

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Meta Habjan Dovč

VSEBNOST VITAMINA C IN NITRATA V RADIČU

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

CONTENT OF VITAMIN C AND NITRATE IN CHICORY

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija živilske tehnologije. Analize vsebnosti C vitamina v radiču so bile opravljene na Katedri za tehnologije rastlinskih živil na Oddelku za živilstvo, Biotehniške fakultete. Analize vsebnosti nitrata v radiču so potekale na Katedri za mikrobiologijo na istem oddelku.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je imenovala za mentorja diplomskega dela doc. dr. Marjana Simčiča za somentorja prof. dr. Davida Stoparja in recenzenta doc. dr. Blaža Cigića.

Mentor: doc. dr. Marjan Simčič

Somentor: prof. dr. David Stopar

Recenzent: doc. dr. Blaž Cigić

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Meta Habjan Dovč

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 635.54:543.61(043)= 863
KG radič/cv. Verona/ *Cichorium intybus*/ vitamin C/nitrati/ nitrati v zemlji
AV HABJAN DOVČ, Meta
SA SIMČIČ, Marjan (mentor) / STOPAR, David (somentor) / CIGIĆ, Blaž (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2006
IN VSEBNOST VITAMINA C IN NITRATA V RADIČU
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP VIII, 53 str., 11 pregl., 18 sl., 36 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Raziskovali smo vsebnost suhe snovi, vitamina C (vit. C) in nitrata v vzorcih svežega radiča cv. Verona, selekcije "Cologna". Analizirali smo vsebnosti v različnih delih radiča (kocen, spodnji in zgornji del). Vzorce smo pred pripravo hranili v hladilnici pri $T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzorcem, ki so jih predstavljale glave radiča smo odstranili ovnele liste, jih stekali, razpolovili po dolžini in razrezali na kocen, spodnji in zgornji del. Vsebnost suhe snovi v vzorcih smo določali s klasičnim sušenjem pri $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za analizo vsebnosti vit. C smo vzorcem dodali 2 % metafosforno kislino in jih homogenizirali z napravo Ultraturax T 25. Supernatant smo zamrznili pri $T = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ in naknadno analizirali na HPLC sistemu. Vzorce radiča za analizo vsebnosti nitrata smo homogenizirali in pustili v kopeli pri $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ na stresalniku Tecator 1024 Shaking bath. Vzorce smo ohladili, prefiltrirali in zamrznili pri $T = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nitrate smo reducirali do nitritov in jih določili na aparatu Technicon Autoanalyzer II pri 520 nm. Raziskava je pokazala, da je največja vsebnost suhe snovi v kocenu radiča 18,1 %, najmanjša pa v spodnjem delu 10,9 %. Največja vsebnost vit. C je v zgornjih delih radiča 23,0 mg/100g, in najmanjša v kocenu 15,3 mg/100g. Vsebnost nitrata v radiču je največja v spodnjem delu 149 mg/kg sveže snovi in najmanjša v zgornjem delu 87,2 mg/kg sveže snovi. Ugotovili smo, da je vsebnost vit. C večja v delih vzorca, kjer je vsebnost nitrata manjša.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 635.54:543.61(043)= 863
CX chicory/cv.Verona/ *Cichorium intybus*/vitamin C/nitrates/ nitrates in soil
AU HABJAN DOVČ, Meta
AA SIMČIČ, Marjan (supervisor) / STOPAR, David (co-advisor) / CIGIČ, Blaž (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of food Science and Technology
PY 2006
TI THE CONTENT OF VITAMIN C AND NITRATE IN CHICORY
DT Graduation thesis (University studies)
NO VIII, 53 p., 11 tab., 18 fig., 36 ref.
LA si
AL sl/en
AB Content of dry matter, vitamin C (vit. C) and nitrates in samples of fresh chicory cv. Verona, sel. "Cologna" were determined. Different parts of fresh chicory such as stem, lower and upper leaves were analysed. Before preparation samples were stored at temperature $T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and outer damaged leaves were removed. Samples were cut into halves; we separated stem from lower leaves and lower from upper leaves. Each sample was homogenized and prepared for analysis. Content of dry matter was determined by classical drying method at $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Content of vit. C was determined with HPLC method. Samples of chicory for nitrate analysis were also homogenized and placed on $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ into a warm bath (Tecator 1024 Shaking bath). Nitrates were reduced to nitrites and determined on Tecnon Autoanalyzer II at 520 nm. Content of dry matter was the highest in stem 18,1 % and the lowest in lower leaves 10,9 %. The highest levels of nitrates were found in lower leaves 149 mg/kg fresh matter (fm) and the lowest in upper leaves 87,2 mg/kg fm. Content of vit. C was the lowest in stem 15,3 mg/100g fm and the highest in upper leaves 23,0 mg/100g fm. This research revealed, that in parts of fresh chicory where content of nitrates was higher, the content of vit. C was lower.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	II
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	III
KAZALO VSEBINE.....	IV
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	VIII
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN RAZISKAVE.....	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA.....	1
1.3 IZVEDBA ANALIZ.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 RADIČ.....	2
2.1.1 Ime in izvor.....	2
2.1.2 Uporaba.....	2
2.1.3 Pripisani zdravilni učinek.....	3
2.1.4 Energijska vrednost in kemična sestava.....	4
2.1.4.1 Voda.....	5
2.1.4.2 Beljakovine.....	6
2.1.4.3 Maščobe.....	7
2.1.4.4 Ogljikovi hidrati.....	7
2.1.4.5 Minerali.....	8
2.1.4.6 Vitamini.....	8
2.1.5 Botanična klasifikacija.....	9
2.1.6 Izbor sort.....	10
2.2 VITAMIN C.....	11
2.2.1 Kemijske lastnosti vitamina C.....	11
2.2.2 Biosinteza L- askorbinske kisline.....	13
2.2.3 Občutljivost vitamina C.....	14
2.2.4 Vir in vsebnost vitamina C v živilih.....	14
2.2.5 Funkcije vitamina C.....	15
2.2.6 Uporaba vitamina C.....	15
2.2.7 Priporočena dnevna količina C vitamina.....	16
2.2.8 Pomanjkanje vitamina C in posledice, telesne zaloge vitamina C.....	17
2.3 NITRATI.....	18
2.3.1 Nitrat v prehrani in tveganja z zdravstvenega stališča.....	19
2.3.1.1 Methemoglobinemija.....	19
2.3.1.2 Gastrointestinalna karcinogeneza.....	20
2.3.2 Možni pozitivni učinki nitrata v prehrani.....	21

2.3.2.1	Zaščita pred intestinalnimi patogeni.....	22
2.3.2.2	Preventiva pred infekcijo s <i>Helicobacter pylori</i>	22
2.3.2.3	Preventiva pred oralnimi infekcijami in zobno gnilobo.....	22
2.3.2.4	Antihipertenzijski učinek.....	22
2.3.3	Vloga dušika v prehrani rastlin.....	22
2.3.3.1	Mehanizem sprejema nitratnega iona.....	23
2.3.3.2	Redukcija nitrata.....	24
2.3.3.3	Vplivi na delovanje nitrat reduktaze.....	25
2.3.3.4	Uravnavanje akumulacije nitrata v rastlinah.....	26
3	MATERIALI IN METODE.....	31
3.1	MATERIAL.....	31
3.2	NAČRT DELA.....	31
3.3	METODE DELA.....	32
3.3.1	Določanje suhe snovi v radiču.....	32
3.3.2	Določanje C vitamina v radiču.....	32
3.3.2.1	Priprava vzorca.....	32
3.3.2.2	Priprava standarda.....	33
3.3.2.3	Kromatografski pogoji.....	33
3.3.2.4	Izračun koncentracije askorbinske kisline.....	34
3.3.3	Določanje vsebnosti nitratov v radiču.....	34
3.3.3.1	Priprava vzorca.....	34
3.3.3.2	Princip metode.....	35
3.3.4	Določanje vsebnosti nitratov v zemlji.....	35
3.3.4.1	Priprava vzorca.....	35
4	REZULTATI.....	36
4.1	SUHA SNOV.....	36
4.2	VITAMIN C.....	38
4.3	NITRATI V RADIČU.....	39
4.4	NITRATI V ZEMLJI.....	41
4.5	PRIMERJAVA VSEBNOSTI NITRATA IN VITAMINA C V RADIČU.....	43
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	45
5.1	RAZPRAVA.....	45
5.1.1	Suha snov.....	45
5.1.2	Vitamin C.....	45
5.1.3	Nitrati v radiču.....	46
5.1.4	Povezava med vitaminom C in nitrati v radiču.....	46
5.1.5	Povezava med nitrati v radiču in nitrati v zemlji.....	47
5.2	SKLEPI.....	48
6	POVZETEK.....	49
7	VIRI.....	51
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Energijska vrednost in kemična sestava užitnega dela radiča (Kerin, 1993, Souci in sod., 2000).....	4
Preglednica 2: Nekatera za prehrano pomembna makrohranila v g/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992).....	5
Preglednica 3: Vsebnost aminokislin v radiču v mg/100g (Černe in Vrhovnik, 1992).....	6
Preglednica 4: Nekateri za prehrano pomembni minerali v mg/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992).....	8
Preglednica 5: Nekateri za prehrano pomembni vitamini v mg/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992).....	9
Preglednica 6: Povprečen dnevni vnos nitrata v Veliki Britaniji (Leifert in Golden, 2000)...	19
Preglednica 7: Zveza med vsebnostjo nitrata v zemlji in zelenjavi (Scharpf, 1991).....	28
Preglednica 8: Odstotek suhe snovi v kocenu, spodnjem in zgornjem delu vzorca radiča.....	36
Preglednica 9: Vsebnost vitamina C v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča posameznega vzorca, v mg/100 g sveže mase.....	38
Preglednica 10: Vsebnost nitrata v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča posameznega vzorca, v mg/kg sveže mase.....	39
Preglednica 11: Vsebnost nitrata v zemlji, v mg/kg zemlje.....	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Struktura L - askorbinske kisline (Rudan - Tasič, 2000).....	11
Slika 2: Oksidacija L- askorbinske kisline (Basu in Dickerson, 1996).....	12
Slika 3: Biosinteza L-askorbinske kisline (Goodhart in Shils, 1980).....	13
Slika 4: Splošna formula N- nitrozaminov (Abram, 1994).....	20
Slika 5: Diagram tvorbe nitrozaminov (Scharpf, 1991).....	21
Slika 6: Shematski prikaz transporta in skladiščenja nitrata v zanj prevodnih tkivih rastlin (Scharpf, 1991).....	23
Slika 7: Razporeditev nitrata v korenju (mg NO ₃ / kg sveže snovi).....	24
Slika 8: Faktorji, ki vplivajo na vsebnost nitrata v rastlini (Scharpf, 1991).....	27
Slika 9: Razrez glave radiča.....	31
Slika 10: Shema dela.....	32
Slika 11: Primerjava odstotka suhe snovi v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča.....	36
Slika 12: Primerjava vsebnosti vitamina C v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča, v mg/100g sveže snovi.....	38
Slika 13: Primerjava vsebnosti nitrata (mg/kg sveže mase) v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča.....	40
Slika 14: Vsebnost nitrata v zemlji v mg/kg zemlje.....	41
Slika 15: Primerjava povprečne vsebnosti nitrata(mg/kg sveže mase radiča) v zgornjem in spodnjem delu radiča in vsebnosti nitrata v zemlji (mg/kg).....	42
Slika 16: Vsebnost nitrata (mg/kg) v radiču v odvisnosti od vsebnosti nitrata v zemlji.....	42
Slika 17: Primerjava vsebnosti povprečja spodnjega in zgornjega dela radiča za vitamin C in nitrat.....	43
Slika 18: Vsebnost (mg/100g) vitamina C v odvisnosti od nitrata.....	44

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Cu (II) = Cu ²⁺	Dvovalentni baker
cv.	Kultivar
e ⁻	Elektron
Fe (III) = Fe ³⁺	Trivalentno železo
Fe(II) = Fe ²⁺	Dvovalentno železo
Glava radiča	Vegetativni terminalni brst
H ⁺	Vodikov kation
metHb	Methemoglobin
Min	Minuta
ml	Mililiter
mM	Milimolarna
mmol	Milimoli
MR	Methemoglobin reduktaza
mRNA	Informacijska RNA
NADPH	Nikotinamidadenindinukleotidfosfat- dehidrogenaza
NH ₄ ⁺	Amonijev ion
nm	Nanometer
NO ₂ ⁻	Nitritni ion
NO ₃ ⁻	Nitratni ion
NO ₃ – N	Nitratni dušik
NO ₃ N	Nitratni dušik
NR	Nitrat - reduktaza
OH ⁻	Hidroksidni ion
oxyHb	Oksihemoglobin
RV	Relativna vlaga
SD	Stardandni odklon
X _{povp.}	Povprečna vrednost

UVOD

Stres, telesna neaktivnost, slabe oziroma neredne prehranjevalne navade in poseganje po hitro ali na pol pripravljeni hrani, so posledice današnjega načina življenja. To pa povečuje tveganje obolenosti za tako imenovanimi civilizacijskimi boleznimi, kot so bolezni srca in ožilja, rak, hipertenzija.

Prehranske smernice priporočajo uživanje zelenjave zaradi njene nizke energijske gostote in obilice varovalnih snovi, ki imajo funkcionalne lastnosti. Tehnologija pridelave zelenjave bistveno vpliva na kakovost končnega izdelka.

Na vsebnost nitrata v rastlini med drugim vpliva prehrana rastline, genetski material, razvojna faza, klimatske razmere v katerih rastlina raste, onesnaževanje okolja s kemičnimi snovmi.

Nitrat se v prebavnem sistemu reducira do nitrita, ta lahko vstopa v reakcije z amini in je prekursor karcinogenih nitrozaminov. Zelenjava in sadje vsebujeta relativno visoke vsebnosti vitamina C. Reducenti kot je askorbinska kislina inhibirajo nastanek nitrozaminov.

V raziskavi smo analizirali vsebnost nitratov in vitamina C, suho snov in vsebnost vode v radiču cv. Verona, selekcije Cologna, ki je bil pridelan v slovenskem Primorju.

1.1 NAMEN RAZISKAVE

- Ugotoviti vsebnost suhe snovi v različnih delih svežega radiča (kocenu, spodnjem in zgornjem delu).
- Ugotoviti vsebnost vitamina C.
- Ugotoviti vsebnost nitrata v posameznih delih radiča.
- Ugotoviti korelacijo med vsebnostjo vitamina C in nitrata v posameznih delih radiča.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Zgornji deli radiča imajo več vitamina C in manj nitrata.
Spodnji deli radiča pa imajo manj vitamina C in več nitrata.

1.3 IZVEDBA ANALIZ

Analize vsebnosti C vitamina v radiču smo opravljali na Katedri za tehnologije rastlinskih živil na Oddelku za živilstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.
Analize vsebnosti nitrata v radiču so potekale na Katedri za mikrobiologijo na istem oddelku.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RADIČ

2.1.1 Ime in izvor

Radič (*Cichorium intybus* var. *foliosum* L.) z domačimi imeni ponekod imenujejo potrošnik, jedrih, redič, regrt, regrot, regut. Pri nas ga pridelujejo kot zelenjadnico že več kot sto let.

Radič izvira iz divje vrste radiča in znanih je več različic, kot koreninska cikorija, katere korene so uporabljali za kavni nadomestek, liste pa za krmo. V zadnjem času pa je bolj cenjen solatni tip radiča. Izvor solatnih tipov radiča je Italija od koder se je pridelovanje razširilo na druga področja.

Radič pridelujemo glede na lastnosti vrst in sort:

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

Poznamo več vrst radiča. Najbolj znan pri nas je rdeči radič, ki je naprodaj jeseni, pozimi in zgodaj spomladi. Znane so številne sorte, ki se med seboj razlikujejo po videzu in okusu (Černe in Vrhovnik, 1992).

Radič je dvoletnica. V prvem letu razvije koreniko in listno rozeto oz. glavico, v drugem letu pa cvetno steblo (Osvald, 1980).

2.1.2 Uporaba

Že pred našim štetjem so Egipčani, Rimljani in Grki uporabljali radič za solato, krmo in zdravljenje želodca (Tomažič, 2002).

Odpornost proti nizkim temperaturam in pestrost vrst radiča omogočata, da lahko to vrtnino uživamo čez celo leto.

Za prehrano uporabljamo rezanega (solatnik), "vrtanega" (spodrezovanje spomladi na novo odgnanih rozet), siljenega (v zimskem času) ali kot glavnati radič.

Največkrat se radič pripravlja kot presno solato z raznimi dodatki in začimbami. Lahko je dodatek k različnim jedem (svež, kuhan, dušen v rižotah itn.) ali za krašenje raznih jedi. Užitni so vsi deli rastline (koren, listi, glavice, steblo in celo cvetovi) (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

2.1.3 Pripisani zdravilni učinek

Radič je znan v ljudski medicini kot živilo z zdravilnim učinkom, lajšal naj bi jetrne bolezni, zlatenico, bolezen vranice, pospeševal izločanje žolča, izločanje odvečne sluzi in drugo (Tomažič, 2002).

Zdravilni so listi radiča, tako kot cikorijini, le da vsebujejo listi radiča manj učinkovin. Blažijo bolečine v požiralniku, pri opeklinah, itn. (Černe in Vrhovnik, 1992).

Vsebnost učinkovin je odvisna od sorte in načina gojenja (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Prisotnost antocianov, katerih glavni vir so kultivarji rdečelistnega radiča, ima zdravilno vlogo pri zdravljenju obolelih kapilar, žil dovodnic in določenih očesnih boleznih (Tomažič, 2002).

2.1.4 Energijska vrednost in kemična sestava

Preglednica 1: Energijska vrednost in kemična sestava užitnega dela radiča

Energijska in kemična sestava užitnega dela rdečega radiča	Vrednosti	
	Kerin, 1993	Souci in sod., 2000
100 g	13 kcal ali 50 kJ	16kcal ali 70 kJ
Voda	94,0 %	94,1 %
Energijske sestavine	(g /100 g)	
Beljakovine	1,4	1,27
Ogljikovi hidrati	1,6	2,44
Maščobe	0,1	0,18
Surova vlakna	3,0	1,26
Mineralne sestavine	(mg /100 g)	
Kalcij	36	26
Železo	0,3	0,74
Fosfor	30	26
Natrij	10	4,3
Kalij	182	194
Magnezij	13	13
Mangan	0,30	0,3
Baker	0,14	0,10
Cink	0,19	0,16
Žveplo	18	-
Vitamini	(mg /100 g)	
Vitamin B1	0,07	0,06
Vitamin B2	0,05	0,03
Vitamin B6	0,05	0,05
Niacin	0,3	-
Vitamin C	10	8,7

- ni podatka

Energijska vrednost hrane, se meri z energijo, ki se sprošča pri zgorevanju določene količine vzorca. Največjo energijsko vrednost imajo maščobe (900 do 930 kcal/ 100 g ali 3766 do 3890 kJ/ 100 g), manjšo beljakovine (410 do 430 kcal/100 g ali 1720 do 1799 kJ/100 g) in škrob (415 kcal/100 g ali 1736 kJ/100 g), še manj sladkor (395 kcal/100 g ali 1653 kJ/100 g).

Potrebe po energiji izhajajo iz bazalnega in delovnega metabolizma, termogeneze, potreb za rast in razvoj ter nosečnost in dojenje. Podatki o priporočljivem energijskem vnosu se navajajo v megajoulih (MJ) ali kilokalorijah (kcal). Otroci potrebujejo dnevno 1100 do 2700 kcal, moški od 2500 do 3100 kcal in ženske od 2000 do 2500 kcal. Nosečnice potrebujejo dodatek 255 kcal/dan. Priporočene vrednosti se nanašajo na osebe z normalno telesno maso in primerno fizično aktivnostjo (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).

Priporočila za dnevni vnos energije varirajo glede na že omenjena faktorja starost in spol ter glede na težo in višino osebe, (Recommended Dietary Allowances)(1989).

Najmanj energije dajejo sveže kumare, listnati kapus, motovilec, bučke, itn. Nekoliko več energije (20 do 45 kcal/100g) dobimo z radičem, regratom, špinačo, cvetačo, itn. Najbogatejše z energijo pa so suhe stročnice (fižol, grah, leča, čičerika, soja). Vrtnine predvsem presne, imajo sorazmerno majhno energijsko vrednost, zato so sestavni del prehrane pri vsaki redukcijski dieti (Černe in Vrhovnik, 1992).

Preglednica 2: Nekatera za prehrano pomembna makrohranila v g/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992)

Najpomembnejša makrohranila	V g/100 g očiščenega radiča
Voda	85,7–96,2
Beljakovine	0,4–2,6
Maščobe	0,1–0,6
Ogljikovi hidrati	2,0–7,5
Sladkorji	3,4
Dietne vlaknine	0,7–1,61
Minerali	1,0

2.1.4.1 Voda

Pomembna je za ohranjanje osmotskega tlaka v celicah in za izločanje škodljivih snovi iz organizma.

Večje količine vode priporočajo ljudem, katerim slabše delujejo ledvice. Za nemoteno delovanje ledvic potrebujemo povprečno 2450 ml vode na dan, od tega naj bi jo 1100 ml

dobili s hrano, 1100 ml s pijačo, 250 ml pa nastane v presnovnih procesih ogljikovih hidratov, beljakovin in maščob.

Največ vode vsebujejo kumare (do 98 %), sledijo solata, radič, cikorija, bučke (do 96%), zelje, cvetača, kitajski kapus, itn. (Černe in Vrhovnik, 1992).

2.1.4.2 Beljakovine

Beljakovine so osnovni gradnik naših celic in encimov. Naše telo ne more sprejemati nespremenjenih beljakovin, zato se te v prebavilih s pomočjo prebavnih encimov razgradijo do dipeptidov in tripeptidov, ki se lahko resorbirajo. Esencialne aminokisliline naše telo ni sposobno sintetizirati samo, zato jih moramo dobiti s hrano. Te so: triptofan, fenilalanin, levcin, izolevcin, lizin, valin, metionin in treonin. Poleg teh potrebujejo otroci še histidin, mlajše ženske pa cistein in tirozin.

Priporočen vnos beljakovin pri uravnoteženi mešani prehrani je 0,8 g na kg telesne mase na dan, to ustreza 8 – 10 % deležu prehranskih beljakovin pri vnosu energije za odrasle (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).

Vrtnine so sorazmerno revne z beljakovinami, vsebujejo jih samo od 0,1 % do 3 % v solatnicah, kapusnicah, korenovkah. V vseh stročnicah pa je precej več beljakovin, v suhi soji do 55 %.

V vrtninah običajno primanjkuje življenjsko pomembnih aminokislin, metionina in lizina. Vse aminokisliline niso enako pomembne za ohranjanje zdravja (Černe in Vrhovnik, 1992).

Preglednica 3: Vsebnost aminokislin v radiču v mg/100g (Černe in Vrhovnik, 1992)

Aminokislina	V mg/100 g očiščenega radiča
Lizin	42
Tirozin	33
Triptofan	20
Histidin	20
Metionin	13
Cistein	5
Treonin, Arginin, Fenilalanin, Valin, Levcin, Izolevcin	ni podatka

2.1.4.3 Maščobe

Po kemični sestavi so maščobe estri glicerola in maščobnih kislin. Razlikujemo nasičene in nenasičene maščobne kisline, slednjih je več v oljih rastlinskega izvora.

V vrtninah je maščob še manj kot beljakovin, v presnih samo od 0,1 % do 0,4 %. Nekoliko več jih je v fižolu, grahu in bobu, do 3 %. Največ pa jih je v svežem in suhem sojinem zrnju, od 6,5 % do 27 %. V vseh vrtninah so maščobe v obliki olj, estrov maščobnih kislin. Olja, ki jih dobimo iz vrtnin, so zelo pomembna za pravilno delovanje različnih organov (Černe in Vrhovnik, 1992).

Vnos maščob v višini 30 % energijske vrednosti z uravnoteženo sestavo maščobnih kislin v okviru polnovredne prehrane in zadostno fizično aktivnostjo zniža tveganje srčnega infarkta (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).

2.1.4.4 Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati so hranilne snovi sestavljene iz ogljika, vodika in kisika. To so sladkorji, škrob, glikogen, celuloza, pektini in druge snovi.

Škrob najdemo v sadju in vrtninah. Vrtnine vsebujejo monosaharide, med katere sodita glukoza in fruktoza, nekatere pa vsebujejo tudi saharozo.

Glukoza iz vrtnin se absorbira v kri, enako kot tista, ki nastane pri razgradnji škroba. Metabolizem fruktoze pa je drugačen. Ugotovitve (Černe in Vrhovnik, 1992) kažejo, da sta število srčnih bolnikov in smrtnost tesno povezana s količino sladkorja, ki ga zaužijemo.

Celuloza in hemiceluloza sta polimera glukoze, ki vežeta vodo in omogočata, da debelo črevo pravilno deluje, saj zbirata odpadne snovi in pripomoreta, da se hitro izločijo. Veliko celuloze je v zelju, stročjem fižolu, grahu, brokoliju, itn. Hemiceluloze pa je več v suhih in nekaljenih žitih, brokoliju in repi.

Pektin in rastlinske smole vplivajo na absorpcijo v tankem črevesju, vežejo žolčne kisline in zmanjšujejo resorpcijo maščob, preprečujejo prehitro praznjenje želodca in v tankem črevesju ustvarijo oblogo, ki preprečuje prehitro resorbiranje sladkorjev (pomembno predvsem za sladkorne bolnike, ker se tako zmanjšuje količina potrebnega inzulina).

Tudi lignin je pomembna vlaknina, ki se veže z žolčnimi kislinami in zmanjšuje količino holesterola. Inulin ne povečuje količine sladkorja v krvi, zato artičoke, korene radiča, korenine regrata priporočajo sladkornim bolnikom (Černe in Vrhovnik, 1992).

2.1.4.5 Minerali

Priporočen minimalni dnevni vnos natrija za odrasle osebe je 550 mg/dan, za klorid 830 mg/dan, za kalij 2000 mg/dan. Priporočen vnos za kalcij je 1000 mg/dan, za fosfor 700 mg/dan, magnezij 300 – 350 mg/dan, železo 10 – 15 mg/dan, baker 1 – 1,5 mg/dan, fluor 3,1 – 3,8 mg/dan in jod 0,2 mg (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).

Preglednica 4: Nekateri za prehrano pomembni minerali v mg/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992)

Minerali	V mg/100 g očiščenega radiča	Minerali	V mg/100 g očiščenega radiča
Kalij	182-440	Železo	0,5-3,1
Kalcij	15-158	Mangan	0,30
Fosfor	20-70	Cink	0,19
Natrij	1-76	Baker	0,14
Magnezij	12,6-36	Fluor	–
Klor	25	Jod	–
Žveplo	28	Kobalt	–

– ni podatka

2.1.4.6 Vitamini

Vitamini so sestavni del encimov in uravnavajo presnovo, zato so nujno potrebni za pravilno rast in razvoj. Vitaminov praviloma telo ne more sintetizirati samo, zato jih mora dobiti s hrano ali z vitaminskimi dodatki.

Vitamini:

- vitamin A,
- skupina vitaminov B (B1-tiamin, B2- riboflavin, B3-niacin, niacinamid, nikotinska kislina, nikotinamid, B4- holin, adenin, B5- pantenol, kalcijev pantotenat, pantotenska kislina, B6-piridoksin, piridoksamin, B10 in B11- rastni faktorji, B12- cianokobalamin, B13, B15, B17- amigdalin, Bc ali B9 ali vitamin M (folna kislina), Bt (karnitin), Bx ali PABA (para-aminobenzojska kislina), inozitol),
- vitamin C (askorbinska kislina),
- vitamin D (kalciferol, ergosterol),
- vitamin E (tokoferol),
- vitamin H ali B7(biotin),
- vitamin K(menandion),
- vitamin P (rutin, hesperidin),
- vitamin T (termitin, torutilin),
- vitamin U (protiulkusni vitamin).

V vodi topni so vitamini iz skupine B, vitamini C, F, P in H. V maščobah pa so topni vitamini A, D, E, K. V maščobah topne vitamine telo dosti bolje absorbira, če vrtine

pripravimo na olju ali maščobi npr. v solati, dušene (Černe in Vrhovnik, 1992).

Dnevno potrebujemo največ vitamina C (do 100 mg), sledijo vitamini iz skupine B, potem vitamin A, (0,8 – 1,0 mg retinola), vitamin E (12 – 15 mg tokoferola) in vitamin D (5 µg) (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).

Preglednica 5: Nekateri za prehrano pomembni vitamini v mg/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992)

	Vitamini	V mg/100 g očiščenega radiča
Topni v vodi	Vitamin C	2,9-30
	Vitamin B1	0,04-0,19
	Vitamin B2	0,03-0,17
	Vitamin B3	0,2-0,8
	Vitamin B5, vitamin B6, Biotin in Folna kislina	ni podatka
Topni v maščobah	Karoten	0,25-7,9
	Vitamin D, Vitamin E, Vitamin K,	ni podatka

2.1.5 Botanična klasifikacija

Radič kot solatnico uvrščamo v:

- oddelek: *SPERMATOPHYTA* - semenovke,
- pododdelek: *ANGIOSPERMAE* - kritosemenke,
- razred: *DICOTYLEDONEAE* - dvokaličnice,
- podrazred: *SYMPETALAE* - zraslovenčnice,
- red: *SYNANDRAE*,
- družina: *ASTERACEAE* - košarice,
- podružina: *LIGULIFLORAE* - jezičnice,
- rod: *CICHORIUM*,
- vrsta: *INTYBUS*,
- zvrst: *FOLIOSUM* (Martinčič in Sušnik, 1984).

2.1.6 Izbor sort

Pri radiču je poznanih veliko sort. Najpogosteje se prideluje:

- radič solatnik, sem sodita "Tržaški solatnik" in "Goriški solatnik" (Osvald in Kogoj - Osvald, 2003). Listi so živo zeleni in okrogli (Osvald, 1979c);
- radič za siljenje: "Witloof", "Verona", "Castel Franco", "Goriški", "Treviski" (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). "Witloof" ima temno zelene liste, razvije debelo močno korenino iz katere pri siljenju požene velika glavica, blede rumene barve (Leskovec, 1968). Pri sorti "Verona" se pozno jeseni listi obarvajo iz zelene v vinsko rdečo. Glavna žila je bele barve (Osvald, 1979d);
- glavnat radič: "Pan di zucchero", "Milanski";
zgodnji: "Palla rossa – Sista" in "Maura", itn.;
srednje zgodnji: "Palla rossa – Dolfina" in "Averto", itn.;
pozni: "Anivip", "Monivip", itn.;
- radič za vrtanje: "Tržaški solatnik", "Verona", "Goriški", itn. (Osvald in Kogoj - Osvald, 2003).

"Pan di zucchero" ali sladkorni radič je srednje zgodnja sorta, liste ima velike in svetlozelene barve (Černe in Levičnik, 1984).

Zgodnji selekciji sorte "Palla rossa" sta "Sista" in "Maura". Oblikujeta podolgovato glavo, intenzivno rdeče barve. Srednje zgodnje sorte imajo srednje veliko glavo, okrogle oblike in intenzivno rdeče barve. Pozna sorta "Mesola" oblikuje velike okrogle glave, temno rdeče barve (Tomažič, 2002).

"Anivip" je primerna za pozno jesensko in zimsko pridelovanje. Zunanji listi so pokončni, široki, lopatičasti, temno rdeče-rjavo do rahlo pisano obarvani. Srčni listi oblikujejo podolgovato glavico intenzivno rdeče barve z belimi listnimi žilami (Osvald, 1979a).

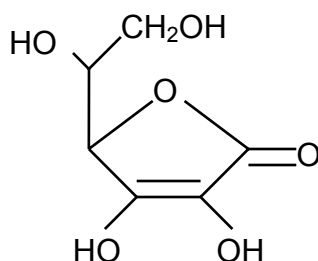
"Monivip" je prav tako primeren za pozno jesensko in zimsko pridelavo, ker je odporen na nizke temperature (do $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Oblikuje zelene do rahlo pisane glavice (Osvald, 1979a).

2.2 VITAMIN C

2.2.1 Kemijske lastnosti vitamina C

Vitamin C v literaturi imenujejo tudi: L-askorbinska kislina, antiskorbutni vitamin, heksuronska kislina, skorbutamin, cevitaminska kislina (Golob, 1987).

Askorbinska kislina je kemično lakton 2-keto-L-gulonske kisline. Enolni hidroksilni skupini, ki sta vezani na C-2 in C-3 atomu, kažeta močno izražene kisle lastnosti (Rudan-Tasič 2000).



Slika 1: Struktura L - askorbinske kisline (Rudan - Tasič, 2000)

Vitamin C se lahko nahaja v dveh oblikah, kot L-askorbinska kislina (L-AK), ki je močan reducent in kot L-dehidroaskorbinska kislina (L-DHAK), ki je oksidirana oblika L-AK. Obe obliki L-AK in L-DHAK imata biološko aktivnost in se pretvarjata iz ene v drugo, v reakcijah oksidacije in redukcije.

Pri pretvorbi iz ene oblike v drugo sodelujejo encimi, dva izmed teh sta glutathion dehidrogenaza in askorbat oksidaza (Basu in Dickerson, 1996).



Slika 2: Oksidacija L- askorbinske kisline (Basu in Dickerson, 1996).

L-AK se hitro in reverzibilno oksidira do L-DHAK. L-DHAK je enako učinkovita pri preprečevanju skorbuta kot L-AK, vendar lahko deluje toksično na levkocite in eritrocite ter poveča permeabilnost β celic pankreasa. Posledica je izguba insulina (Ball, 1998).

Oksidacija s postopnim prenosom elektronov preko nevtralnega radikala in radikal-aniona kot intermediatov vodi do L- DHAK (Rudan-Tasič, 2000).

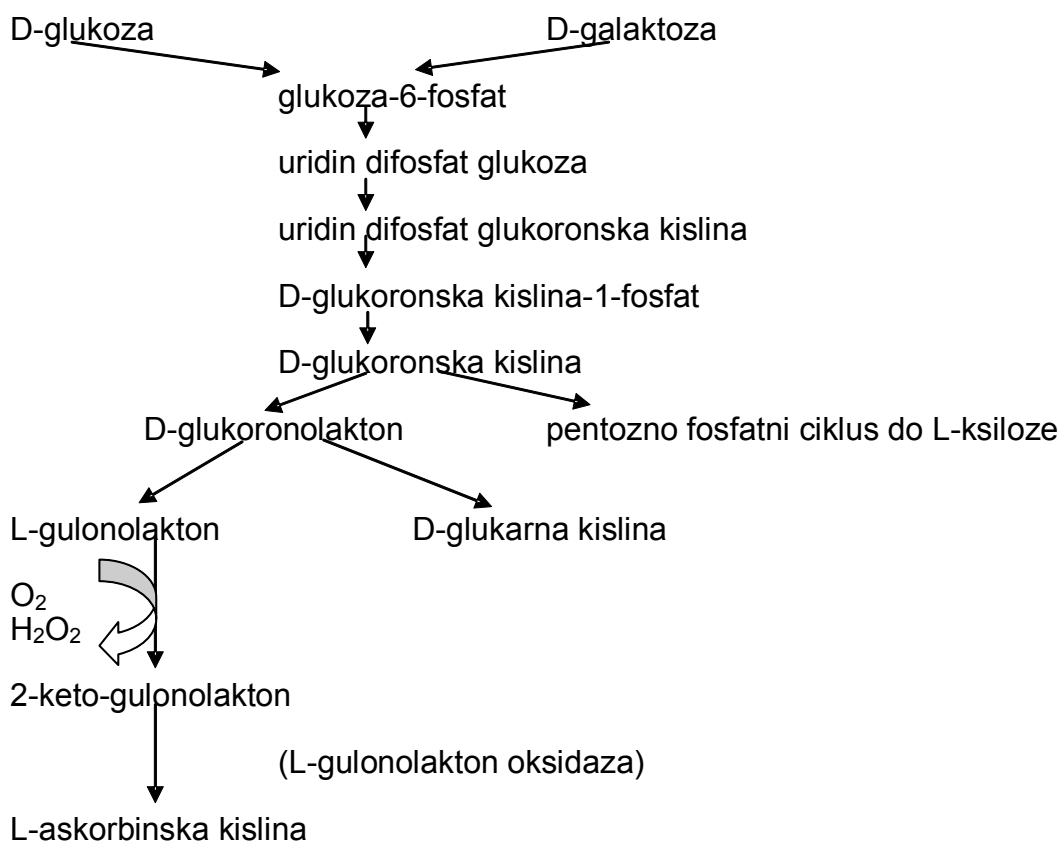
Najpomembnejša kemijska lastnost vitamina C, je reverzibilni oksidacijsko- redukcijski proces med L-AK in L-DHAK. Ugotovljeno je, da je ta redoksn sistem osnova primarne fiziološke aktivnosti vitamina C ter odgovoren za mnoge biokemične reakcije v rastlinskem in živalskem organizmu (Rudan-Tasič, 2000).

Oksidacija askorbinske kisline v prisotnosti prehodnih kovinskih ionov je najpomembnejša reakcija, odgovorna za izgubo vitamina C v živilih. Hitrost oksidacije je pospešena, če naraste kislost iz pH 1,5 na pH 3,5 (Ball, 1998).

Avtooksidacijo vitamina C v živilih zmanjšamo z zniževanjem količine kisika (vakuum, preprihanje z dušikom, itn.), omejitvijo vsebnosti prostih ionov Fe(III) in Cu(II), ali preprečimo nastanek kompleksa med kovinskimi ioni in L-AK, naprimer z zniževanjem vodne aktivnosti (Rudan-Tasič, 2000).

2.2.2 Biosinteza L-askorbinske kisline

L-AK je biološko in kemično sintetizirana iz D-glukoze. Je bela kristalna snov, kiselkastega okusa in brez vonja (Klun, 2000).



Slika 3: Biosinteza L-askorbinske kisline (Goodhart in Shils, 1980)

Večina rastlin in živali lahko sintetizira vitamin C iz D-glukoze in D-galaktoze preko glukuronske kisline (Kobovc, 2000).

Človek, ostali primati in morski prašiček zavisijo od zunanjšega vira vitamina C, saj niso sposobni njegove biosinteze. Pri večini ostalih živali je biosinteza vitamina C mogoča (Machlin in Hueni, 1997). Vzrok za nezmožnost biosinteze vitamina C je pomanjkanje encima L- gulonolakton oksidaze, ki je potreben za pretvorbo 2-keto-L-gulonlaktona v L-askorbat (Basu in Dickerson, 1996).

2.2.3 Občutljivost vitamina C

Vitamin C zlahka oksidira. Prisotnost alkalij, toplote, svetlobe, itn. povečujejo možnost oksidacije (Kobovc, 2000).

V vodnih raztopinah na obstojnost vitamina C vplivajo: temperatura, pH, kovine (Cu in Fe), kisik, aminokisljine, encimi, itn. (Klun, 2000).

Uživanje svežega sadja in zelenjave je najboljši način zagotavljanja zadostnih količin vitamina C. Skladiščenje svežih živil znatno zmanjša vsebnost vitamina C, npr. v sveže pobranem krompirju je vsebnost vitamina C večja kot 30 mg/100 g, s skladiščenjem pa se zniža do spomladi na 7 - 8 mg/100 g (Basu in Dickerson, 1996). Po navedbah Machlina in Huenja (1997) skladiščen krompir pri sobni temperaturi lahko izgubi okoli 15% vsebovanega vitamina. Kuhanje krompirja (olupljenega) pa uniči 30-50% vsebovanega vitamina C (Machlin in Hueni, 1997).

Izpostavljanje svetlobi in visoki temperaturi, alkalijam ali kovinskim ionom povzroči oksidacijo askorbinske kisline do dehidroaskorbinske kisline. Ta lahko v živilih hitro razpade (Golob, 2000).

Poznavanje vsebnosti vitamina C je prav zaradi njegove občutljivosti na kemijsko in encimsko oksidacijo pomemben pokazatelj kakovosti živila in ustrezen parameter za spremljanje sprememb med predelavo in skladiščenjem, obenem pa tudi pokazatelj kako sveže je živilo (Golob, 2000).

2.2.4 Vir in vsebnost vitamina C v živilih

Največ vitamina C dobimo v sadju in zelenjavi (Pokorn, 2005). Najbolj bogati z vitaminom C so citrusi, črni ribez, jagode, mango, itn., od zelenjave pa sladka paprika, peteršilj, cvetača, krompir in brokoli. Vsebnost vitamina C v pomarančnem soku je od 15 do 35 mg/100g in je odvisna od sezone (Machlin in Hueni, 1997).

Vitamin C najdemo skoraj samo v živilih rastlinskega izvora, živilo živalskega izvora so lahko ledvica.

Krompir je pomemben vir vitamina C, če je količinsko v prehrani posameznika dobro zastopan (Basu in Dickerson, 1996).

Vsebnost vitamina C v plodovih močno niha, odvisna je od vrste, izbranega kultivarja, stopnje zrelosti, časa in pogojev skladiščenja (Golob, 2000). Količina vitamina C je odvisna tudi od dela rastline, klime, sončne svetlobe. V sadju se vitamin C kopiči toliko časa, dokler plod ne doseže stopnje zrelosti. V nasprotju pa nezrela semena graha in fižola vsebujejo več vitamina C kot zrela (Basu in Dickerson, 1996).

2.2.5 Funkcije vitamina C

Vitamin C sodeluje pri presnovi kolagena, kjer ima pomembno vlogo pri hidroksilaciji prolinskih in lizinskih ostankov (Pokorn, 2005).

Prispeva k zdravosti zob in dlesni, sodeluje pri sintezi večih pomembnih hormonov in neurotransmiterjev (živčnih prenašalcev). Ima vlogo v metabolizmu folne kisline in določenih aminokislin, še posebej skozi preprečevanje tvorbe potencialnih karcinogenih nitrozaminov v želodcu, imunsko funkcijo in funkcijo antioksidanta.

Prisotnost drugih antioksidantov, npr. vitamina E in β - karotena prispeva k vlogi vitamina C kot antioksidanta. Podoben učinek imajo tudi vitamini B kompleksa (posebej B6, B12, folna kislina in pantotenska kislina), biflavonoidi in nekatere farmakološko aktivne substance (Machlin in Hueni, 1997).

Njegova vloga je prenos vodika in uravnavanje oksidacijsko-redukcijskega potenciala v celici. Kot močan reducent, ki je topen v vodi ščiti druge antioksidante, celo nekatere topne v maščobah. Najbolj poznana vloga vitamina C je preprečitev in zdravljenje skorbuta (Golob, 2000).

Askorbinska kislina je najpomembnejši antioksidant v ekstracelularni tekočini. Varuje organizem pred reaktivnimi prosti radikali in učinkovito odstranjuje hidroksilne radikale, vodikov peroksid in superoksidi. Varuje biomembrane pred peroksidno poškodbo (Baloh, 2002).

Antioksidanti zaščitijo živilo pred oksidanti, s katerimi reagirajo hitro in tako preprečijo nastanek neželenih oksidacijskih produktov. Oksidanti so vse snovi, ki hitro reagirajo s kisikom, še preden ta oksidira določeno komponento živila (Rudan-Tasič, 2000).

Med antioksidante prištevamo L-askorbinsko kislino, tokoferole, nekatere derivate fenola, žveplovo (IV) kislino in sulfate (Rudan-Tasič, 2000).

2.2.6 Uporaba vitamina C

Reichstein je leta 1933 uspel sintetizirati askorbinsko kislino in temu je sledila industrijska proizvodnja vitamina C pet let pozneje. Sintetično pridobljen vitamin C je identičen vitaminu C iz narave. Industrijsko ga proizvajajo iz glukoze s kemično in biotehnološko sintezo.

Vitamin C se uporablja v živilski industriji kot naravni antioksidant. Dodaja se živilom z namenom, da se ohrani barva, aroma in hranilna vrednost izdelka oz. živila. Vitamin C dodan mesu in mesnim izdelkom reducira količino dodanega nitrata in ostanke nitrata v živilu (Machlin in Hueni, 1997). L-askorbinska kislina kot dodatek mesno prekajevalnemu sistemu močno zmanjša in preprečuje nastanek nitrozaminov, ki so

kancerogene spojine (Rudan-Tasič, 2000). Kot antioksidacijsko sredstvo ga dodajajo, npr. pri proizvodnji piva, sadnih sokov, vina, konzerviranega sadja in zelenjave, pri prekajevanju mesnih izdelkov, v industriji moke za povečanje pecilne kvalitete in izboljšanje videza kruha (Rudan-Tasič, 2000). Uporaba vitamina C v sveži moki izboljša njene pekovske lastnosti, navajata med drugimi tudi Machlin in Hueni (1997). Sposobnost oksidacije L-askorbinske kisline je uporabna lastnost, zaradi katere je vitamin C pomemben GRAS (generally recognized as safe) aditiv oziroma zdravstveno neoporečen aditiv (Rudan-Tasič, 2000).

L-askorbinska kislina je močan inhibitor encimskega porjavenja (pigmenti ne nastanejo), ker reducira o-kinone (nastale iz o-fenolov v prisotnosti kisika in polifenoloksidaz) nazaj v fenolno obliko, sama pa se pri tem oksidira v dehidroaskorbinsko kislino (Rudan-Tasič, 2000).

Vitamin C se uporablja tudi v terapevtske namene: npr. v postoperativnem obdobju za celjenje površinskih ran, sodeluje pri preprečevanju infekcij in spodbuja obnavljanje kože (Machlin in Hueni, 1997). Uporablja se pri zdravljenju skorbuta in nekaterih drugih bolezni (Pokorn, 2005). Vpliva na funkcije levkocitov in makrofagov ter na imunski odziv in alergične reakcije. Askorbinska kislina kot taka ali prisotna v rastlinskih živilih poveča absorpcijo anorganskega železa, če se substanci zaužijeta skupaj (RDA, 1989).

2.2.7 Priporočena dnevna količina vitamina C

Priporočen dnevni vnos vitamina C za mladostnike starejše od 15 let in odrasle je 100 mg. Nosečnice od četrtega meseca dalje potrebujejo dodatno 10 mg vitamina C na dan. Za dojenčke do četrtega meseca je priporočena količina vitamina C 50 mg na dan, za tiste do 12 mesecev pa 55 mg. Za kadilce je priporočen dnevni vnos 150 mg vitamina C. Pri nekadilcih je z dnevnim vnosom 90 – 100 mg vitamina C, mogoče optimalno zmanjšanje tveganja kroničnih obolenj (rak, bolezni srca in ožilja) (P. Debenjak, D. Debenjak, 2004). Zelenjava in sadje vsebujeta relativno visoke koncentracije vitamina C, npr. zelena in rdeča paprika, brokoli, paradižnik, krompir, jagode, citrusi, špinača. Meso, ribe, perutnina, jajca in mlečni izdelki vsebujejo manjše količine, žita ga ne vsebujejo. V ZDA pokriva potrebe po askorbinski kislini v večini hrana rastlinskega izvora, ki vsebuje veliko vitamina C, in sicer 38 % citrusi, 16 % krompir in 32 % ostala zelenjava .

V skupino ljudi, ki potrebujejo večji dnevni vnos vitamina C iz različnih razlogov sodijo: kadilci, osebe starejše od pedeset let, uživalci alkohola (Machlin in Hueni, 1997). Potrebe po vitaminu C se povečajo pri vseh stresnih stanjih, jemanju aspirina, kontracepcijskih tablet, tetraciklinov, pri športnikih, med infekcijskimi boleznimi, ter bolnikih s sladkorno boleznijo (Pokorn, 2005).

2.2.8 Pomanjkanje vitamina C in posledice, telesne zaloge vitamina C

Kadar je prehrana sestavljena predvsem iz žit, stročnic, mesa in mesnih izdelkov, z zelo

malo sadja ter zelenjave oziroma sta sadje in zelenjava zastopana le v kuhani obliki, lahko pride do hipovitaminoze ali avitaminoze C - skorbuta. To se lahko zgodi pri zalivančkih s kravjim mlekom ali pri dojenih otrocih, če matere ne uživajo živil, ki vsebujejo veliko vitamina C.

Zgodnji znaki pomanjkanja vitamina C so krvavitve dlesni, kasneje se pojavijo bolečine v mišicah, otekli sklepi, poškodbe kapilar in krvavitve, izpadanje zob in slabo celjenje ran (Pokorn, 2005). Kot znake pomanjkanja vitamina C ugotavljajo tudi utrujenost, izgubo apetita, razdražljivost, slabo odpornost proti infekcijam, itn., vendar je lahko naštetu posledica drugih motenj.

Za preprečitev skorbuta, ki se danes redko pojavi, je potreben dnevni vnos vitamina C od 10 mg do 15 mg, za optimalno fiziološko funkcioniranje pa so priporočene večje količine (Machlin in Hueni, 1997).

V primerjavi z vitamini topnimi v maščobah, so telesne zaloge vodotopnih vitaminov nizke. Tkivne zaloge vitamina C pri človeku so do 20 mg na kilogram telesne teže. Tkiva, ki vsebujejo višje vsebnosti vitamina C so nadledvična žleza, ledvica, možgani in levkociti (Machlin in Hueni, 1997). Večina telesnih zalog vitamina C je znotraj celic, v katerih koncentracija variira in je ponavadi višja od koncentracije vitamina C v krvni plazmi (RDA, 1989).

Pri majhnem vnosu (od 30 mg do 60 mg vitamina C) askorbinske kisline iz živil v telo, se le ta v veliki meri absorbira (80 – 90%) (RDA, 1989).

2.3 NITRATI

Glavni viri dnevnega vnosa nitratov so zelenjava (75 – 80 %), voda in mesni izdelki. Z mesnimi izdelki zaužijemo v povprečju okoli 10 % celokupnega vnosa nitrata in 60 – 90 % nitrita. Vnos nitrata in nitrita, ki ga zaužijemo s sadjem in mlečnimi izdelki je zanemarljiv (Jeršek in sod., 2004).

Nitriti se dodajajo mesu zato, da obdrži željeno barvo in vonj ter kot antimikrobno sredstvo. So zelo reaktivni in se v mesu hitro pretvorijo (Abram, 1994).

Nekatere izmed kulturnih rastlin kot so solata, špinača, zelena, pesa, so sposobne absorbirati večje količine nitratov kot druge (Jeršek in sod., 2004).

Določanje nitratnega dušika v živilih je zelo pomembno, ker je povezano s količino zaužitega nitrata v normalni prehrani ljudi (Consalter in sod., 1992).

Strokovnjaki ocenjujejo, da je dnevni vnos nitratov v človeški organizem v okviru evropske diete 50 – 150 mg na dan in je odvisen predvsem od dnevno zaužite količine zelenjave.

Uporaba kalijevih in natrijevih nitratov in nitritov je omejena in sicer je največja dovoljena vsebnost (odvisna od izdelka) od 50 mg (kot NaNO_3)/kg v sirih do 250 mg (kot NaNO_2)/kg v mesnih izdelkih (Jeršek in sod., 2004).

Veliko nitratov vsebujejo listnate vrtnine (solata, motovilec, endivja, špinača, blitva, in kitajski kapus, slednji lahko vsebuje od 400 do 2400 mg nitratov na kg). Srednje količine nitratov vsebujejo korenček, zelena in redkvice. Najmanj nitratov pa je v kumarah, paradižniku in stročnicah (grah vsebuje 100 do 120 mg na kg) ter cvetači od 14 do 37 mg na kg (Černe in Vrhovnik, 1992).

Rezultati študije so pokazali, da je vseboval radič najmanjše vsebnosti nitrata med listnato zelenjavo to je 50 mg/kg sveže snovi. Vzorci radiča so bili sorte "Trevisano" (*Chycorium intibus* L., var. *foliosum* Bish.). Vzorci špinače in zelene so vsebovali relativno velike vsebnosti nitrata 405 mg/kg in 498 mg/kg sveže snovi z največjo vrednostjo 671 mg/kg in 715 mg/kg. Večja je vsebnost nitrata, manjše so razlike med vzorci. V tej študiji so ugotovili, da so imeli vzorci zelenjave relativno majhno vsebnost nitrata (Consalter in sod., 1992).

Znanstveni komite za živila (SCF = Scientific Committe for Food) je postavil mejo sprejemljivega dnevnega vnosa NO_3 od 0 do 3,65 mg na kilogram telesne teže. Glede na to priporočilo zaužitje 100 g surove zelenjave z vsebnostjo 2190 mg na kilogram sveže snovi ustreza ADI (Acceptable daily intake) za osebo težko 60 kg (Santamaria in sod., 1999).

Preglednica 6: Povprečen dnevni vnos nitrata v Veliki Britaniji (Leifert in Golden, 2000)

Živilo	Vnos NO ₃ -N (μg na dan)
Skupno	13786
Zelenjava	10757
Pitna voda	2260
Kosmiči	542
Sadje/sladkorji	497
Ribe	249
Mleko	136
Meso	113
Olja/maščobe	113

2.3.1 Nitrat v prehrani in tveganja z zdravstvenega stališča

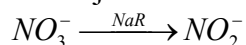
Učinek nitratov na zdravje ljudi je jasen: reducirajo se v nitrite in v krvi, reagirajo s hemoglobinom, pri tem nastane methemoglobin (Consalter in sod., 1992).

2.3.1.1 Methemoglobinemija

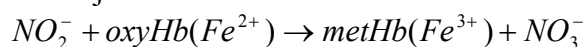
Ugotovljeno je, da nitrit (in ne nitrat) povzroča methemoglobinemijo dojenčkov. Pri tem se mora nitrat reducirati do nitrita, ob prisotnosti encima nitrat reduktaze (NaR) (reakcija 1).

Nitrit oksidira železo v oksihemoglobinu (oxyHb), pri tem nastane methemoglobin (metHb) (reakcija 2). MetHb se izredno hitro pretvori nazaj v oxyHb, s pomočjo encimskega sistema methemoglobin reduktaze (MR)(reakcija 3), ki vzdržuje stopnjo metHb v mejah med 1 – 2 %. Encimski sistem je spodbujen šele v obdobju po dojenju.

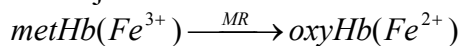
Reakcija 1:



Reakcija 2:



Reakcija 3:

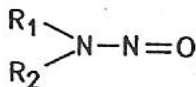


Otroška methemoglobinemija je v zadnjem času zelo redka v razvitem svetu.

Nitrit in nitrat sta produkta nitrarno oksidativnega metabolizma. Domnevajo, da je endogeno nastali nitrit kot imunski odziv na gastrointestinalne infekcije, primarno odgovoren za otroško methemoglobinemijo. Vendar ni konkretnih dokazov, ki bi indicirali, da je nastanek endogenega NO₂⁻ nitrita samo posledica intestinalne infekcije in ne vnosa nitrata z živili (Leifert in Golden, 2000).

2.3.1.2 Gastrointestinalna karcinogeneza

Nitrat se v prebavnem sistemu reducira do nitrita. Nitrit lahko vstopa v reakcije z amini, zato se smatrajo nitrat kot možni prekursor karcinogenih nitrozaminov (Scharpf, 1991). (Slika 4).



Slika 4: Splošna formula N- nitrozaminov (Abram, 1994).

Ugotovljeno je, da se del nitrata v slini ustne votline izredno hitro pretvori v nitrit.

Potrjeno s študijami je, da imajo vegeterjanci do trikrat večji vnos nitratov z živili (185 - 194 mg na dan na osebo), kot tisti, ki niso vegeterjanci (61 mg na dan na osebo). Večina študij pa je pokazala 20 – 40 % upad smrtnosti zaradi želodčnega raka pri vegeterjancih. Te ugotovitve napeljujejo na to, da velik vnos nitratov zaradi uživanja večjih količin zelenjave pri vegeterjancih ne predstavlja večjega tveganja za razvoj želodčnega raka in ima lahko celo zaščitno vlogo.

Obstaja pa pozitivna korelacija med nivojem higiene in pripravo hrane ter rakom na želodcu.

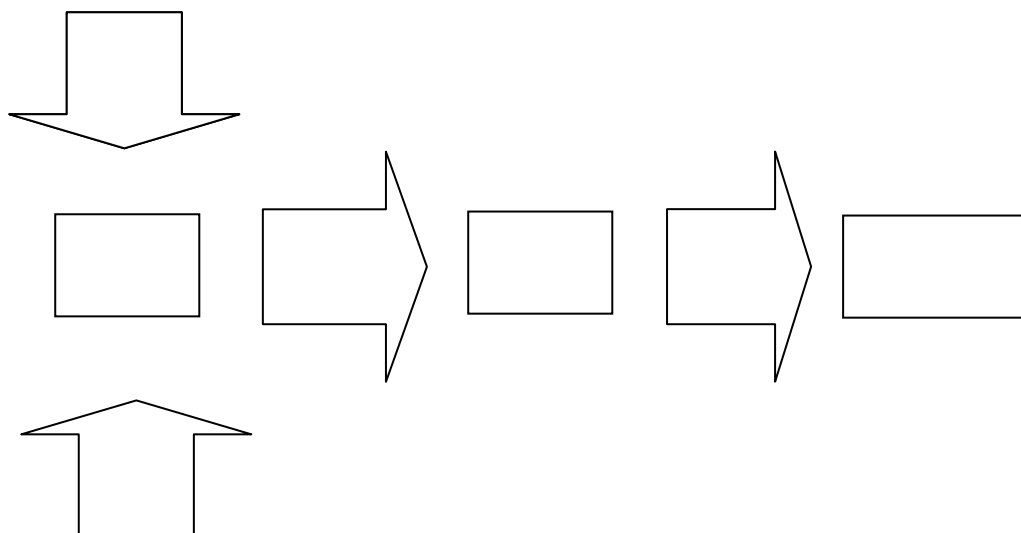
Reducenti kot je askorbinska kislina (pogosta v zelenjavi in sadju), inhibirajo tvorbo nitrozaminov. Možno je, da se tveganje za nastanek želodčnega raka pri uživanju vode in mesnih izdelkov z visoko vsebnostjo nitratov, še poveča z visokim vnosom nitratov preko zelenjave (Leifert in Golden, 2000). Abramova (1994) navaja, da se vsebnost N-nitrozaminov v prekajenih mesnih izdelkih močno zniža v prisotnosti antioksidantov, kot sta vitamina C in E. Santamaria in sod. (1999) so mnenja, da je potrebno upoštevati sestavine v zelenjavi, kot so askorbinska kislina in fenoli ter druge, ki zavirajo toksične učinke nitritov.

Leifert in Golden (2000) navajata študijo v kateri so ugotovili, negativno zvezo med uživanjem surove zelenjave in želodčnim rakom ter, da ni bilo razlik pri razvoju raka med skupinami, ki so uživale surovo zelenjavo in tistimi, ki so uživale kuhano (med kuhanjem se večina antioksidantov kot je vitamin C izgubi).

Pomembno vprašanje, ki se postavlja je, ali so lahko karcinogeni nitrozamini, ki se tvorijo v človeškem želodcu iz nitrita in aminov, prisotni v koncentraciji, ki povzroči nastanek raka.

Nitrit se v želodcu pri normalnem izločanju kisline zelo hitro pretvori v obliko, ki ni sposobna tvoriti nitrozaminov. Med prebavo so v želodcu aminokislina povezane s peptidnimi vezmi, ki preprečujejo nitrozacijo. Pepsin je edina želodčna proteinaza, ki

cepi peptidne vezi v proteinih. Poskusi z živalmi so pokazali, da nitrozamini nastali v reakcijah s tirozinom ali fenilalaninom niso karcinogeni. Vnos nitratov se je povečal s povečanim uživanjem sadja in zelenjave, vendar pa število primerov želodčnega raka v zahodni Evropi in severni Ameriki upada. Domnevajo, da so vzrok temu v razvitem zahodnem svetu višja raven higijene in primernejše metode pri pripravi hrane ter uživanje surove hrane, ki vsebuje veliko antioksidantov (Leifert in Golden, 2000).



Slika 5: Diagram tvorbe nitrozaminov (Scharpf, 1991)

2.3.2 Možni pozitivni učinki nitrata v prehrani

Ugotovili so, da se nitrat, ki ga zaužijemo z živili hitro absorbira v krvni obtok preko intestinalnega mukusa, primarno v zgornjem delu tankega črevesa in v manjši meri v želodcu. Nitrat nato kroži s krvjo in se z aktivnim transportnim mehanizmom asimilira v žlezi slinavki. Koncentracija nitrata v žlezi slinavki je desetkrat večja kot tista v plazmi. Nitrat se v ustni votlini ob prisotnosti nitrat reduktaznih encimov ustne mikroflore delno pretvori v nitrit. Vrste bakterij, ki so odgovorne za redukcijo nitrata v ustni votlini podgan in prašičev, so najpogosteje Gram pozitivni koki (več kot 60 % izolatov). Izolirane Gram negativne bakterije, ki imajo sposobnost redukcije nitrata (*Pasteurella spp.*), niso bistveno prispevale k tvorbi nitrita v ustni votlini. Izpostavljenost oralnega tkiva antibiotikom, specifičnih za Gram pozitivne bakterije, zmanjša tvorbo nitrita za več kot 90 %. Antibiotiki specifični za Gram negativne bakterije niso bistveno zmanjšali tvorbe nitrita (Leifert in Golden, 2000).

2.3.2.1 Zaščita pred intestinalnimi patogeni

Veljalo je, da acidifikacija zaužite hrane učinkuje kot primarni zaščitni mehanizem, ki preprečuje vstop patogenim mikroorganizmom naprej v črevesje. Novejše študije so razkrile, da dvournna izpostavljenost pH vrednostim od 2 do 4 nima bakteriocidnega učinka na patogene mikroorganizme kot so *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella* in *E. coli*. S študijami je bila ugotovljena občutljivost patogenih mikroorganizmov v hrani na nitrit, le ta pa varira (*Y. enterocolitica* > *S. enteritidis* > *S. typhimurium* = *Shig. sonnei* itn.) (Leifert in Golden, 2000).

2.3.2.2 Preventiva pred infekcijo s *Helicobacter pylori*

Bakterija *Helicobacter pylori* povzroča gastritis ter druga bolezenska stanja in je povezana z želodčno ulceracijo ter gastrično malignostjo. Rak na želodcu je četrti najpogostejši vzrok smrti. Ker je prilagojena na življenje v zelo kislem okolju, se lahko *H. pylori* naseli v želodcu in vztraja v gostitelju tudi več let. Novejše raziskave *in vitro* kažejo na bakteriocidno aktivnost nitrita do *H. pylori*. Možnost, da nitrit v kislem okolju želodca prispeva k naravni obrambi pred *H. pylori*, raziskujejo v študiji *in vivo* (Leifert in Golden, 2000).

2.3.2.3 Preventiva pred oralnimi infekcijami in zobno gnilobo

Bakterije, ki povzročajo zobno gnilobo (npr. *Streptococcus* in *Lactobacillus spp.*), tvorijo kislino in produkcija le te je eden glavnih razlogov za nastanek zobne gnilobe. Nitrit inhibira rast omenjenih bakterij in s tem tvorbo kisline v ustih. Čeprav ni neposrednih dokazov o vplivu nitrita na zobno gnilobo, obstajajo posredni (Leifert in Golden, 2000).

2.3.2.4 Antihipertenzijski učinek

Avtorja Leifert in Golden (2000) navajata študijo v kateri predpostavljata, da je antihipertenzični učinek nitrita odgovoren za manj pogosto hipertenzijo pri vegeterjancih, ki imajo štirikrat večji vnos nitratov kot omnivori.

2.3.3 Vloga dušika v prehrani rastlin

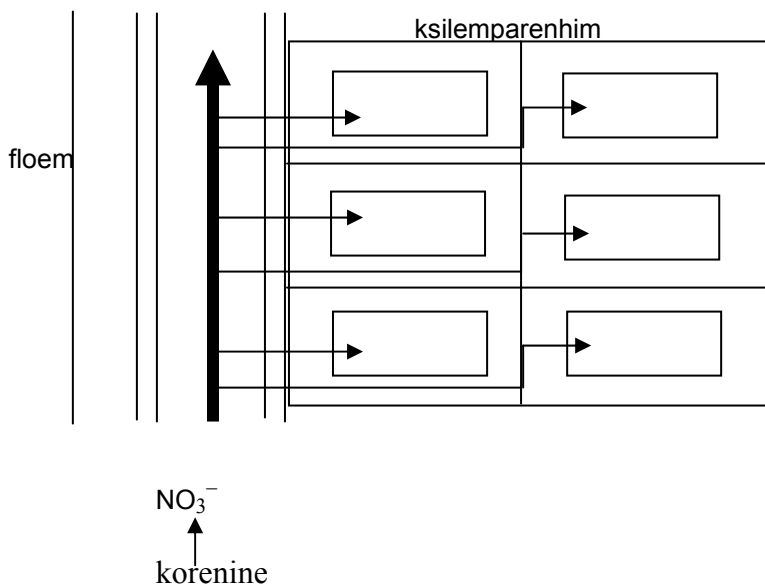
V prehrani rastlin je najpomembnejši element dušik, saj je 70% kationov in anionov, ki jih rastlina prejme, dušikovih. Dušikove spojine igrajo pomembno vlogo pri nastanku heterocikličnih spojin ter ostalih sekundarnih produktov (Demšar, 2003).

Pri slabi oskrbi z dušikom ima rastlina tanko steblo, zaradi slabšega razvoja kloroplastov pa svetlo zelene liste, ki ostanejo majhni, ker počasneje rastejo. Vpliv se pozna tudi na močno prizadetem razvoju koreninskega sistema, ki je slabo razvejan (Demšar, 2003).

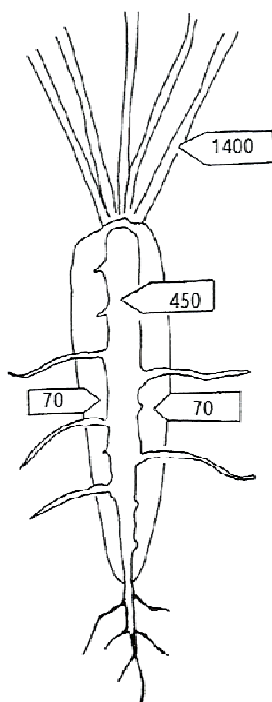
2.3.3.1 Mehanizem sprejema nitratnega iona

V rastlini obstajata dva različna mehanizma, ki se sprožita glede na koncentracijo nitratnega iona v zunanji raztopini. Aktivnost obeh sistemov ni odvisna le od koncentracije nitrata v območju korenin, temveč tudi od preskrbljenosti rastline z dušikom, oziroma koncentracije nitrata v rastlinskem soku.

Na sprejem nitrata vplivajo notranji in zunanji dejavniki. Intenziteta in valovna dolžina osvetlitve imata na sprejem snovi v rastlino posreden vpliv, saj je aktivni sprejem nitrata v korenine vezan na prisotnost ogljikovih hidratov, ki nastajajo s pomočjo energije, vezane v procesu fotosinteze. Ob zmanjšani jakosti osvetlitve, so zaradi zmanjšane asimilacije zaznali zmanjšan sprejem dušika v rastline. Zaradi zmanjšane sprejema dušika se zmanjša aktivnost za redukcijo nitrata. To povzroči povečanje akumulacije nitrata v rastlini. Nereduciran nitrat se akumulira v vakuolah korenin, poganjkov in zelenih listov (Demšar, 2003).



Slika 6: Shematski prikaz transporta in skladiščenja nitrata v zanj prevodnih tkivih rastlin (Scharpf, 1991).



Slika 7: Razporeditev nitrata v korenju (v mg NO₃⁻ / kg sveže snovi) (Scharpf, 1991).

2.3.3.2 Redukcija nitrata

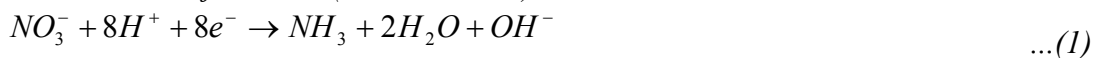
Nitrat in amonij sta glavna vira dušika za višje rastline, sprejemajo ju preko korenin. NO₃⁻ se lahko brez težav prenaša po rastlinskem ksilemu ali se akumulira v vakuolah korenin, poganjkov in založnih organov, NH₄⁺ pa ne (Marschner, 1995).

Zaloge nitrata v rastlini so pomemben vir dušika, ki je potreben za normalen potek metabolizma, posebej v času neugodnih zunanjih razmer in nezadostni preskrbi z dušikovimi spojinami (Demšar, 2003).

Rastline reducirajo vsebujoč nitrat ob visoki porabi energije in ga pretvarjajo v aminokislino, proteine in druge dušikove spojine (Scharpf, 1991).

Redukcija nitrata do amonija je prvi proces vgradnje nitrata v organsko snov, amonij pa se lahko vgradi neposredno v različne aminokislino. Proces je sestavljen iz dveh stopenj: prva poteka v citoplazmi, pri čemer se s pomočjo dveh elektronov in encima nitrat reduktaze nitrat reducira v nitrit. Druga stopnja poteka v kloroplastu oziroma v plastidih, kjer se s sprejemom šestih elektronov ob prisotnosti encima nitrit reduktaze nitrit reducira do amonija. Energijo potrebno za redukcijo nitrata daje proces glikolize (Demšar, 2003).

Enačba redukcije nitrata (Demšar, 2003)



Oba encima delujeta v zaporedju tako, da se v rastlini akumulirajo le minimalne količine nitrita (Demšar, 2003).

Redukcija v koreninah poteka v plastidih, analogno kloroplastom v listih. Reakcijo katalizira encim nitrat - reduktaza, podoben tistemu v listih. Donor elektronov je ferodoksin, ta se reducira z NADPH, ki nastane v oksidativnem pentozna fosfatnem ciklu. Večina rastlin je sposobna redukcije nitrata v koreninah, kjer se lahko reducira 5 – 95 % sprejetega nitrata (Demšar, 2003).

Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na mesto redukcije so: preskrbljenost z nitratom, rastlinska vrsta, starost rastlin in dejavniki, ki vplivajo na preskrbo rastlin z minerali ter na uravnavanje količine ogljikovih nitratov. Pri nizki zunanji koncentraciji nitrata poteče večji del redukcije v koreninah, pri naraščajoči zunanji količini nitrata pa se dušik v nitratni obliki prenaša v nadzemne dele rastline (Demšar, 2003).

2.3.3.3 Vplivi na delovanje nitrat reduktaze

Rastline na senčnih legah vsebujejo večje koncentracije nitrata kot tiste na sončnih legah. Vzrok za to je majhna sinteza ogljikovih spojin, kopičenje aminokislin (rastlina jih zaradi počasne rasti ne porabi), ki s povišano koncentracijo prvotno zavirajo redukcijske procese.

Na delovanje nitrat reduktaze ima pomemben vpliv lega in razporeditev listov na rastlini ter intenzivnost osvetlitve listnih ploskev (Demšar, 2003). Veliko nitratov vsebujejo vrtnine, ki jih gojimo v zimskem času ali zgodaj spomladi, ko primanjkuje svetlobe (Černe in Vrhovnik, 1992).

Nitrat - reduktaza je inducirana glede na koncentracijo NO_3^- v rastlini. Aktivnost encima spreminjajo zunanji dejavniki izven in v rastlini, ki vplivajo na dotok nitratnega iona na mesto redukcije in asimilacije (Demšar, 2003).

Askorbinska kislina naj bi povečala aktivnost in sintezo encima nitrat reduktaze (Demšar, 2003).

Pomanjkanje vode, visoke temperature, ki presegajo optimum posameznih rastlinskih vrst, zmanjšujejo delovanje nitrat reduktaze (Marschner, 1995).

Preveč vlage, premalo svetlobe, previsoke temperature povzročijo, da se dušik, ki ga rastlina sprejme ne vgrajuje v beljakovine, ampak ostaja v celičnem soku kot nitratni ion (Černe in Vrhovnik, 1992).

Večina nitrat - reduktaze se nahaja v rastlini v meristemih mladih listov, poganjkov, in korenin. Največja aktivnost encima je v času najhitrejše rasti, ob koncu formiranja listov pa aktivnost encima začne upadati in to ima za posledico povečanje koncentracije nereduciranega nitrata in kopičenje le tega v vakuolah. V starih listih rastline je glavni dejavnik zmanjšanja aktivnosti encima, zmanjšana zmogljivost prepisovanja mRNA za izdelavo nitrat - reduktaze. Tudi v koreninah največ redukcije poteče v mladem tkivu in se izrazito zmanjšuje v starejših delih korenin (Marschner, 1995).

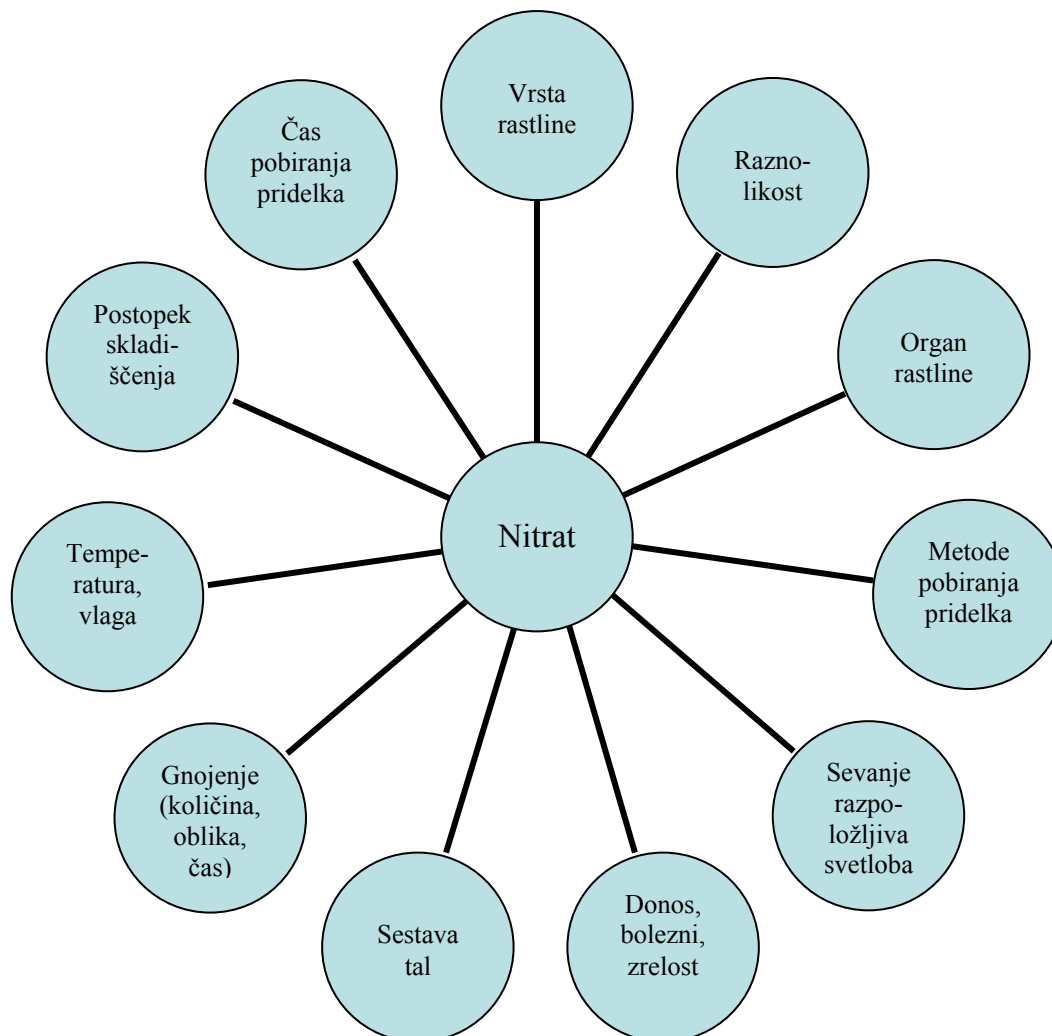
Santamaria in sod. (1999) navajajo, da je različna kapaciteta akumulacije nitrata v odvisnosti od različne lokacije nitrat - reduktazne aktivnosti, različne stopnje absorpcije nitrata in prevajanja po rastlini.

Močan vpliv na sprejem nitrata in redukcijo ter asimilacijo v rastlini ima tudi onesnaževanje okolja s kemičnimi snovmi. Dušikovi oksidi, ki se sproščajo v ozračje z izpušnimi plini, se z oksidacijo v rastlini pretvorijo v nitrat, ki povzroča povečano aktivnost nitrat reduktaze v listih (Demšar, 2003).

2.3.3.4 Uravnavanje akumulacije nitrata v rastlinah

Zelo pomembno je koordiniranje prehrane rastlin v skladu z izbiro različnega genetskega materiala, razvojno fazo in klimatskimi razmerami v katerih rastlina raste (Demšar, 2003).

Pri neomejeni oskrbi z nitratno obliko dušika obstaja velika verjetnost kopičenja tega iona v rastlini. V dvoletni študiji s solato so z izredno majhnimi koncentracijami nitratnega dušika (0,4 in 3 mM) dosegli relativno majhne pridelke (Demšar, 2003). Zmanjševanje oskrbe pridelka z dušikom zmanjšuje donosnost, odvisno od vrste rastlin (Scharpf, 1991). Masa pridelka se pri 65 % zmanjšanju koncentracije nitrata v hranilni raztopini statistično značilno ni razlikovala od mase pridelka rastlin, ki so bile oskrbovane z 9 mmol NO_3^- na liter, zmanjšala pa se je vsebnost nitrata v listih rastlin za 40 %. Dvoletni poskus na solati je bil zasnovan z namenom, da se zmanjša koncentracija nitrata v rastlini brez bistvenega zmanjšanja mase pridelka. Zato se je potreba po dodajanju hranil sproti preračunavala iz podatkov analiz dobro raslih rastlin (Demšar, 2003). Scharpf (1991) navaja, da ima oskrba z dušikom velik vpliv na vsebnost nitrata v rastlinah v poskusih s korenjem, zeleno solato, kolerabo itn. (glej sliko 8).



Slika 8: Faktorji, ki vplivajo na vsebnost nitrata v rastlini (Scharpf, 1991)

Poskusi s prekinitvijo oskrbe z nitratom dušikom v dneh pred pobiranjem pridelka, so pokazali znatno zmanjšanje vsebnosti nitrata v pridelku. V rastlinah prihaja v času prekinjene oskrbe do izrabe akumuliranega dušika, ki ga rastlina veže v organske spojine (Demšar, 2003). Kljub ostalim parametrom, ki vplivajo na vsebnost nitrata v rastlini, je oskrba z dušikom pomemben dejavnik za omejitev vsebnosti nitrata v zelenjavi. Raziskave kažejo na to, da je vsebnost nitrata v pridelku tesno povezana z ostanki dušika v zemlji v času pobiranja pridelka (Scharpf, 1991).

Preglednica 7 : Zveza med vsebnostjo nitrata v zemlji in zelenjavi (Scharpf, 1991)

Zelenjava	NO ₃ N kg / ha v času pobiranja pridelka, 0-60 cm	mg NO ₃ ⁻ / kg sveže snovi
Zelena solata	35	450
	46	880
	96	1150
	106	2415
	126	2500
	130	2895
Špinača	54	286
	59	890
	66	1288
	111	2594
	156	4033
	192	4550

Druge oblike dušika za vzgojo rastlin so: amonijev nitrat (NH₄ NO₃), urea (CO(NH₂)₂), amonijev hidrogen fosfat ((NH₄)₂HPO₄), amonijev klorid (NH₄Cl) in druge. V poskusu s solato so s povečevanjem koncentracije amoniakalnega dušika (50 in 80%) v hranilni raztopini dosegli zmanjševanje vsebnosti nitrata v solati, ob nespremenjeni sveži masi solate (Demšar, 2003). Nekaj virov, ki jih navaja Demšar (2003), poroča o poskusih v katerih ima dodajanje amonijskega dušika v hranilno raztopino za gojenje rastlin pozitiven učinek, kot je opisan zgoraj. Scharpf (1991) ugotavlja, da oskrba z amoniakalnim dušikom zmanjša vsebnost nitrata v zelenjavi.

Veliko nitrata vsebujejo vrtnine, ki jih gojimo v zimskem času ali zgodaj spomladi, ko primanjkuje svetlobe. Solata gojena v rastlinjaku pozimi, pri slabi svetlobi, lahko vsebuje tudi do 3500 mg nitrata/kg. Če jo gojimo na prostem, ko so temperature in osvetlitev ugodnejše, je nitrata desetkrat manj. Korenček vsebuje malo nitrata (30 mg/100 g), če raste v sončnem vremenu z malo padavinami in temperaturami od 15°C do 18 °C. Če pa raste mesec dni pred pobiranjem v oblačnem vremenu z močnimi padavinami in pri nižjih temperaturah je lahko v koreninah tudi do 1200 mg nitrata/kg (Černe in Vrhovnik, 1992).

Santamaria in sod. (1999) navajajo, da raziskani vzorci listnatega radiča, endivje, zelene solate, špinače, itn. vsebujejo manj kot 100 mg nitrata na kilogram sveže snovi. Vsebnost nitrata v špinači je bila večja v jesensko zimskem obdobju kot spomladi. Druge vrste zelenjave niso kazale značilnih razlik v vsebnosti nitrata glede na letni čas (Santamaria in sod., 1999). Aktiven sprejem nitrata je odvisen od preskrbe korenin z ogljikovimi hidrati, ki nastajajo v procesu fotosinteze. Rastline, ki rastejo pri slabi osvetlitvi, akumulirajo večje koncentracije nitrata; ugotovili so, da ta nadomešča organske snovi v vakuolah (pri solati večinoma malat, fruktoza in glukoza) in s tem ohranja osmotski tlak celic (Demšar,

2003). Rastlina sprejema nitrat zaradi osmoze, ko je na razpolago malo ali nič svetlobe, zato so vsebnosti nitrata višje zjutraj kot popoldne (Scharpf, 1991).

Na to kako osvetljeni so listi, vpliva tudi sam položaj listov na rastlini. Pri solati so zunanji listi rozete bolje osvetljeni in kljub temu vsebujejo v primerjavi z notranjimi, večje količine nitrata (Carrasco in sod., 1994).

Večje koncentracije nitrata v zunanjih listih rastline (kljub boljši osvetljenosti) so odraz večjega transpiracijskega vleka ob močnejšem izhlapevanju na zunanjih listih in upočasnitve asimilacijskih procesov nitrata, zaradi staranja zunanjih listov (Demšar, 2003). Podobno ugotavljajo tudi Santamaria in sod. (1999), da notranji listi zelene solate vsebujejo manj nitrata kot zunanji, enako v glavnem radiču.

Ob dobri osvetlitvi solate v rastnem obdobju koncentracija nitrata pada, istočasno pa se povečuje koncentracija organskih kislin (jabolčna kislina) in sladkorjev (Demšar, 2003).

V večini analizirane listnate zelenjave je bil nitrat obratno sorazmeren s suho snovjo. Obratna sorazmernost nitrata in suhe snovi je povezana z neučinkovito asimilacijo nitrata, ki se pojavi na primer pod slabimi pogoji osvetlitve. To potrjuje osmotsko regulatorno funkcijo nitrata in nadomestitev organskih kislin in sladkorjev (Santamaria in sod., 1999).

Dodatno osvetljevanje, ki je možno poleg naravne osvetlitve, nima vedno pozitivnega učinka s stališča pridelka in kakovosti pridelane zelenjave. Vpliv na akumulacijo nitrata ima osvetljevanje solate v nočnem času; doseženo je bilo zmerno padanje nitrata v nočnem času, ki se je povečevalo ob sončnem vzhodu (Carrasco in Burrage, 1993).

Osvetljevanje rastline so imele pozitivno neto fotosintezo, s tem so bile zadovoljene osnovne potrebe po organskih kislinah in ogljikovih hidratih, vključenih v procesu osmoregulacije. Sprejem nitrata v solato, ki raste ob konstantnem dnevno – nočnem ritmu, naj bi imel dva vrha: enega podnevi v dopoldanskem času in drugega kmalu po začetku nočne periode (Demšar, 2003). Dnevni vrh sprejema je rezultat velikih potreb po dušiku (te se pojavijo zaradi aktivne fotosinteze), povečan sprejem ponoči pa naj bi bil povezan s funkcijo ohranjanja osmotskega potenciala. Akumulacija nitrata se na začetku nočne periode rahlo povečuje, medtem ko se sprejem nitrata v rastlino zmanjšuje. To neskladje pojasnjuje odziv zmanjšane delovanja encima nitrata reduktaze ob prekinitvi osvetlitve, ki je veliko hitrejši in izrazitejši, kot zmanjševanje sprejema nitrata v korenine. Akumulacija nitrata v listih se začne povečevati že v popoldanskih urah in doseže vrh v nočnem času (Carrasco in Burrage, 1993).

Prisotnost kloridnega iona kot antagonist nitratnemu ionu v hranilno raztopino lahko uspešno pripomore k zmanjševanju sprejema nitrata v rastlino. Z zamenjavo nitratnega iona v zadnjem tednu rasti s kloridnim ionom so v poskusu dosegli znatno zmanjšanje vsebnosti nitrata pri dveh sortah solate, pri eni pa zmanjšanje ni bilo statistično značilno (Demšar, 2003).

Povečevanje temperature v območju korenin vpliva na večjo prepustnost membran in povečano celično dihanje, zato se povečuje tudi sprejem snovi v korenine (Demšar, 2003).

Razlika v akumulaciji nitrata med različnimi sortami je lahko povezana z morfologijo

glav solate ali posredno s sprejemom in asimilacijo dušika v rastlino (Demšar, 2003).

Consalter in sod. (1992) navajajo, da obstaja velika variabilnost med vzorci iste sorte zelenjave, ki zavisi od kulturalne tehnike in klimatskih pogojev.

V poskusu so ugotovili, da so koncentracije nitrata pri mladih rastlinah znatno večje kot pri starejših, razen pri dveh sortah solate, kjer se statistično niso razlikovale.

Domnevajo, da rastline, ki vsebujejo veliko suhe snovi, vsebujejo tudi veliko organskih snovi raztopljenih v vakuoli. Ugotovljeno je bilo, da so večje razlike med posameznimi sortami v količini nitrata opazne v listih in nekoliko manjše v koreninah (Demšar, 2003).

Zelenjava in sadje sta bogata z askorbinsko kislino, tokoferoli, karotenoidi in flavonoidi. Te sestavine zavirajo nastanek nitrozaminov. S kuhanjem zelenjave v vodi, z nizko vsebnostjo nitrata, odstranimo vsaj 50 % akumuliranega nitrata v zelenjavi (Santamaria in sod., 1999).

Tudi Consalter in sod. (1992) navajajo, da kuhanje zmanjša vsebnost nitrata v zelenjavi, vendar je to zmanjšanje odvisno od same vrste zelenjave.

Količina nitratov in nitritov se v vrtninah poveča, če jih shranjujemo pri sobni temperaturi (Černe in Vrhovnik, 1992).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIAL

Za vzorčni material smo izbrali rdeči Veronski radič, selekcijo "Cologna", poznega tipa. Vzorci radiča so bili pobrani v mesecu januarju, leta 2003 v območju Strunjana. Pri vsakem vzorcu radiča smo v radiju 20 cm in enaki globini, vzeli še vzorec zemlje v kateri je rasel.

3.2 NAČRT DELA

Vzorke radiča smo skladiščili v hladilnici pri temperaturi 1°C in relativni vlagi 80 %. Vsakemu vzorcu radiča, ki jo je predstavljala posamezna glava, smo odstranili ovenele in poškodovane zunanje liste, jo stehali in zabeležili njeno težo. Potem smo glavo radiča razrezali kot prikazuje slika 9.



Slika 9: Razrez glave radiča

Oznake:

- 1 kocen,
- 2 in 3 spodnji del glave radiča,
- 4 in 5 zgornji del glave radiča,
- A in B paralelke.

Po razrezu smo vsak del radiča shranili v plastično vrečko in označili, kot je prikazano na sliki številka 9. Sledilo je:



- določanje vsebnosti vitamina C
v vsakem označenem delu vzorca



- določanje vsebnosti suhe snovi
v vsakem označenem delu vzorca



- določanje vsebnosti nitratov
v vsakem označenem delu vzorca

Slika 10: Shema dela

Naslednji vzorec smo vzeli iz hladilnice potem, ko smo na prejšnjem opravili vse meritve, ali smo ga pripravili na meritve tako, da smo ga zamrznili (določanje nitratov in C vitamina). Skupno število vzorcev je 12 glav radiča, ki so bili oštevilčeni z zaporednimi številkami od 1 do 12. V postopku analize smo določene vzorce izločili.

3.3 METODE DELA

3.3.1 Določanje suhe snovi v radiču

Suho snov smo določali, s klasičnim sušenjem pri 105 °C za 3 ure do konstantne teže.

3.3.2 Določanje C vitamina v radiču

3.3.2.1 Priprava vzorca

Po razrezu, ki je prikazan na sliki 9, smo sesekljali vsak označen del vzorca posebej s

plastičnim nožem (da ne pospešujemo oksidacije askorbinske kisline). Potem smo zatehtali 4 g označenega dela vzorca v stekleno epruveto in dodali 8 g raztopine 2 % metafosforne kisline ter homogenizirali z Ultraturax-om T25. In sicer kocen 3 minute pri 24000 obratih, za spodnji in zgornji del je zadostovalo že 2 minuti pri 9500 obratih. Ostanek vzorca smo izprali s 4 g, 2 % metafosforne kisline in epruveto pokrili s parafilmom. Vzorce smo pustili 1 uro pri sobni temperaturi. Nato smo jih prelili v centrifugirke in centrifugirali pri 3000 obratih 15 minut. Supernatant smo prelili v Eppendorf centrifugirke in zamrznili pri $T = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pred analizo smo vzorce odtajali pri sobni temperaturi in jih ponovno centrifugirali pri 14000 obratih, 15 minut. Nato smo supernatant filtrirali preko celulozaacetatnega filtra (Milipore $0,45\text{ }\mu\text{m}$) tako, da smo prve mililitre filtrata zavrgli, ostalo pa shranili v vialo in analizirali s HPLC metodo.

Priprava 2% metafosforne kisline

V tarilnici smo zdrobili kristale metafosforne kisline (HPO_3), nato smo zatehtali 10 g metafosforne kisline v 400 ml čašo in dodali destilirano vodo. Vse skupaj smo mešali toliko časa, da so se drobcji metafosforne kisline raztopili. Vsebino smo prelili v 500 ml bučo in dopolnili do oznake z destilirano vodo.

3.3.2.2 Priprava standarda

V bučko smo zatehtali 10 mg askorbinske kisline L(+) in dodali 100 ml 2 % raztopine metafosforne kisline.

3.3.3.3 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 injiciranja : 10 μl
Detektor : UV- VIS, 245 nm, Knauer

3.3.3.4 Izračun koncentracije askorbinske kisline

S standardi smo lahko določili formulo umeritvene krivulje.

$$y = 7,2979 x + 21,582 \quad (5)$$

y = površina spektroskopskega vrha vzorca pri ustrezni konc.

x = koncentracija askorbinske kisline (mg/l)

S pomočjo umeritvene krivulje smo izračunali vsebnost askorbinske kisline v vzorcu radiča, pri predpostavki, da je gostota homogeniziranega vzorca enaka 1,0 kg/l, sledi, da je konc. ask. ksl. v (mg/l) enaka vsebnosti ask. ksl. v (mg/kg) :

$$\text{Vsebnost askorbinske ksl. (mg/100 g)} = \frac{m * x'}{m_{vz.} * 10} \quad (6)$$

m = masa vzorca radiča in 2 % metafosforne kisline (g)

m_{vz.} = masa vzorca radiča (g)

x' = vsebnost askorbinske ksl. v ekstraktu (mg/ 1000 g)

3.3.3 Določanje vsebnosti nitratov v radiču

Določanje koncentracijskega območja nitratov v radiču z reflektometrično metodo

Ugotavljali smo ga z napravo MERCK RQflex. Po razrezu, ki ga opisuje slika 9 smo iztisnili iz vsakega dela vzorca sok, ga razredčili z destilirano vodo v razmerju 1:2 ter kapljico kanili na listič Reflectoquant MERC, ki ima koncentracijsko območje 5 - 225 mg/l in izmerili. Za vzorec smo vzeli eno glavo radiča. Poskus nam je služil za orientacijo, v katerem območju naj bi pričakovali koncentracijo nitratov v vzorcih.

3.3.3.1 Priprava vzorca

Vsak označen vzorec po razrezu kot ga opisuje slika 9, smo sesekljali v sekljalniku Moulinex. Potem smo v čašo zatehtali okoli 2,5 g označenega dela vzorca na dve decimalni natančno, dodali 30 ml bidestilirane vode s temperaturo 70 °C ter postavili v kopel s temperaturo od 60 do 70 °C. Aparaturo TECATOR 1024 SHAKING BATH smo nastavili na tretjo stopnjo stresanja.

Po 15 minutah smo vzorce ohladili pri sobni temperaturi jih kvantitativno prenesli v 100 ml bučke, dopolnili do oznake z bidestilirano vodo, prefiltrirali preko najbolj grobega filternega papirja in v Eppendorf centrifugirkah zamrznili pri T = - 18 °C .

3.3.3.2 Princip metode

Nitrate smo reducirali do nitritov s hidrazin / bakrovim sulfatom. Nitriti so reagirali s sulfanilamidom in tvorili diazo spojine. Te so reagirale z N-naftiletilen diamin dikloridom in tvorile purpurno barvilo. Intenziteto purpurne barve, ki je nastala v reakciji, smo izmerili na aparatu TECHNICON AUTOANALYZER II pri 520 nm.

3.3.4 Določanje vsebnosti nitratov v zemlji

3.3.4.1 Priprava vzorca

Vzorci zemlje smo pripravili tako, da smo iz nje pobrali vse kamenčke, koreninice in jo čimbolj zdrobili in posušili na sobni temperaturi.

V 250 ml bučko smo zatehtali 10 g vzorca (suha masa zemlje), dodali smo 100 ml 2M KCl in dali na stresalnik TECATOR 1024 SHAKING BATH za 1 uro, ki smo ga nastavili na prvo stopnjo (120/ min). Potem smo vsebino filtrirali preko najbolj grobega filtrirnega papirja in v plasičnih epruvetah zamrznili pri $T = - 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Postopek smo nadaljevali kot je opisano v točki 3.3.3.2.

4 REZULTATI

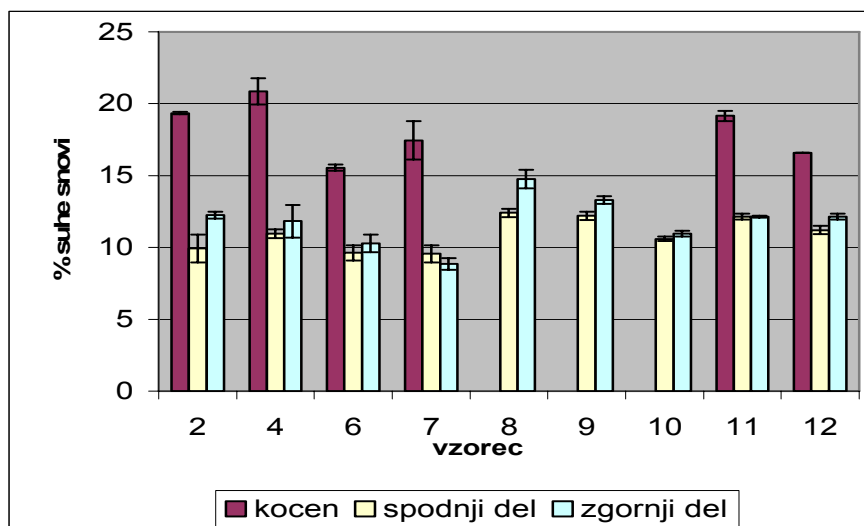
4.1 SUHA SNOV

V naslednjih preglednicah in na slikah so predstavljeni rezultati vsebnosti suhe snovi (%), dobljeni s sušenjem pri 105 °C do konstantne teže in sicer v različnih delih rastline (v kocenu, spodnjem in zgornjem delu).

Preglednica 8: Odstotek suhe snovi v kocenu, spodnjem in zgornjem delu vzorca radiča

Številka vzorca	% SS v kocenu	±SD	% SS v spodnjem delu	±SD	% SS v zgornjem delu	±SD
2	19,3	0,1	9,9	0,9	12,2	0,2
4	20,8	0,9	10,9	0,3	11,8	1,1
6	15,5	0,2	9,6	0,5	10,3	0,6
7	17,4	1,3	9,5	0,6	8,8	0,4
8	-	-	12,4	0,3	14,7	0,6
9	-	-	12,2	0,3	13,3	0,3
10	-	-	10,6	0,1	10,9	0,2
11	19,1	0,3	12,1	0,2	12,1	0,8
12	16,6	0	11,2	0,3	12,1	0,2
$X_{\text{povp.}}$	18,1	0,5	10,9	0,8	11,8	0,5

$X_{\text{povp.}}$ = povprečna vrednost



Slika 11: Primerjava odstotka suhe snovi v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča

Zanimale so nas razlike v vsebnosti suhe snovi med kocenom, spodnjim in zgornjim delom radiča. Na sliki 11 je ta razlika lepo vidna. Kocen vsebuje v primerjavi z ostalima deloma rastline največ suhe snovi, zgornji del manj, spodnji pa najmanj. Razvidne so velike razlike v vsebnosti suhe snovi med kocenom in zgornjim delom ter majhne med spodnjim in zgornjim delom.

Slika 11 nam prikazuje odstotek suhe snovi v kocenu posameznega vzorca radiča. Minimalna vrednost je 15,5 % in maksimalna 20,8 %. Povprečna vrednost suhe snovi izražena v odstotkih v kocenu je bila 18,1 %.

Povprečna vrednost % suhe snovi v spodnjem delu radiča je 10,9 %. Minimalna vrednost % suhe snovi v spodnjem delu radiča, ki jo prikazuje slika je 9,5 %, maksimalna pa 12,4 %. Povprečje standardnih odklonov je v kocenu 0,5, v spodnjem delu je 0,8 in v zgornjem 0,5.

Slika predstavlja tudi % suhe snovi v zgornjem delu radiča, posameznega vzorca in sicer je minimalna vrednost enaka 8,8 %, maksimalna pa 14,7 %. Povprečna vrednost je 11,8 %.

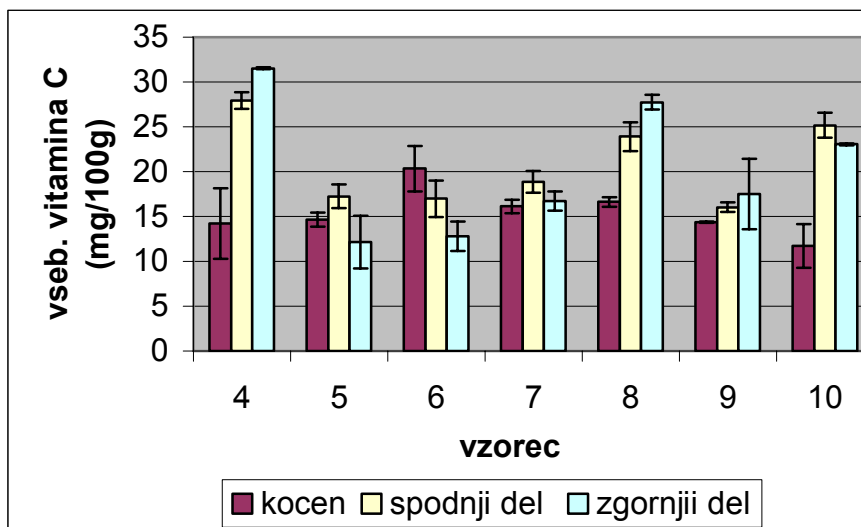
Meritve vsebnosti suhe snovi smo opravili v času od 13.02.2003 do 17.04.2003 in sicer na vzorcih označenih s številkami 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

Rezultatov za vzorec številka 5 ni, ker nismo imeli dovolj vzorca. Iz istega razloga nismo mogli določiti % suhe snovi v kocenu, vzorcev številka 8, 9, 10. Vzorca številka 3 nismo uporabili.

4.2. VITAMIN C

Preglednica 9: Vsebnost vitamina C v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča posameznega vzorca, v mg/100 g sveže mase

Številka vzorca	Vsebnost vit. C v kocenu (mg/100 g)	±SD	Vsebnost vit. C v spodnjem delu (mg/100 g)	±SD	Vsebnost vit. C v zgornjem delu (mg/100g)	±SD
4	14,2	3,9	28,3	0,9	31,5	0,1
5	14,6	0,8	17,1	1,3	18,3	2,9
6	20,3	2,5	17,0	2,0	20,6	1,6
7	16,1	0,7	19,2	1,2	24,6	1,0
8	16,6	0,5	23,9	1,6	27,7	0,8
9	14,3	0,1	16,0	0,5	17,5	3,9
10	11,7	2,4	25,1	1,4	23,0	0,1
X _{povp.}	15,4	1,6	21,0	1,3	23,3	1,5

X_{povp.} = povprečna vrednost**Slika 12:** Primerjava vsebnosti vitamina C v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča, v mg/100g sveže mase

Slika 12 prikazuje podatke o vsebnosti C vitamina v kocenu radiča, minimalna vrednost je 11,7 mg/100g in maksimalna 20,3 mg/100g. Povprečna vrednost je 15,4 mg vitamina C na 100g vzorca.

Prikazani so tudi podatki o vsebnosti vitamina C v spodnjem delu radiča. Vrednosti se gibljejo v območju od 16,0 mg/100g do 28,3 mg/100g. Povprečna vrednost je 21,0 mg

vitamina C na 100 g vzorca.

Minimalna vrednost vsebnosti vitamina C v zgornjem delu radiča je 17,5 mg/100g, maksimalna 31,5 mg/100g. Povprečna vrednost vitamina C je 23,3 mg/100g.

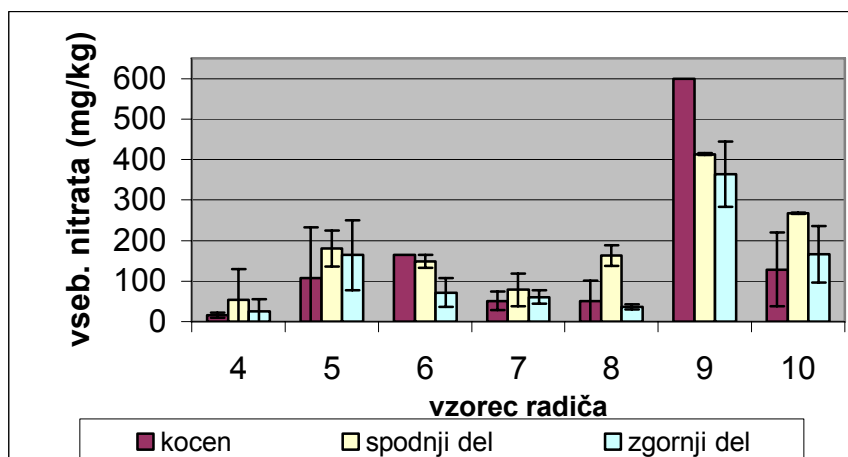
Obstajajo razlike v vsebnosti vitamina C, ne samo med vzorci, ampak tudi med različnimi deli rastline. Tako prikazuje slika 12 v kocenu najmanjšo vsebnost vitamina C (izjema je vzorec številka 6), največ vitamina C pa vsebuje zgornji del radiča. Izjema na grafu je vzorec številka 10, kjer je več C vitamina v spodnjem delu radiča. Glede na povprečno vrednost vsebnosti vitamina C v radiču, vsebuje najmanj vitamina C kocen in največ zgornji del. Meritve smo opravili na vzorcih oštevilčenimi zaporedno od 4 do 10.

4.3 NITRATI V RADIČU

Preglednica 10: Vsebnost nitrata v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča posameznega vzorca, v mg/kg sveže mase

Številka vzorca	Vsebnost nitrata v kocenu (mg/ kg)	±SD	Vsebnost nitrata v spodnjem delu (mg/ kg)	±SD	Vsebnost nitrata v zgornjem delu (mg/ kg)	±SD
4	15,1	6,3	54,5	74	24,7	30
5	108	125	180	44,3	164	86
6	165,2	-	149	16	71,3	36
7	51,2	23	78,3	40	60,9	17
8	50,5	51	163	25	36,3	6,2
9	600	-	413	2	364	80
10	129	91	268	2	166	69
$X_{povp.}$	135	59	149	29	87,2	46

$X_{povp.}$ = povprečna vrednost



Slika 13: Primerjava vsebnosti nitrata (mg/kg sveže mase) v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča

Na grafu (slika 13) se vrednosti vsebnosti nitratov, v kocenu radiča gibljejo v območju od 15,1 do 600 mg/kg, ob tem večina vzorcev nahaja v območju do 200 mg/kg. Povprečna vrednost je 135 mg nitrata na kg vzorca. Pri tem smo izvzeli vzorec številka 9, edina opazna razlika v primerjavi z ostalimi vzorci med postopkom dela je najmanjša masa vzorca glave radiča. Pri vzorcu številka 5 so bile med paralelkami velike razlike.

Slika 13 prikazuje tudi rezultate vsebnosti nitratov v spodnjem delu radiča, kjer je minimalna vrednost 54,5 mg/kg, maksimalna pa 413 mg/kg. Povprečna vrednost je 149 mg/kg. Tudi tukaj smo izvzeli vzorec številka 9, zaradi ekstremne vrednosti vsebnosti nitrata. Pri vzorcu številka 4 so se med paralelkami pojavljale zelo velike razlike.

Podani so še rezultati vsebnosti nitrata v zgornjem delu radiča in te se gibljejo v območju od 24,7 mg/kg do 364 mg/kg, ki je maksimalna vrednost vzorca številka 9. Povprečna vrednost vsebnosti nitrata v zgornjem delu radiča je 87,2 mg/kg, pri tem je izvzet vzorec številka 9. Pri vzorcu številka 4 so se med paralelkami pojavljale zelo velike razlike.

V grafu na sliki 13 je predstavljena primerjava vrednosti vsebnosti nitratov v kocenu, spodnjem in zgornjem delu radiča. Glede na izračunane povprečne vrednosti vseh vzorcev, posebej v kocenu, spodnjem in zgornjem delu, vsebuje zgornji del najmanj nitratov spodnji pa največ. Iz grafa je razvidno, da vsebuje spodnji del radiča največ nitrata, razen pri vzorcu številka 6 in 9, kjer so vrednosti nitrata v kocenu večje. Težje določljiva je najmanjša vsebnost nitrata v delu rastline, ker vzorci številka 4, 5, 7 in 10 vsebujejo v kocenu najmanjšo vsebnost nitrata. Vzorci številka 6, 8, in 9 pa v zgornjem delu najmanjšo vsebnost nitrata.

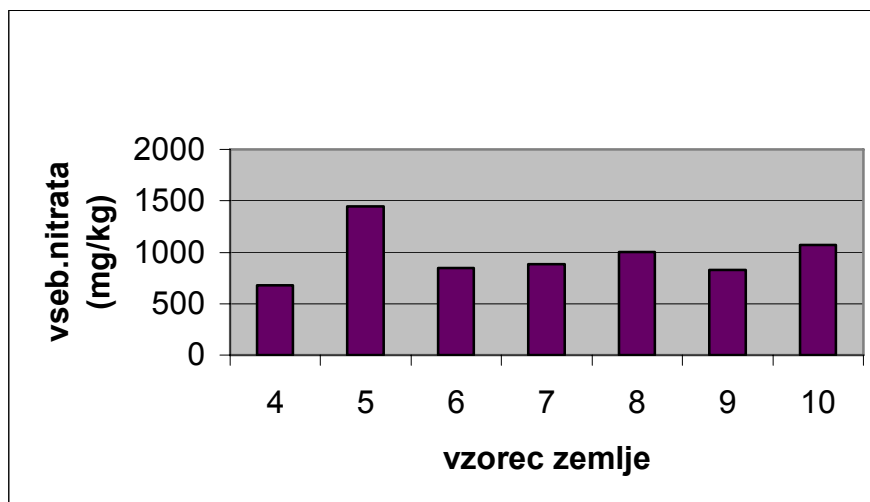
Meritve smo opravili na vzorcih označenih z zaporednimi številkami od 4 do 10.

4.4 NITRATI V ZEMLJI

Preglednica 11: Vsebnost nitrata v zemlji, v mg/kg zemlje

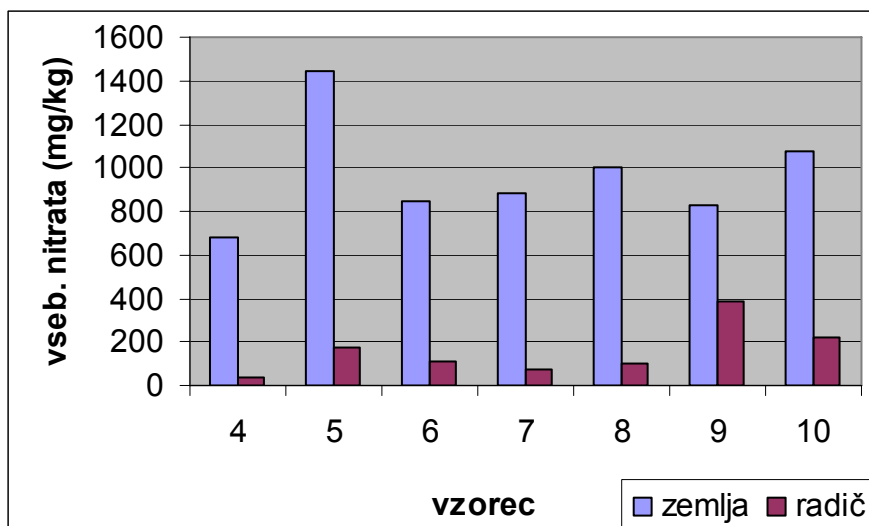
Številka vzorca	Vsebnost nitrata v zemlji (mg/kg)
4	677
5	1448
6	845
7	885
8	1005
9	828
10	1071

Izmerjene vsebnosti nitrata v zemlji so bile v našem primeru zelo visoke.

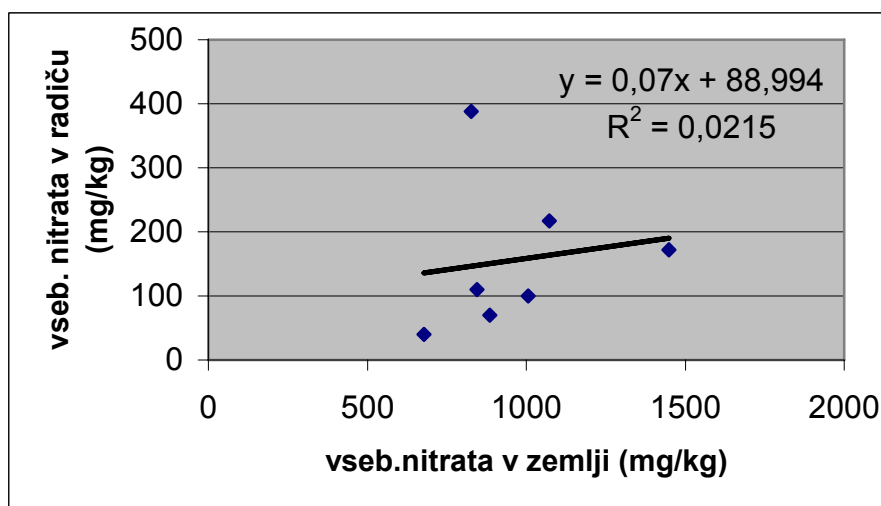
**Slika 14:** Vsebnost nitrata v zemlji, v mg/kg zemlje

Na grafu (slika 14) so predstavljeni rezultati vsebnosti nitrata v zemlji. Minimalna vrednost je 677 mg/kg in maksimalna 1448 mg/kg. Povprečna vrednost je 966 mg nitrata na kg vzorca zemlje. Vzorci na katerih smo opravili analize so oštevilčeni od 4 do 10.

Zanima nas ali je razvidna povezava rezultatov med vsebnostjo nitrata v radiču in vsebnostjo nitrata v zemlji.



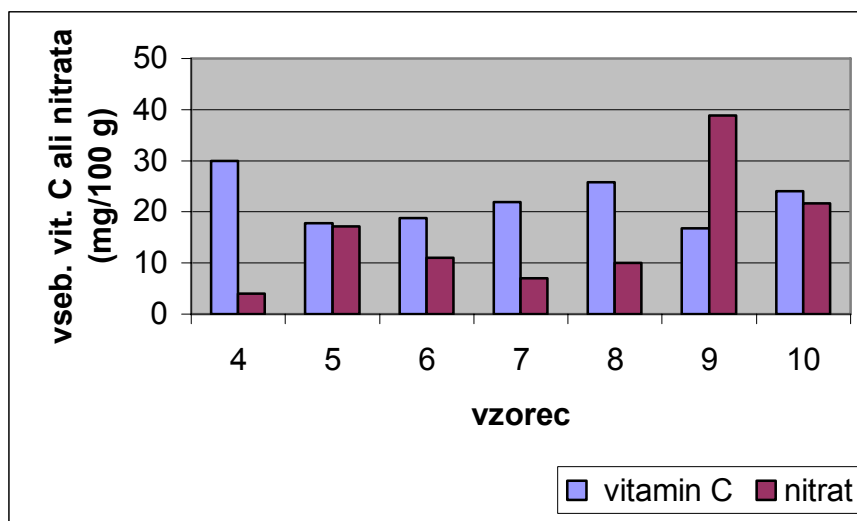
Slika 15: Primerjava povprečne vsebnosti nitrata (mg/kg sveže mase radiča) v zgornjem in spodnjem delu radiča in vsebnosti nitrata v zemlji (mg/kg)



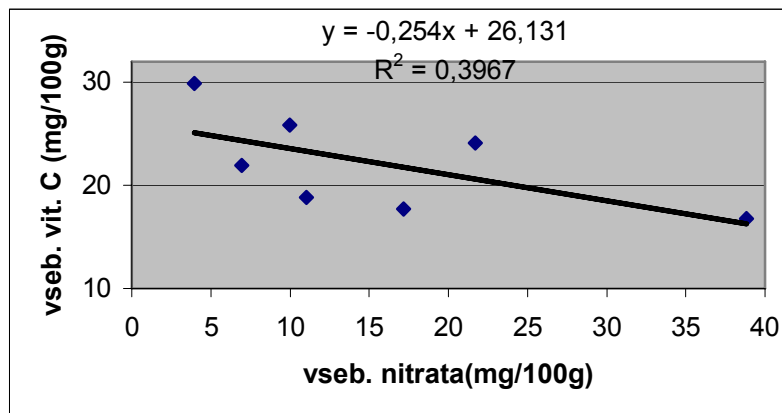
Slika 16: Vsebnost nitrata (mg/kg) v radiču v odvisnosti od vsebnosti nitrata v zemlji

Iz slike 15 in 16 je razvidno da pri raziskovanih vzorcih ni korelacij med vsebnostjo nitrata v zemlji neposredno pod rastlino in vsebnostjo nitrata v posameznih rastlinah radiča (korelacijski koeficient $R^2 = 0,02$).

4.5 PRIMERJAVA VSEBNOSTI NITRATA IN VITAMINA C V RADIČU



Slika 17: Primerjava vsebnosti povprečja spodnjega in zgornjega dela radiča za vitamin C in nitrat v mg/ 100 g



Slika 18: Vsebnost (mg/100 g) vitamina C v odvisnosti od nitrata

Med vsebnostjo vitamina C in vsebnostjo nitrata v posameznem vzorcu je $R^2 = 0,4$. Obstaja samo tendenca manjše vsebnosti vitamina C, pri vzorcih z večjo vsebnostjo nitrata.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Suha snov

Povprečna vsebnost suhe snovi v kocenu je 18,1 %, v spodnjem delu 10,9 % in v zgornjem delu radiča 11,8 %. Rezultati kažejo, da je največja vsebnost suhe snovi v kocenu radiča. Medtem, ko je razlika med spodnjim in zgornjim delom minimalna.

Sklepamo lahko, da je najmanjša vsebnost suhe snovi v spodnjem delu radiča, zaradi žilnega sistema, ki je v tem delu radiča zelo razvit. Spodnji del ima manjšo površino in je bolj zaščiten pred izhlapevanjem kot zgornji.

5.1.2 Vitamin C

Glede na dobljene rezultate je povprečna vsebnost vitamina C v kocenu 15,3 mg/100 g sveže mase, v spodnjem delu 20,9 mg/100 g sveže mase, in v zgornjem delu radiča 23 mg/100 g sveže mase.

To pomeni, da se največ C vitamina nahaja v zgornjem delu radiča in najmanj v kocenu radiča.

V literaturi zasledimo, da se vrednost koncentracije C vitamina giblje od 2,9 - 30 mg/100 g očiščenega radiča (Černe in Vrhovnik, 1992). V vzorcu številka 4, smo dobili rezultat 31,5 mg/100 g sveže mase, kar je tudi največja določena vsebnost vitamina C med rezultati.

Vsebnost vitamina C je odvisna med drugim tudi od časa in pogojev skladiščenja (Golob, 2000) ter od sončne svetlobe, ki jo del rastline prejme med rastjo (Basu in Dickerson, 1996). Vzorce radiča smo obdelali med 19.2.2003 in 26.3.2003 in sicer od vzorca številka 4 do 10. Skladiščili smo v pogojih pri $T = 1^{\circ}\text{C}$ in $\text{RV} = 80\%$.

Vzrok za večjo vsebnost vitamina C v zgornjem delu radiča je verjetno sončna osvetlitev, saj zgornji del radiča med rastjo prejme več svetlobe, kot spodnji del ali kocen.

Vitamin C je občutljiv na temperaturo, svetlobo in kisik, zato je priprava vzorca precej zahtevna in je odstopanje rezultatov pričakovano. Le to je med drugim posledica tudi biološke variabilnosti.

Vitamin C ima imunsko funkcijo in funkcijo antioksidanta, je pomemben pri preprečevanju tvorbe potencialnih karcinogenih nitrozaminov v želodcu (Machlin in Hueni, 1997). Priporočen dnevni vnos vitamina C je 100 mg/dan za odraslo osebo, kar pomeni, da bi morali zaužiti okoli 300 g radiča, ki smo ga analizirali v diplomski nalogi, da bi zadostili priporočilom.

5.1.3 Nitrati v radiču

Vsebnost nitrata v kocenu je v povprečju 135 mg/kg sveže mase, v spodnjem delu je 149 mg/kg sveže mase in v zgornjem delu radiča je 87,2 mg/kg sveže mase. Glede na del radiča, vsebuje spodnji del največ nitrata. Iz slike 13 je razvidno, da najnižje vsebnosti nitrata precej varirajo, štiri vzorci imajo najmanjšo vsebnost nitrata v kocenu radiča. Izračunane povprečne vrednosti o vsebnosti nitrata v radiču pa kažejo na najmanjšo vsebnost nitrata v zgornjem delu radiča. Pri pripravi vzorca smo zgornje ovene liste odstranili, kot bi jih pri pripravi hrane.

Preveč vlage, premalo svetlobe, previsoke temperature povzročijo, da se dušik, ki ga rastlina sprejme ne vgrajuje v beljakovine, ampak ostaja v celičnem soku kot nitrati ion (Černe in Vrhovnik, 1992). Zgornji del radiča, dobiva med rastjo več svetlobe kot spodnji in verjetno bi lahko rekli, da so zato vrednosti nitrata v spodnjem delu radiča višje. Tudi žilnega sistema je več v spodnjem delu kot v zgornjem.

Na sprejem nitrata vplivajo notranji in zunanji dejavniki. Ob zmanjšani jakosti osvetlitve, so zaradi zmanjšane asimilacije, zaznali zmanjšan sprejem dušika v rastline. Zaradi zmanjšane sprejema dušika, se zmanjša aktivnost za redukcijo nitrata, kar povzroči povečanje akumulacije nitrata v rastlini (Demšar, 2003).

Rastline reducirajo vsebujoč nitrat ob visoki porabi energije in ga pretvarjajo v aminokislino, proteine in druge dušik vsebujoče komponente (Scharpf, 1991).

Priporočena meja vnosa nitrata iona je 0 - 3,65 mg/kg telesne teže na dan, ki jo priporoča SCF (znanstveni komite za živila). ADI (Acceptable daily intake) za osebo teško 60 kg je 100 g surove zelenjave z vsebnostjo 2190 mg NO_3^- /kg sveže snovi (Santamaria in sod., 1999). Analiziran radič vsebuje v povprečju v spodnjem delu 149 mg NO_3^- /kg sveže mase, kar je med manjšimi vrednostmi, ki jih navaja literatura.

5.1.4 Povezava med vitaminom C in nitrati v radiču

Na podlagi rezultatov lahko zaključimo, da obstaja tendenca da deli radiča, ki vsebujejo več vitamina C, vsebujejo manj nitrata in obratno.

Askorbinska kislina naj bi povečala aktivnost in sintezo encima nitrat reduktaze (Demšar, 2003). S tem se zmanjšuje vsebnost nitrata v rastlini.

Zelenjava in sadje sta bogata z askorbinsko kislino, tokoferoli, karotenoidi in flavonoidi. Te sestavine inhibirajo tvorbo nitrozaminov. S kuhanjem zelenjave v vodi z nizko vsebnostjo nitrata, odstranimo vsaj 50% akumuliranega nitrata v zelenjavi (Santamaria in sod., 1999).

Tudi Consalter in sod. (1992) navajajo, da kuhanje zmanjša vsebnost nitrata v zelenjavi, vendar je to zmanjšanje odvisno od same vrste zelenjave.

5.1.5 Povezava med nitrati v radiču in nitrati v zemlji

Raziskave kažejo na to, da je vsebnost nitrata v pridelku tesno povezana z ostanki dušika v zemlji, v času pobiranja pridelka (Scharpf, 1991).

Nereduciran nitrat se akumulira v vakuolah korenin, poganjkov in zelenih listov (Demšar, 2003). Pri nizki zgornji koncentraciji nitrata, poteče večji del redukcije v koreninah. Naraščajoča zgornja količina nitrata pa povzroči, da se dušik v nitratni obliki prenaša v nadzemne dele rastline (Demšar, 2003).

S pomočjo uporabljene metode in omejenega števila vzorcev, v našem poskusu nismo uspeli določiti povezave, med vsebnostjo nitrata v zemlji in vsebnostjo nitrata v radiču.

5.2 SKLEPI

- ❖ Vsebnost suhe snovi v radiču se giblje med 10,9 % in 18,1 %. Največja vsebnost suhe snovi je v kocenu radiča, najmanjša pa v spodnjem delu radiča.

- ❖ Vsebnost vitamina C v radiču je 15,3 - 23 mg/100 g sveže mase. V kocenu je vsebnost vitamina C najmanjša. V zgornjih delih radiča pa največja.

- ❖ Vsebnost nitrata v radiču je največja v spodnjem delu in najmanjša v zgornjem delu. Vsebnost nitrata v radiču se gibljejo med 87,2 - 149 mg/kg sveže mase

- ❖ Ugotovili smo tendenco, da je vsebnost vitamina C večja pri tistih vzorcih radiča, kjer je vsebnost nitrata manjša.

6 POVZETEK

V vrsti raziskav so ugotovili, da varovalne sestavine zmanjšujejo tveganje za nastanek raka, bolezni srca in ožilja. Ker so danes te bolezni še vedno velik problem, se moramo zavedati pomembnosti zdrave prehrane za naše zdravje. V zdravi prehrani sta sadje in zelenjava zelo pomembna. Vsebudeta veliko varovalnih komponent (vitaminov, mineralov in prehransko pomembnih vlaknin).

Med vitamini igra pomembno vlogo askorbinska kislina (vitamin C). Radič vsebuje izmed vseh vitaminov največ vitamina C. Askorbinska kislina je najpomembnejši antioksidant v ekstracelularni tekočini. Varuje organizem pred reaktivnimi prosti radikali. Antioksidanti zaščitijo živilo pred oksidanti, s katerimi reagirajo hitro in tako preprečijo nastanek neželenih oksidacijskih produktov.

Vitamin C je občutljiv na toploto, svetlobo in prisotnost kisika. Dolgo skladiščenje ali kuhanje znatno zmanjša vsebnost vitamina C v živilih. Zato je uživanje svežega sadja in zelenjave najboljši način zagotavljanja zadostnih količin vitamina C.

Poznavanje vsebnosti vitamina C je prav zaradi njegove občutljivosti na kemijsko in encimsko oksidacijo pomemben pokazatelj kakovosti živila in ustrezen parameter za spremljanje sprememb med predelavo in skladiščenjem, obenem pa tudi pokazatelj kako sveže je živilo.

Zelenjava in sadje vsebudeta relativno visoke koncentracije vitamina C. Reducenti kot je askorbinska kislina (pogosta v zelenjavi in sadju), inhibirajo tvorbo nitrozaminov.

Nitrat se v prebavnem sistemu reducira do nitrita. Nitrit lahko vstopa v reakcije z amini, zato je smatrajo nitrat kot možni prekursor karcinogenih nitrozaminov.

Ugotavljajo, da velik vnos nitratov zaradi uživanja večjih količin zelenjave pri vegeterjancih ne predstavlja večjega tveganja za razvoj želodčnega raka in ima lahko celo zaščitno vlogo. Toksične učinke nitritov, študije povezujejo bolj z ravno higieno pridelave in pri pripravi hrane.

Santamaria in sod. (1999) so mnenja, da je potrebno upoštevati sestavine v zelenjavi, kot so askorbinska kislina in fenoli ter druge, ki zavirajo toksične učinke nitritov.

V nalogi smo raziskovali kakšna je vsebnost nitrata in vitamina C, v posameznih delih radiča ter kakšna je korelacija med vsebnostjo nitrata in vitamina C.

Vzorci za analizo smo skladiščili pri $RV = 80\%$ in $T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

V različnih časovnih intervalih smo pripravili vzorce za analizo.

Za določanje vitamina C v radiču smo vzorec najprej homogenizirali v metafosforni kislini, centrifugirali in zamrznili pred nadaljno določitvijo s HPLC metodo.

Za določanje nitrata v radiču smo uporabili metodo z merjenjem vsebnosti nitrata z aparatom TECNICON AUTOANALYZER II pri 520nm.

Suho snov smo določili s klasičnim sušenjem.

Vsebnost suhe snovi je največja v kocenu radiča, najmanjša pa v spodnjem delu. Vsebnost vitamina C je največja v zgornjem delu in najmanjša v spodnjem delu radiča. Vsebnost nitrata je največja v spodnjem delu in najmanjša v zgornjem. Ugotavljamo, da je vsebnost vitamina C večja v tistih delih radiča, kjer je vsebnost nitrata manjša.

Primerjava vsebnosti vitamina C naših vzorcev in podatkov iz literature je pokazala, da so naše vrednosti med višjimi. Dobljene vrednosti vsebnosti nitrata pa so med manjšimi vrednostmi omenjenimi v literaturi.

7 VIRI

- Abram V. 1994. Interakcije aditivov s sestavinami živil. V: Aditivi: dodatki – tehnologija, – zdravje: zbornik 16. Bitenčevih živilskih dnevo in 1. simpozija živilcev 1994, Bled, 9 – 10 jun. 1994. Peter Raspor (ur.). Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo: 137 – 139.
- Ball G. F. M. 1998. Bioavailability and analysis of vitamins in foods. London, Chapman And Hall: 517 – 560.
- Baloh N. 2002. Vsebnost vitamina C v kitajskem kapusu in zelju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo: 9, 11 – 16.
- Basu T. K., Dickerson J. W. T. 1996. Vitamins in human health and disease. Wallingford, CAB International: 125 – 146.
- Carrasco G. A., Burrage S. W. 1993. Diurnal fluctuations in nitrate uptake and nitrate uptake accumulation in letuce (*Lactuca sativa* L.). Acta Horticulturae, 339: 137 – 147.
- Carrasco G. A., Burrage S. W., Kazakidou D. 1994. Nitrate accumulation in red chicory (*Cichorium intybus* L.) grown at low level of light intensity. Acta Horticulturae, 361: 274 – 281.
- Consalter A., Rigato A., Clamor L., Giandon P. 1992. Determination of nitrate in vegetables using an ion – selective electrode. Journal of Food Composition and Analysis, 5: 252 – 256.
- Černe M., Levičnik S. 1984. Solatnice in kitajski kapus. Ljubljana, Kmečki glas: 80 str.
- Černe M., Vrhovnik I. 1992. Vrtnine, vir zdravja in naša hrana. Ljubljana, Kmečki glas: 16 – 63, 67 – 68, 126 – 128.
- Demšar J. 2003. Zmanjševanje vsebnosti nitrata v aeroponsko gojeni solati (*Lactuca sativa* *Vanity*) s prilagajanjem koncentracije hranilne raztopine svetlobnim razmeram. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo: 6 – 28.
- Golob T. 1987. Določevanje vitamina C v krompirju – primerjava encimske metode s klasičnimi. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo: 5 – 7, 24 – 36.
- Golob T. 2000. Vsebnost vitamina C v zelenjavi v zimskem času. Sodobno kmetijstvo, 33, 11/12 : 484 – 485.

Goodhart R. S., Shils M. E. 1980. Modern nutrition in health and disease. Philadelphia, Lea and Febiger: 259 – 272.

Jeršek B., Poklar Ulrih N., Dekleva N., Sever D. 2004. Kemijski dejavniki tveganja v živilih in njihov nadzor. V: Varnost živil. 22. Bitenčevi živilski dnevi 2004, Radenci, 18 – 19 mar. 2004. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 49.

Kerin D. 1993. Vse o zelenjavi. Maribor, Založba obzorja Maribor: 72 str.

Klun I. 2000. Vpliv aditivov na razgradnjo C – vitamina. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo: 5, 11.

Kobovc T. 2000. Določanje vsebnosti vitamina C v različnih vrstah zelenjave. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo: 3, 12 – 17.

Leifert C., Golden M. H. 2000. A re – evaluation of the beneficial and other effects of dietary nitrate. London, The International Fertiliser Society: 4 – 17.

Machlin L. J., Hueni J. E. S. 1997. Vitamins basics. 2nd ed. Basel, F. Hoffmann- La Roche Ltd: 21 – 24.

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London, Academic Press INC: 889 str.

Martinčič A., Sušnik F., 1984. Mala flora Slovenije (praprotnice in semenke).Ljubljana, DZS: 592 str.

Osvald J., Kogoj – Osvald M. 2003. Integrirano pridelovanje zelenjave. Ljubljana, Kmečki glas: 123 – 124, 130 – 131.

Osvald J., Kogoj – Osvald M. 1994. Pridelovanje zelenjave na vrtu. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 214 str.

Osvald J. 1980. Radič. Moj mali svet, 12: 2 – 23.

Osvald J. 1979a. Pisane in zelene sorte radiča. Moj mali svet, 10: 3 – 23.

Osvald J. 1979b. Pridelovanje radiča. Moj mali svet, 11: 5: 24 – 25.

Osvald J. 1979c. Radič za naš vsakdan. Moj mali svet, 11, 2: 22 – 23.

Pokorn D. 2005. Prehrana. V: Interna medicina. 3. izd. Kocijančič A., Mrevlje F. Štajer D.(ur.). Ljubljana, Littera Picta: 646 – 680.

RDA - Recommended dietary allowances. 1989. 10th ed. Washington, D.C., National Academy Press, 1989: 115 – 169.

Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1 izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 20 – 131.

Rudan – Tasič D. 2000. Vitamin C, vitamin E in koencim Q₁₀. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000, Portorož, 26. – 27. okt. 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 39 – 41.

Santamaria P., Elia A., Serio F., Todaro E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1882 – 1888.

Scharpf H. C. 1991. Nutrient influences on the nitrate content of vegetables. Peterborough, The Fertiliser Society: 3 – 24.

Souci S. W., Fachman W., Kraut H., Scherz H., Senser F. 2000. Food composition and nutrition tables. 6th ed. Stuttgart, Medpharm Scientific Publ.: 701 – 702.

Tomažič B. 2002. Osnovno in foliarno gnojenje radiča za siljenje. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo: 3 – 11.

ZAHVALA

Moja zahvala gre doc.dr. Marjanu Simčiču za ves trud, razumevanje ob številnih telefonskih klicih in njegovi profesionalnosti, katere rezultat je sedaj pred vami.

Velika hvala tudi doc. dr. Cigić Blažu in prof. dr. Stopar Davidu za vse strokovne nasvete, poprave in izboljšave, ki so pripomogle k bolj transparentni diplomski nalogi. Zahvalila bi se tudi doc. dr. Vidrih Rajku za njegovo strokovnost in agilnost pri analizah na HPLC sistemu.

Za vse ostale stvari sta bili tu dipl. ing. Hočevar Ivica, ki je oblikovno osmislila diplomsko nalogo in Barbara Slemenik, ki je s svojim znanjem priskrbelo prepotrebno literaturo.

Hvala tudi Poloni iz katedre za Mikrobiologijo za opravljene analize nitratov.

Zahvala gre tudi moji mali družini, obema babicama in sestri Katarini, ki so mi časovno omogočili delo na diplomski nalogi.

Hvala Mia, ker si še pri nedopolnjenih dveh letih našla razumevanje.

Hvala Mitja in Mia, ki me vedno znova spomneta:

“ Ko hodiš pojdi vedno do konca. A če ne prideš ne prvič ne drugič do krova in pravega kova poskusi: vnovič in zopet in znova. ”