najvišji AOP vsebujejo sorte Leonardo (med 0,6-0,85 $\mu\text{mol/g}$), Mesola (med 0,59-0,80 $\mu\text{mol/g}$) in Trevisio (med 0,48-0,78 $\mu\text{mol/g}$);
- najnižje vrednosti AOP so pri sortah Uranus in Mercurius (med 0,23-0,63 $\mu\text{mol/g}$).
- AOP se po skladiščenju pri večini sort zniža;
- v radičih je 100-700 mg skupnih maščobnih kislin v 100 g svežega produkta;
- najvišje vsebnosti α -linolenske (C18:3) so bile pri sortah Verona (394,1 mg/100 g), Castelfranco (283,7 mg/100 g), Mercurius (218,2 mg/100 g) in Trevisio (215,1 mg/100 g);
- linolna (C18:2) kislina je najbolj zastopana v sortah Verona (164,3 mg/100 g), Castelfranco (161,3 mg/100 g) in Trevisio (126,2 mg/100 g).

6 POVZETEK

Radič je s svojim prijetnim, intenzivnim okusom in dekorativno paletno barvo v zadnjih letih nedvomno vsestransko uporabna zelenjadnica. S prehranskega stališča je radič vir nekaterih pomembnih komponent, ki ugodno vplivajo na naše zdravje (vitamini, minerali, antioksidanti in vlaknine). Radič se lahko uporablja tako v poletnem kot v zimskem času, ko je sveže listnate zelenjave na voljo manj in lahko pomembno zapolni potrebe po nekaterih prehranskih komponentah. Vsebuje grenčino imenovano intibin, ki mu daje prijeten grenko trpek okus. Je dragocena vlaknina, hkrati pa tudi zakladnica vitaminov in mineralov. Med vitamini ima pomembno vlogo vitamin C (10 mg/100 g), listi pa so bogati z β -karotenom ali provitaminom A (3,4 mg/100 g) in inulinom, ki je zlasti pomemben v prehrani diabetikov. Med minerali imajo pomembno vlogo kalij (180-200 mg/100 g), kalcij (26-36 mg/100 g), železo, magnezij in fosfor. Ima majhno energijsko vrednost (67 KJ).

V raziskavi smo določali antioksidacijski potencial (AOP), vsebnost skupnih polifenolov ter maščobnokislinski profil. Analizirali smo rdeče sorte radičev Leonardo, Mesola, Trevisio in Verona, pisano sorto Castelfranco in sladkorne sorte Jupiter, Uranus ter Mercurius. Analizirali smo notranje in zunanje liste vsake sorte takoj po pobiranju in po skladiščenju.

Vsebnosti skupnih polifenolov se v različnih sortah gibljejo med 20 mg/100 g in 400 mg/100 g, višje so pri rdečih in pisani sorti (med 100 mg/100 g in 400 mg/100 g). Zelene sladkorne sorte vsebujejo znatno manj skupnih polifenolov (med 20 mg/100 g in 80 mg/100 g). Pri sortah Leonardo in Mesola je bilo v zunanjih listih (med 170 mg/100 g in 400 mg/100 g) več skupnih polifenolov kot v notranjih (med 140 mg/100 g in 250 mg/100 g). Pri sorti Castelfranco je bilo v notranjih listih več polifenolov (okrog 180 mg/100 g) kot v zunanjih (okrog 100 mg/100 g). Sladkorni radiči so imeli takoj po pobiranju majhne razlike med notranjimi in zunanji listi.

AOP je bil pri sladkornih radičih nekoliko nižji kot pri rdečih sortah (med 0,20 $\mu\text{mol/g}$ in 0,85 $\mu\text{mol/g}$). Po skladiščenju se je pri večini sort vrednost znižala. Vrednosti AOP so se v različnih sortah gibale med 0,20 $\mu\text{mol/g}$ in 0,85 $\mu\text{mol/g}$, višje so bile pri rdečih sortah.

Tako pred kot tudi po skladiščenju je bil pri večini sort AOP v zunanjih listih višji kot v notranjih. Izjema je sorta Mercurius in vzorec iz trgovine, ki sta imela pred skladiščenjem nekoliko nižji AOP v zunanjih listih. Sorta Leonardo je imela po skladiščenju v zunanjih listih (0,6 $\mu\text{mol/g}$) nižji AOP kot v notranjih (0,85 $\mu\text{mol/g}$). Zanimivo so bile precejšnje razlike v AOP med zunanjsimi (0,70 $\mu\text{mol/g}$) in notranjsimi listi (0,40 $\mu\text{mol/g}$) pri sorti Castelfranco.

V vzorcih radičev smo dokazali prisotnost sledečih maščobnih kislin: α -linolenske, linolne, palmitinske, oleinske in palmitooleinske. Skupna maščobno kislinska vsebnost v analiziranih radičih se je bila med 100 mg/100 g in 700 mg/100 g, odvisno od sorte. Največ je bilo v vzorcih vseh sort prisotne α -linolenske maščobne kisline (med 30 mg/100 g in 400 mg/100 g), linolne (med 50 mg/100 g in 160 mg/100 g) in palmitinske (med 20 mg/100 g in 80 mg/100 g).

7 VIRI

- Abram V. 2000. Antioksidativno delovanje flavonoidov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 23-25.
- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. Farmaceutski vestnik, 48: 573-589.
- Amore K. 2009. Foodie guide to radicchio. Ispica, Italy magazine online: 1 str. http://www.italymag.co.uk/images/radicchio_verona.jpg (23. jun. 2010).
- Bolčič J. 2009. Rdeč glavnat radič. Latnik, 82: 14-14.
- Conforti F., Sosa S., Marrelli M., Menichini F., Statti G. A., Uzunov D., Tubaro A. 2009. The protective ability of Mediterranean dietary plants against the oxidative damage: The role of radical oxygen species in inflammation and the polyphenol, flavonoid and sterol contents. Food Chemistry, 112, 3: 587-594.
- Černe M., Vrhovnik I. 1992. Vrtnine, vir zdravja in naša hrana. Ljubljana, Kmečki glas: 16-63.
- Devacht S., Lootens P., Roldan-Ruiz I., Carlier L., Baert J., Van Waes J., Van Bockstaele E. 2009. Influence of low temperatures on the growth and photosynthetic activity of industrial chicory, *Cichorium intybus* L. *partim*. Photosynthetica, 47, 3: 372-380.
- Golob T. 2000. Vsebnost vitamina C v zelenjavi v zimskem času. Sodobno kmetijstvo, 33, 11/12: 484-485.
- Golob T. 2001. Živila z inulinom – funkcionalna živila. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 275-285.

- Hammond R. 2008. Radicchio – queen of Italian vegetables. Oregon, Whats cooking America: 1 str.
<http://whatscookingamerica.net/Vegetables/Radicchio2.jpg> (23. jun. 2010).
- Hribar J. 2003. Skladiščenje, zmrzovanje in priprava vrtnin za trg. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 26 str.
- Hribar J., Vidrih R. 2001. Sadje, zelenjava – funkcionalna živila? V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 233-234.
- Jovanovic S.V., Steenken S., Simic M.G. 1997. Antioxidant properties of flavonoids: Reduction potentials and electron transfer reactions of flavonoid radicals. V: Flavonoids in health and disease. Rice-Evans C.A., Packer L. (eds.). New York, Marcel Dekker, Inc.: 137-161.
- Kovač B., Raspor P. 2000. Določanje antioksidativnega potenciala biomase filamentoznih gliv. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 93-100.
- Košmerl T., Kač M. 2007. Osnovne kemijske in senzorične analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. 3. izd., popravljena in dopolnjena. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 106 str.
- Leksikon kemije. 2001. Ljubljana, Mladinska knjiga: 158-159.
- Original Touch. 2008. Chicory – Bianca di milano. Lincolnshire, Original Touch: 1 str.
http://www.originaltouch.co.uk/acatalog/Bianca_di_Milano.html (23. jun. 2010).
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2003. Integrirano pridelovanje zelenjave. Ljubljana, Kmečki glas: 123-130.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1994. Pridelovanje zelenjave na vrtu. Ljubljana, Kmečki glas: 84-86.

- Papas A.M. 1999. Determinants of antioxidant status in humans. V: Antioxidant status, diet, nutrition and health. Papas A.M. (ed.). Boca Raxon, CRC Press: str. 21-26.
- Paradičković N. 2009. Opće i specialno povrčarstvo. Osijek, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera: 430-434.
- Park W.P., Goins E.R. 1994. *In situ* preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acids composition in foods. Journal of Food Science, 59, 6: 1262-1266.
- Pimpini F., Chillemi G., Lazzarin R., Bertolini P., Marchetti C. 2002a. Il radicchio rosso di Chioggia. Aspetti tecnici ed economici di produzione e conservazione. Legnaro, Veneto Agricoltura: 81 str.
- Pimpini F., Chillemi G., Lazzarin R., Bertolini P., Marchetti C., Parrini P., Barcaccia G. 2002b. Il radicchio rosso di Verona. Aspetti tecnici ed economici di produzione e conservazione. Legnaro, Veneto Agricoltura: 96 str.
- Pimpini F., Chillemi G., Lazzarin R., Parrini P., Lucchin M. 2002c. Il radicchio variegato di Castelfranco. Aspetti tecnici ed economici di produzione e conservazione. Legnaro, Veneto Agricoltura: 80 str.
- Plestenjak A., Golob T. 2000. Analiza kakovosti živil. 2. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 102 str.
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 20-131.
- 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.
- Rudan Tasič D. 2000. Vitamin C, vitamin E in koencim Q10. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 40-48.

Salobir K. 2001. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 121-135.

Salobir J., Salobir B. 2001. Funkcionalnost prehranske vlaknine. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 51-65.

Souci S. W., Fachmann W., Kraut H. 2008. Food composition and nutrition tables. 7th rev. and completed ed. Stuttgart, Medpharm Scientific Publishers: 819-820.

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.

Vidrih R., Filip S., Hribar. J. 2009. Content of higher fatty acids in green vegetables. Czech Journal of Food Sciences, 27, Special issue 1: S125-S129.

Vidrih R., Kač M. 2000. Analitika antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 101-114.

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

Žnidarčič D. 2010. Radič uživamo vse leto. Gaia, 16, 151: 12-13.

ZAHVALA

Mentorju prof. dr. Janezu Hribarju se zahvaljujem za strokovno vodstvo in predloge pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se somentorju prof. dr. Rajku Vidrihu za pomoč pri načrtovanju, pripravi in izvedbi poskusov, koordinaciji dela ter pregledu diplomskega dela.

Najlepša hvala tudi tehnični sodelavki na Katedri za tehnologije rastlinskih živil Sonji Čerpič za vso pomoč pri laboratorijskem delu in dr. Tomažu Polaku za delo na HPLC.

Zahvalo dolgujem univ. dipl. inž. Ivici Hočevar za pomoč pri oblikovanju dela in osebju knjižnice Oddelka za živilstvo za pomoč pri iskanju literature.

Vedno so mi z razumevanjem in potrpežljivostjo ob strani stali tudi starši ter sestra, za kar se jim iskreno zahvaljujem.