

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Irena KASTELEC

**VSEBNOST VITAMINA C IN NITRATOV V ZELENJAVI**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Irena KASTELEC

**VSEBNOST VITAMINA C IN NITRATOV V ZELENJAVI**

MAGISTRSKO DELO

**CONTENT OF VITAMIN C AND NITRATES IN VEGETABLES**

M.Sc.THESIS

Ljubljana, 2011

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu senata Biotehniške fakultete z dne 24.5. 2010 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja živilstva. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Marjan Simčič.

Mentor: prof. dr. Marjan Simčič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Janez Hribar

Mentor in član: prof. dr. Marjan Simčič

Članica: doc. dr. Nina Kacjan Maršič

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Irena Kastelec

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Md  
DK UDK 635.3/.6:543.062:577.164.2:546.17(043)=163  
KG zelenjava/kemijske sestavine/vitamin C/nitrati  
AV KASTELEC, Irena, univ. dipl. inž. agr.  
SA SIMČIČ, Marjan, (mentor)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje živilstva  
LI 2011  
IN VSEBNOST VITAMINA C IN NITRATOV V ZELENJAVI  
TD Magistrsko delo  
OP XII, 108 str., 35 pregl., 37 slik, 96 virov  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Raziskovali in primerjali smo vsebnost vitamina C, nitratov in nitritov v različnih vrstah zelenjave kot so solata kristalka, cikorija, rdeči radič cv. Verona, špinača, endivija, belušna zelena, rukvica, motovilec, kitajski kapus, solata berivka, listni peteršilj, regrat in cvetača. Analizirali smo različne dele rastlin (zunanje liste-zunanji rob, kocen z listno žilo, povprečje cele rastline, pecelj). Vzorcem smo dodali 2 % metafosforno kislino, ter jih homogenizirali z Ultratouraxom T 25. Homogenizirane vzorce smo hranili pri - 18 °C in pozneje analizirali na HPLC sistemu. Za analizo nitratov in nitritov smo vzorce različnih vrst zelenjave zopet homogenizirali in pustili 15 minut v kopeli s temperaturo okoli 70 °C. Nato smo vzorce ohladili na sobno temperaturo, jih filtrirali in jih zamrznili na -18 °C do analize na aparatu Technicon Autoanalyzer II pri 520 nm. Raziskava je pokazala, da je vsebnost nitratov v zelenjavi relativno nizka, vrednosti se gibljejo v zunanjih listih 1,2-3,4 mg/100 g, v stebli in notranjih listih 1,4-5,2 mg/100g v radiču, cikoriji, zeleni, peteršilju, regratu in cvetači. V kristalki, špinači, endiviji, motovilcu, kitajskem kapusu in berivki je vsebnost nitratov v zunanjih listih 6,9-42 mg/100 g in v stebli 9,0-53,9 mg/100 g, v rukvici pa 201,0-242,0 mg/100 g v peclju in 131,0-137,0 mg/100 g sveže snovi v listih. Podobne vsebnosti vitamina C imajo solata kristalka, radič Verona, endivija, zelena, kitajski kapus, solata berivka in regrat v zunanjih listih 0,1-6,7 mg/100 g sveže snovi, v notranjih listih 0,1-4,4 mg/100 g, v stebli 0,1-5,8 mg/100 g sveže snovi. Nekaj več vitamina C imajo cikorija, rukvica, motovilec, špinača in cvetača, peteršilj ima v listih 115,4-158,5 mg/100 g sveže snovi. Analiza vsebnosti vitamina C je pokazala, da ga je največ v listih, manj v stebli. Več ga je v zunanjih kot v notranjih listih. Primerjali smo tudi vsebnosti vitamina C in nitratov ter ugotovili, da več nitratov kot vitamina C vsebujejo rukvica, špinača, radič Verona, solata kristalka, približno enako nitratov in vitamina C vsebuje zelena, več vitamina C kot nitratov pa vsebujejo motovilec, endivija in cikorija.

### KEY WORD DOCUMENTATION

DN Md  
DC UDC 635.3/.6:543.062:577.164.2:546.17(043)=163  
CX vegetables/chemical contents/vitamin C/nitrates  
AU KASTELEC, Irena  
AA SIMČIČ, Marjan (supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate study of Biological and Biotechnical science, field: Food Science and Technology  
PY 2011  
TI CONTENT OF VITAMIN C AND NITRATE IN VEGETABLES  
DT M.Sc.Thesis  
NO XII, 108 p., 35 tab., 37 fig., 96 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB Content of vitamin C and nitrate in samples of different fresh vegetables: spring lettuce »berivka«, head lettuce »kristalka«, chicory 'Verona', spinach, chicory endivia, succory, stalked celery, chinese cabbage, parsley, lamb' s lettuce, rocket salad, cauliflower and dandelion were determined. Different parts of fresh vegetables such as external leaves, internal leaves, stalk and average of samples were analysed. Before preparation samples were stored at temperature -18 °C. Each sample were homogenized and prepared for analysis. Content of vitamin C was determined with HPLC method. Samples of different vegetables for nitrate analysis were also homogenized and placed on 70 °C into warm bath for 15 minutes. Nitrates were determined on Technicon Autoanalyzer II at 520 nm. Content of nitrates in external leaves in chicory, succory, celery, parsley, cauliflower and dandelion was 1.2-3.4 mg/100 g fresh matter; and 1.4-5.2 mg/100 g fresh matter in steam. Content of nitrates in internal leaves in head lettuce »kristalka«, spinach, chicory endivia, lamb' s lettuce, chinese cabbage and spring lettuce »berivka« were found 6.9-42.0 mg/100 g fresh matter and in steam were found 9.0-53.9 mg/100 fresh matter. The highest content were found in rocket salad 201.0-242.0 mg/100 g fresh matter in steam and 131.0-137.0 mg/100 g fresh matter in leaves. Similar content of vitamin C were found in head lettuce »kristalka«, chicory var. Verona, chicory endivia, celery, chinese cabbage, spring lettuce »berivka« and dandelion from 0.1-6,7 mg/100 g fresh matter in external leaves, 0.1-4.4 mg/100 g fresh matter in internal leaves, 0.1-5.8 in steam. Higher level of vitamin C were found in parsley, rocket salad, spinach, succory, lamb's lettuce, cauliflower and dandelion 115.4-158.5 mg/100 g fresh matter. More content of nitrates than vitamin C were found in lamb's lettuce, chicory endivia and succory.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORD DOCUMENTATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>X</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 UVOD.....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1 NAMEN RAZISKAVE .....	- 2 -
1.2 DELOVNA HIPOTEZA .....	- 2 -
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>- 3 -</b>
2.1 RAZVRŠČANJE VRTNIN V DRUŽINE .....	- 3 -
<b>2.1.1 Solatnice in radičevke .....</b>	<b>- 3 -</b>
2.1.1.1 Solata ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....	- 3 -
2.1.1.2 Endivija ( <i>Chichorium endivia</i> L.) .....	- 4 -
2.1.1.3 Cikorija ( <i>Chichorium intybus</i> L. var. <i>foliosum</i> ) .....	- 5 -
2.1.1.4 Radič ( <i>Chichorium intybus</i> L. var. <i>foliosum</i> ) .....	- 6 -
2.1.1.5 Motovilec ( <i>Valerianella locusta</i> ) .....	- 7 -
2.1.1.6 Regrat ( <i>Taraxacum officinale</i> ) .....	- 8 -
2.2.2.7 Rukvica ( <i>Eruca sativa</i> Mill.) .....	- 8 -
<b>2.1.2 Kapusnice .....</b>	<b>- 9 -</b>
2.1.2.1 Kitajski kapus ( <i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>Pekinensis</i> ) .....	- 9 -
2.1.2.2 Cvetača ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i> ) .....	- 10 -
<b>2.1.3 Korenovke .....</b>	<b>- 11 -</b>
2.1.3.1 Zelena ( <i>Apium graveolens</i> L.) .....	- 11 -
2.1.3.2 Peteršilj ( <i>Petroselinum crispum</i> Mill.) .....	- 12 -
<b>2.1.4 Špinačnice .....</b>	<b>- 13 -</b>
2.1.4.1 Špinača ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) .....	- 13 -
2.2 NITRATI .....	- 14 -
<b>2.2.1 Izvor nitratov .....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>2.2.2 Nitrati v rastlinah .....</b>	<b>- 16 -</b>
<b>2.2.3 Vloga nitrifikacije in denitrifikacije pri kopičenju nitrita v okolju .....</b>	<b>- 17 -</b>
<b>2.2.4 Redukcija nitrata v nitrit in tvorba N- nitrozo spojin .....</b>	<b>- 21 -</b>
<b>2.2.5 Dejavniki, ki vplivajo na nitroziranje .....</b>	<b>- 23 -</b>
<b>2.2.6 Gnojenje z dušikovimi gnojili .....</b>	<b>- 24 -</b>
<b>2.2.7 Zmanjševanje kopičenja nitritov .....</b>	<b>- 26 -</b>
<b>2.2.8 Dovoljeni dnevni vnosi nitratov in nitritov .....</b>	<b>- 26 -</b>

<b>2.2.9</b>	<b>Kopičenje nitratov v zelenjavi</b> .....	- 27 -
<b>2.2.10</b>	<b>Biološka dostopnost nitratov, ki jih zaužijemo z zelenjavo bogato z nitrati</b> .	- 30 -
<b>2.2.11</b>	<b>Toksičnost nitritov</b> .....	- 32 -
<b>2.2.12</b>	<b>Škodljivi vplivi nitrata in ostalih oblik</b> .....	- 33 -
2.2.12.1	Nastanek dušikovega oksida z redukcijo nitrita in nitrata - vpliv metabolizma dušikovega oksida na zdravje.....	- 33 -
<b>2.2.13</b>	<b>Gnojenje kapusnic</b> .....	- 36 -
<b>2.2.14</b>	<b>Gnojenje solatnic</b> .....	- 37 -
<b>2.2.15</b>	<b>Gnojenje korenovk</b> .....	- 37 -
2.3	VODA.....	- 38 -
2.4	VITAMIN C .....	- 39 -
<b>2.4.1</b>	<b>Izgube vitamina C</b> .....	- 44 -
<b>2.4.2</b>	<b>Primerjava vsebnosti vitamina C v sveži in zmrznjeni zelenjavi</b> .....	- 47 -
<b>2.4.3</b>	<b>Kinetični model izgube vitamina C v zmrznjeni zelenjavi pod različnimi pogoji skladiščenja</b> .....	- 51 -
<b>2.4.4</b>	<b>Oksidacija askorbinske kisline v prisotnosti nitrita</b> .....	- 52 -
<b>3</b>	<b>MATERIALI IN METODE</b> .....	- <b>63</b> -
3.1	MATERIAL.....	- 63 -
3.2	NAČRT DELA .....	- 63 -
3.3	METODE DELA .....	- 63 -
<b>3.3.1</b>	<b>Določanje C vitamina v zelenjavi</b> .....	- 63 -
3.3.1.1	Priprava vzorca .....	- 63 -
<b>3.3.2</b>	<b>Določanje vsebnosti nitratov v radiču</b> .....	- 65 -
3.3.2.1	Priprava vzorca .....	- 65 -
3.3.2.2	Statistična analiza.....	- 65 -
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b> .....	- <b>66</b> -
4.1	VITAMIN C .....	- 66 -
4.2	NITRATI.....	- 77 -
4.3	PRIMERJAVA VSEBNOSTI NITRATOV IN VITAMINA C.....	- 84 -
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....	- <b>86</b> -
5.1	RAZPRAVA.....	- 86 -
<b>5.1.1</b>	<b>Nitrati</b> .....	- 86 -
<b>5.1.2</b>	<b>Vitamin C</b> .....	- 94 -
<b>5.1.3</b>	<b>Povezava med askorbinsko kislino in nitrati</b> .....	- 96 -
5.2	SKLEPI.....	- 97 -

<b>6</b>	<b>POVZETEK</b> .....	<b>- 98 -</b>
----------	-----------------------	---------------

6.1	POVZETEK.....	- 98 -
-----	---------------	--------

6.2	SUMMARY.....	- 100 -
-----	--------------	---------

<b>7</b>	<b>VIRI</b> .....	<b>- 102 -</b>
----------	-------------------	----------------

ZAHVALA



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vsebnost nitratov v estonski zelenjavi med leti 2003-2005 (Tamme in sod., 2006).....	- 17 -
Preglednica 2: Pomen posameznih hranil v prehrani vrtnin (Markelc, 2002) .....	- 25 -
Preglednica 3: Kopičenje nitratov in nitritov v mg/kg zelenjave (Correira, 2010).....	- 28 -
Preglednica 4: Zgornje mejne vrednosti za nitrate v živilih (Commission Regulation (EC) No 1881/2006), Official Journal of the Europe Union, 2006): .....	- 29 -
Preglednica 5: Približno ocenjeni dnevni vnosi nitrata v svetovnem merilu (Santamaria, 2006) .....	- 30 -
Preglednica 6: Zmanjšanje askorbinske kisline (%), v svežem in zmrznjenem drobnjaku (Kmieciak in Lisiewska, 1999).....	- 31 -
Preglednica 7: Vsebnost nitratov (mg/kg) v listnati zelenjavi pred in po kuhanju, pečenju in kuhanju v pari (Prasad in Chetty, 2008).....	- 32 -
Preglednica 8: Potrebe intenzivno gojenih vrtnin po hranilih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994) - 38 -	
Preglednica 9: Lastnosti antioksidantov v rastlinskih tkivih (Kalt, 2005) .....	- 41 -
Preglednica 10: Askorbinska kislina v zelenjavi pred pripravo in po pripravi za konzumiranje izraženo v mg/100 g (Rodrigues in sod., 2010) .....	- 46 -
Preglednica 11: Vpliv predelave in obdelave na antioksidante v sadju in zelenjavi (Kalt, 2005) .....	- 47 -
Preglednica 12: Primerjava vsebnosti vitamina C v sveži in zmrznjeni zelenjavi ( mg/100 g) (Favell, 1998) .....	- 48 -
Preglednica 13: Primerjava izgube vitamina C v zelenjavi pri sobni temperaturi in v hladilniku (Favell, 1998).....	- 50 -
Preglednica 14: Vsebnost suhe snovi, vitamina C nitratov in nitritov pri različnem gnojenju zelenjave (Lisiewska in Kmieciak, 1996).....	- 58 -
Preglednica 15: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v solati berivki v povprečju rastline- 70 -	
Preglednica 16: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v povprečju cele rastline v solati berivki - 71 -	
Preglednica 17: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v povprečju rastline motovilca- 73 -	
Preglednica 18: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v povprečju rastline motovilca.....	- 74 -
Preglednica 19: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v povprečju rastline regrata ....	- 76 -
Preglednica 20: Vsebnost vitamina C v regratu povprečje rastline s takojšnjim dodatkom reducenta .....	- 77 -
Preglednica 21: Vsebnost nitratov v regratu (mg/kg), v povprečju cele rastline .....	- 79 -
Preglednica 22: Vsebnost nitratov v motovilcu (mg/kg), v povprečju cele rastline .....	- 81 -
Preglednica 23: Vsebnost nitratov v solati berivki (mg/kg), v povprečju cele rastline .....	- 82 -
Preglednica 24: Razmerje nitrat v mg/kg in askorbinska kislina v mg/100 g v posameznih vrstah zelenjave in v posameznih delih.....	- 85 -
Preglednica 25: Vpliv osvetlejnosti na akumulacijo nitrata v solati (Zhou in sod., 2000) .	- 87 -
Preglednica 26: Vpliv vremena na akumulacijo nitrata v listnati zelenjavi (Ze-Yi in sod., 2000).....	- 87 -
Preglednica 27: Vsebnost nitratov izražena v mg/kg v zelenjavi, pridelani v sezoni od novembra do marca in v sezoni od aprila do oktobra, v Koreji (Chung in sod., 2003) .....	- 88 -
Preglednica 28: Vsebnost nitritov izražena v mg/kg v različnih vrstah zelenjave pridelana v sezoni od novembra do marca in v sezoni od aprila do oktobra, v Koreji (Chung in sod., 2003) .....	- 89 -

Preglednica 29: Primerjava vsebnosti nitratov in nitritov izraženih v mg/kg, v različnih vrstah zelenjave po nekaterih državah (Chung in sod., 2003) .....	- 90 -
Preglednica 30: Vsebnost nitratov in nitritov (mg/kg) v vzorcih zelenjave na slovenskem tržišču .....	- 91 -
Preglednica 31: Akumulacija nitrata in nitrita v različnih delih zelenjave, izraženo v mg/kg (Ze-Yi in sod., 2000).....	- 91 -
Preglednica 32: Vsebnost nitratov v pridelkih, pridelanih v Sloveniji v letih 1996-2002 (Sušin in sod., 2006).....	- 92 -
Preglednica 33: Vsebnost vitamina C oziroma askorbinske kisline (mg/100 g) v raziskanih vzorcih zelenjave na slovenskem tržišču (naša raziskava).....	- 95 -
Preglednica 34: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v treh ponovitvah različne zelenjave (Kobovc, 2000).....	- 95 -
Preglednica 35: Primerjava vsebnosti vitamina C (mg/100 g) in nitratov (mg/kg) v različnih delih zelenjave preiskovanih vzorcev zelenjave na slovenskem tržišču (naša raziskava) ..	- 96 -

## KAZALO SLIK

Slika 1: Mikrobne pretvorbe dušika (Stopar in sod., 2005) .....	- 15 -
Slika 2: N–nitrozoamini in N-nitrozoamidi (Markelc, 2002) .....	- 20 -
Slika 3: Nastajanje nitrozaminov (Shao-Ting in sod., 2007) .....	- 20 -
Slika 4: Nastajanje nitrozamidov (Shao-Ting in sod., 2007) .....	- 20 -
Slika 5: Redukcija nitrata (Markelc, 2002) .....	- 23 -
Slika 6: Kroženje nitrata v telesu (Duncan in sod., 1997).....	- 35 -
Slika 7: Priporočeni dnevni vnos nitratov za posamezne populacijske skupine v posameznih državah sveta (Medić-Šarić in sod., 2002).....	- 42 -
Slika 8: Dnevno potrebne količine hrane za zdravo odraslo osebo, ki zagotavljajo doseženo priporočeno dnevno količino (Medić-Šarić in sod., 2002).....	- 43 -
Slika 9: Parametri, ki vplivajo na kinetiko razpada vitamina C (Santos in Silva, 2008) ....	- 51 -
Slika 10: Vsebnost vitamina C v brokoliju glede na čas skladiščenja in količino gnojenja z dušikom (Lisiewska in Kmiecik, 1996) .....	- 59 -
Slika 11: Vsebnost vitamina C v cvetači glede na čas skladiščenja in količino gnojenja z dušikom (Lisiewska in Kmiecik, 1996) .....	- 60 -
Slika 12: Graf porazdelitve izgube vitamina C (%) po 3, 6, 9 in 12 mesecih v brokoliju (Lisiewska in Kmiecik, 1996) .....	- 60 -
Slika 13: Vsebnost askorbinske kisline v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih- zunanji rob, v steblu, ter v povprečju solate kristalke (mg/100 g).....	- 66 -
Slika 14: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob in v steblu, v radiču Verona .....	- 67 -
Slika 15: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v endiviji, v zunanjih listih-zunanji rob, v notranjih listih-zunanji rob in v steblu .....	- 67 -
Slika 16: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v listni ploskvi, v peclju in v povprečju rastline zelene.....	- 68 -
Slika 17: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v zeleni, v listni ploskvi, v peclju, v povprečju rastline .....	- 69 -
Slika 18: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v zunanjih listih in v vretenu, v kitajskem kapusu . - 69 -	
Slika 19: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v kitajskem kapusu, v listih in vretenu . - 70 -	
Slika 20: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v rukvici, v peclju, listni ploskvi in povprečju rastline .....	- 71 -
Slika 21: Askorbinska kislina (mg/100 g) v peclju, v listni ploskvi in v povprečju rastline rukvice .....	- 72 -
Slika 22: Vsebnost askorbinske kisline v cikoriji, v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih- zunanji rob, v steblu, ter v povprečju rastline cikorije v mg/100 g sveže mase .....	- 72 -
Slika 23: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v peclju, v listni ploskvi, v povprečju rastline špinače .....	- 73 -
Slika 24: Vsebnost vitamin C (mg/100 g) v listih in v steblu peteršilja.....	- 74 -
Slika 25: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v listni ploskvi in v peclju peteršilja s takojšnjim dodatkom reducenta .....	- 75 -
Slika 26: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v cvetu, v listni ploskvi in v vretenu v cvetači - 75 -	
Slika 27: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v cvetači v cvetu, v listni ploskvi, v vretenu .....	- 76 -
Slika 28: Vsebnost nitratov (mg/kg) v rdečem radiču, v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob in v steblu.....	- 77 -

Slika 29: Vsebnost nitrata v cikoriji (mg/kg), v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob, v steblu in v povprečju cele rastline cikorije.....	- 78 -
Slika 30: Vsebnost nitratov v zeleni (mg/kg), v listni ploskvi, v peclju in v povprečju cele rastline .....	- 78 -
Slika 31: Vsebnost nitratov v cvetači (mg/kg), v cvetu, v listih in v vretenu izraženo v mg/kg - 79 -	
Slika 32: Vsebnost nitrata v solati kristalki (mg/kg), v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob, v steblu ter v povprečju cele rastline .....	- 80 -
Slika 33: Vsebnost nitratov v špinači (mg/kg), v peclju, listni ploskvi, ter v povprečju cele rastline .....	- 80 -
Slika 34: Vsebnost nitratov v endiviji (mg/kg), v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih – zunanji rob in v steblu .....	- 81 -
Slika 35: Vsebnost nitratov v kitajskem kapusu (mg/kg), v zunanjih listih in v vretenu....	- 82 -
Slika 36: Vsebnost nitratov v peteršilju (mg/kg), v listih in v peclju.....	- 83 -
Slika 37: Vsebnost nitratov v rukvici (mg/kg), v peclju, v listni ploskvi in v povprečju cele rastline .....	- 83 -

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

<b>AA</b>	askorbinska kislina
<b>DHAK</b>	dehidroaskorbinska kislina
<b>HACCP</b>	Hazard analysis critical control point system
<b>HPLC</b>	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
<b>L-AK</b>	L-askorbinska kislina
<b>NO</b>	dušikov oksid
<b>N</b>	dušik

## 1 UVOD

Človek z rastlinsko hrano pokriva večino potreb po energiji in večino prehranskih potreb. Zelenjava predstavlja glavni vir zaščitnih snovi v naši prehrani, z njo pa lahko zaužijemo tudi nekatere sestavine, ki negativno vplivajo na naše zdravje (Proietti in sod., 2009). Vitamin C je eden najpomembnejših faktorjev v hrani, hkrati ga lahko uporabljamo kot enega od parametrov kakovosti hrane in ima številne biološke aktivnosti v telesu, askorbinska kislina kot biološko aktivna oblika in dehidroaskorbinska kislina kot oksidacijski produkt. Vitamin C je definiran kot seštevek askorbinske kisline in dehidroaskorbinske kisline, v našem telesu se namreč dehidroaskorbinska kislina lahko pretvori v askorbinsko kislino (Serpen in Goekmen, 2007).

Antioksidanti so tiste sestavine živil oz. tisti dodatki živilom, ki so lovilci radikalov, ali tvorijo kelate s kovinskimi ioni ali pa kot reducenti kako drugače preprečujejo ali zmanjšujejo pojav žarkosti živil. Antioksidanti so endogene ali eksogene snovi, ki ščitijo telo pred kvarnim vplivom prostih radikalov, kovinskih ionov in raznih drugih oksidantov (Vidrih in Kač, 2000).

Z zelenjavo zaužijemo prehranske vlaknine, določene vitamine in minerale. Ocenjuje se, da povprečen obrok zelenjave zagotavlja 30 % vitamina C, 20 % vitamina A (karoten) ter 10 % tiamina in železa. Zelenjava je tudi bogat vir folatov (Favell, 1997). Zelenjava je pomembnejši vir askorbinske kisline, ki z antioksidativnim delovanjem pozitivno deluje na imunski sistem in inhibira nastanek N-nitrozo spojin, ki povzročajo rak želodca (Giannakourou in Taoukis, 2003). Antioksidanti, ki jih zaužijemo z zelenjavo varujejo celice v našem telesu proti oksidativnim poškodbam, ki vodijo v kronične bolezni. Raziskave so pokazale, da uživanje sadja in zelenjave zmanjšuje tveganje za številne kronične bolezni kot na primer ateroskleroza, diabetes in rak (Podsedeck, 2005). Škodljiv učinek nitratov v zelenjavi se zmanjša zaradi vsebnosti antioksidantov-tvorba nitrozaminov se zmanjša za več kot polovico (Bottex in sod., 2008). Z uživanjem sadja in zelenjave zmanjšujemo oksidacijo lipoprotein-holesterola. Sadje in zelenjava imajo tudi proti vnetno delovanje (Olivera in sod., 2008).

Ljudje smo nitratom in nitritom izpostavljeni preko hrane in vode. Nahajajo se v nekaterih vrstah zelenjave, živilom so dodani tudi kot konzervansi. Z zelenjavo lahko dnevno vnesemo 85 % nitratov in 16-43 % nitritov (Amr in Hadidi, 2001). Nekatera zelenjava in sadje vsebujejo zaščitne snovi v obliki antioksidantov, ki negativne učinke nitratov izničijo na primer askorbinska kislina, ki je reducent in inhibira nastanek nitrozaminov. Delež vnosa nitratov preko pitne vode narašča z naraščanjem nitratov v pitni vodi. Povprečen odrasel človek dobi eksogenega nitrata iz hrane in vode skupaj od 13-16 % dovoljenega dnevnega vnosa nitrata, kar naj ne bi vplivalo na človekovo zdravje (Thomson in sod., 2007).

Uživanje zelenjave z visoko vsebnostjo nitratov predstavlja tveganje za zdravje z nastajanjem nitrozaminov ter pojavom methemoglobinemije pri majhnih otrocih (Tamme in sod., 2006). Precej visoka vsebnost nitritov v nekaterih vrstah zelenjave lahko negativno vpliva v obliki nitratnih ionov predvsem na vitamin C (askorbinska kislina je v kislem mediju podvržena nitrozaciji (Myshkin in sod., 1996).

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.

Nekatere epidemiološke študije so pokazale, da je nitrat lahko tudi koristen za zdravje človeka, ker ščiti prebavni trakt pred škodljivimi bakterijami (Shao-Ting in sod., 2007).

V raziskavi smo analizirali vsebnost nitratov, nitritov in vitamina C v različnih delih trinajstih različnih vrst zelenjave, ki smo jih vzorčili v skladišču trgovine Mercator, v Zalogu.

### 1.1 NAMEN RAZISKAVE

- Ugotoviti vsebnost vitamina C v različnih delih v trinajstih različnih vrstah zelenjave
- Ugotoviti vsebnost nitrata v različnih delih v trinajstih različnih vrstah zelenjave
- Ugotoviti vsebnost nitrita v različnih delih v trinajstih različnih vrstah zelenjave
- Ugotoviti korelacijo med vsebnostjo vitamina C in nitrata v trinajstih različnih vrstah zelenjave

### 1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Različne vrste zelenjave vsebujejo različne količine nitrata in vitamina C. Vsebnost vitamina C je v obratnem sorazmerju z vsebnostjo nitratov v posamezni vrsti zelenjave.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 RAZVRŠČANJE VRTNIN V DRUŽINE

Mihaela Černe in Irena Vrhovnik sta v knjigi Vrtnine vir zdravja in naša hrana (1992) razvrstili vrtne v naslednje družine:

- solatnice in ostale košarice (solata, radič, endivija, regrat...)
- kobulnice (korenček, peteršilj...)
- kapusnice in ostale križnice (zelje, ohrovt, cvetača, brokoli, brstični ohrovt, redkvice, hren...)
- razhudnikovke (paradižnik, paprika, jajčevce, krompir)
- čebulnice, lilijevke, trave (čebula, česen, por, drobnjak...)
- bučnice (kumare, bučke...)
- stročnice (fižol, grah, bob...)
- lobodovke (blitva, špinača...)
- ostale vrtne (rabarbara, motovilec...)

#### 2.1.1 Solatnice in radičevke

##### 2.1.1.1 Solata (*Lactuca sativa* L.)

Ime in izvor

Solata izvira iz Azije, od koder se je razširila v vse dele sveta. V Evropi in tudi pri nas jo gojimo po skoraj vseh vrtovih (Mihajlovič, 1997).

Za to vrsto rastline so znana naslednja domača imena: solata, ločika, likovšina, latija, latuga. Pridelujemo jo zaradi listov, ki se razvijajo na skrajšanem reduciranem stebelu. Listi so različno obarvani/temno zeleni, svetlo zeleni, rumeno zeleni, rdečkasti, rjavkasti, lisasti. Rastlina solate razvije močan koreninski sistem. Glavnina korenin je v sloju zemljišča (do 60 cm), posamezne korenine pa segajo do globine 1,8 m.

V pridelovanju so razširjene naslednje vrste solate:

glavnata solata-*Lactuca sativa* var. *capitata*  
berivka in rezivka-*Lactuca sativa* var. *crispa*  
vezivka, romanska-*Lactuca sativa* var. *longifolia*

Glavnata solata razvije liste na skrajšanem stebelu. Ti se v tehnološki zrelosti zvijejo v bolj ali manj čvrsto in rastnim razmeram ter sortnim lastnostim značilno veliko (oblikovano) glavico. Znana sta naslednja tipa glavnate solate:

Maslenke, z nežnimi listi, oblikovanimi v bolj ali manj čvrsto glavico;

Kristalke, z robustnejšimi krhkimi listi, taki sta

- batavija (s svetlo rumeno zelenimi listi, zaviti v srednje čvrsto ali odprto glavico),

- ledenka (ponavadi s sivo ali temno zelenimi listi, zaviti v srednje čvrsto glavico).

Solata berivka razvije pokončno rozeto, preraslo v polpokončno rozeto. Za prehrano obiramo liste od spodaj navzgor.



Solata rezivka ne sklepa glav, ampak razvije številne liste, ki oblikujejo bolj ali manj velike rozete.

Solata vezivka, imenovana tudi štrucarka ali romanska solata, oblikuje visoke, rahlo podolgovate glavice. Od vseh vrst solate je najpoznejša (Osvald in Kogoj - Osvald, 2003).

#### Uporaba

Že v starem veku so solato uporabljali kot pomirjevalo, zlasti sok divje solate. Grki in Rimljani so s solatnim izvlečkom zniževali visoko telesno temperaturo, priporočali so ga zlasti starejšim ljudem zvečer pred spanjem. V Franciji še sedaj velja solatni sok za neškodljivo uspevalno sredstvo (Črne in Vrhovnik, 1992).

Solati dajejo prijeten okus organske kisline. Jemo največ svežo, le redko jo kuhamo ali iz nje pripravimo zrezke. Najboljša je sveže nabrana solata. Daljše skladiščenje ali shranjevanje vpliva na večje izgube hranilnih snovi.

Solate ne namakamo v vodi, ampak liste le speremo pod tekočo vodo, da zmanjšamo izgubo koristnih snovi.

Zeleno solato pripravimo, tik preden z njo postrežemo. Jemo lahko surovo ali zabeljeno z oljem in začinjeno s soljo, kisom, česnom in drugimi začimbami. Solato lahko pripravimo tudi skupaj s sadjem, šunko, školjkami ali drugimi vrtninami, npr. kislimi kumarami, korenčkom, drobnjakom ali cvetačo (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

#### Sestava

Solatni listi vsebujejo 94 % vode, 0,7-1,3 % beljakovin, 0,2 % rastlinskih maščob, 2 % sladkorja, 0,6 % surove celuloze, 0,7-1,3 % rudninskih snovi. V 100 g solate je okoli 10 mg vitamina C, vsebuje pa tudi vitamine B1, B2, PP in 1,6 mg karotena, pa tudi vitamin E. Od rudninskih snovi vsebuje največ Ca, K, P, Fe idr. V zunanjih listih je tridesetkrat več vitamina A in do trikrat več vitamina C kot v notranjih. Mleček vsebuje jabolčno, limonsko in oksalno kislino ter alkaloid laktucin (do 3 %) (Mihajlovič, 1997).

#### Vpliv na zdravje

Učinkovine v solati uravnavajo pH v krvi, zmanjšujejo zakisanost in čistijo kri. Priporočajo jo predvsem srčnim in ledvičnim bolnikom. Solato priporočajo za predjed, saj grenke snovi in citronska kislina pospešujejo prebavo in vzbujajo tek. Solata pomirja kašelj, astmo, bolečine, živce, krče. V svežih solatnih listih so snovi, ki preprečujejo in zdravijo škodljive posledice radioaktivnega sevanja, zato solato priporočajo vsem, ki se zdravijo z obsevanjem. Solato uporabljajo tudi v kozmetiki za čiščenje kože in za obloge pri opeklinah (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

#### 2.1.1.2 Endivija (*Chichorium endivia* L.)

##### Ime in izvor

Endivija, z ljudskima imenoma poimenovana lentiva, endiva, spada v družino radičevk. V pridelovanju sta razširjeni dve vrsti endivije:

- eskariolke
- mahovke.

Endivija je enoletnica. Pridelujemo jo zaradi listov. Ne razvije glav, ampak čvrsto rozeto, pri nekaterih sortah tudi majhno glavico.

Listi so nagubani, nazobčani, gladki, mehurjasti. Listni rob je razčlenjen. Čim manj je list nazobčan, tem odpornejša je rastlina proti mrazu. Korenine so srednje bujno razvite s številnimi stranskimi koreninicami (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Endivija je sorodnica cikoriije in radiča, njen videz in uporaba v prehrani pa sta precej podobna solati (Černe in Vrhovnik, 1992).

#### Uporaba

Jeseni je naša najpogostejša zelena solata, na trgu je običajno od avgusta do aprila. Če želimo krhkejše liste, rozeto zvežemo za 10 dni. Vendar vsebujejo nežni rumeni listi manj vitaminov in mineralov (Černe in Vrhovnik, 1992).

Endivija je bogata z minerali in vitamini, vsebuje jih več od solate, vendar manj od cikoriije. Za prehrano ljudi uporabljamo presno, ponekod pa jo tudi kuhajo. Vsebuje malo energije. Obeljeni listi so krhkejši od neobeljenih – zelenih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

#### Sestava

Endivija je po hranilni in zdravstveni vrednosti podobna solati (Po W. Dahlemu vsebuje 93 % vode, 1,35 % beljakovin, 0,13 % maščob, 0,83 % celuloze, brezdušičnih ekstraktov 2,45 %, 0,74 % pepela). Bogata je z vitamini A, B1, C, mineralnih snovi pa ima trikrat manj kot špinača (Vardjan, 1987).

#### Vpliv na zdravje

Zdravilne snovi so iste kot v cikoriiji, le da jih je manj. Pospešuje in uravnava izločanje žolča, spodbuja delovanje jeter, pospešuje prebavo, krepi želodec, čisti kri, spodbuja delovanje ledvic in mehurja (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

#### 2.1.1.3 Cikoriija (*Chichorium intybus* L. var. *foliosum*)

##### Ime in izvor

Cikoriija je manj znana vrtnina, poznajo jo na Primorskem, v Italiji pa jo veliko uporabljajo, ker cenijo njen grenak okus in zdravilne dietetične učinke. Je sorodnica radiča in endivije, po svojih sestavinah in okusu je najbližja divji cikoriiji ali potrošniku, ki je v ljudskem zdravilstvu dobro znana in cenjena rastlina. Cikoriija bi morala biti čim večkrat na jedilniku sladkornih bolnikov, pri ljudeh s slabo prebavo ali nečisto kožo (Černe in Vrhovnik, 1992).

## Uporaba

Cikorija je zaradi grenkega okusa in bogate vsebnosti zdravilnih učinkovin zelo cenjena kot dietetična hrana. Za prehrano jo uporabljamo kuhano v solati, kot samostojno jed ali v kombinaciji s krompirjem, jajci, fižolom. Lahko jo pripravimo tudi dušeno ali kot nadev za palačinke (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

## Sestava

Ima zelo majhno energijsko vrednost, vsebuje veliko vitaminov, predvsem karotena, vitamine B1, B2, C, K in veliko mineralov, zlasti železa, kalija, kalcija, fosforja. Korenina vsebuje grenčino intibin (18 % v sveži, do 50 % v suhi). Od saharidov je najpomembnejši inulin, nato fruktoza, vsebuje še beljakovine, malo surovih maščob, čreslovine, albumin, holin, laktucin. V posušeni rastlini je 18,9 do 26,8 % beljakovin in 17,4 do 21,4 % olj (Černe in Vrhovnik, 1992).

## Vpliv na zdravje

Cikorija vsebuje veliko vitaminov, mineralov in grenčin. Pospešuje izločanje žolča, spodbuja delovanje jeter, pospešuje prebavo, spodbuja krvni obtok, delovanje ledvic. Uživanje cikoriije poživi oslabel organizem in okrepi delovanje notranjih organov (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

Pospešuje prebavo in odpravlja zaprtje, krepi želodec. Čisti kri in spodbuja krvni obtok, kar ugodno vpliva tudi na čiščenje kože. Spodbuja in krepi organizem, povečuje tek, krepi srce, omili duševno potrtost, glavobole in nespečnost (Černe in Vrhovnik, 1992).

### 2.1.1.4 Radič (*Chichorium intybus* L. var *foliosum*)

#### Ime in izvor

Pri nas pridelujemo radič že več kot sto let. Z domačimi imeni ga poimenujejo potrošnik, jedrih, redič, regrt, regrot, regut. Pridelovanje je bilo zelo razširjeno na Goriškem, na drugih območjih se šele uvaja.

Radič izvira iz divje vrste. Znanih je več različic, in to kot koreninska cikoriija, katere korene so uporabljali za kavni nadomestek, liste pa za krmo. V zadnjem času je veliko bolj cenjen solatni tip radiča (cikoriije). Začetki pridelovanja tega tipa segajo v prejšnje stoletje, v Belgijo, od koder se je razširilo pridelovanje belgijskega radiča, imenovanega »Witloof«. Izvor solatnih tipov radiča je Italija, od koder se je pridelovanje razširilo na druga območja.

Radič ni zahtevna vrtnina, vendar če želimo pridelati velike in kakovostne pridelke, mu moramo zagotoviti ustrezne pridelovalne razmere.

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).

## Uporaba

Rastline radiča prezimijo na prostem v toplejših območjih, v krajih z ostrejšo zimo pa ga v tem času silijo. Siljen je krhkejši, slajši, vsebuje pa manj vitaminov, mineralov in drugih učinkovin. Zadnje čase se vse bolj uveljavlja glavnat radič, ki ima lepo oblikovane glavice, je krhek, ima pa manj grenčin, po vsebnosti vitaminov, mineralov in drugih učinkovin pa prav tako zaostaja za tistim v rozetah. V Italiji je bolj kot glavnat cenjen radič v rozetah z obeljenimi krhkimi rebri (treviški in verona). V severnih deželah je specialiteta siljen radič witloof (Černe in Vrhovnik, 1992).

## Sestava

Radič je bogat s kalijevimi solmi (nitrat, sulfat, klorat), ki zelo ugodno vplivajo na živčni sistem. Od vitaminov moramo omeniti karotin (4,52 mg/100 g) in vitamin C (46 mg/100 g) (Vardjan, 1987).

## Vpliv na zdravje

Zdravilnost je podobna kot pri cikoriji, vendar je manj izrazito, ker vsebuje manj učinkovin (Černe in Vrhovnik, 1992).

### 2.1.1.5 Motovilec (*Valerianella locusta*)

#### Ime in izvor

Motovilec izvira iz plevelne vrste, ki jo najdemo na njivah. Ljudski izraz za motovilec je repincelj. Je enoletnica in ena izmed najmanj toplotno zahtevnih vrtnin, zato dobro prezimi na prostem, še bolje pa v plastenjaki. Pridelujemo ga na vrtovih in njivah. Rastlina ima močnejše razraščeni koreninski sistem ter majhno, srednje veliko listno rozeto z ozkimi in podolgovatimi listi (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

## Uporaba

Motovilec uporabljamo kot presno solato večinoma v jesensko – zimskem času. S pravilno terminsko načrtovanimi setvami lahko pridelek motovilca uživamo vse leto. Je bogat z vitamini in minerali, vsebuje jih največ od vseh solatnic (Osvald, Kogoj–Osvald, 1994).

## Sestava

Motovilec je solata, ki vsebuje zelo veliko klorofila in vitaminov.

## Vpliv na zdravje

Motovilec vsebuje precej vitamina C, ima majhno energijsko vrednost. Motovilec pomirja živce in krče v mišicah. Deluje kot pomirjevalo. Zelo je primeren za pripravo zelenjavnega soka, ki ga pijemo večkrat na teden, zlasti če se hočemo znebiti prekomerne teže (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

#### 2.1.1.6 Regrat (*Taraxacum officinale*)

##### Ime in izvor

Regrat je v naravi razširjen kot plevel in ga pogosto uporabljamo kot krmno rastlino ali pa ga zgodaj spomladi uživamo kot presno ali kuhano zelenjavo. Cenjen je kot delikatesna (izbrana) zelenjadnica. Z načrtnim pridelovanjem ga lahko uspešno pridelujemo vse leto. Regrat pridobiva svoje mesto v kolobarju na kmetijah, ki so usmerjene v ekološko in integrirano pridelovanje v posameznih območjih v Nemčiji in Švici. Številni vrtnarji ga že pridelujejo kot glavno vrtnino in se po posejani površini približuje motovilcu. Z njim lahko dopolnimo našo ponudbo ter izkoristimo še premalo izkoriščeno tržno nišo in se iz ljubiteljskega nabiranja regrata preusmerimo v tržno pridelovanje (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

##### Uporaba

Za prehrano režemo mlade liste, ki jih pripravimo v samostojnih ali mešanih solatah. Uporaben je tudi pri samozdravljenju kot čaj, sok in sirup (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003). Regratove korenike uporabljamo za pripravo okusnih juh skupaj s cvetačo in korenčkom. Za uporabo v zimskem obdobju pazljivo izkopljemo regratove korenike in jih prenesemo v zaprt prostor, kjer jih shranimo v pesku ali šoti. V ogrevanem prostoru bo rastlina ob primernem zalivanju začela odganjati mlade obeljene liste (podobno kot siljeni radič). Ob zadostni količini korenik bomo lahko pobirali mlade odgnale (obeljene) liste vso zimo. Če je korenik manj, bomo lahko občasno obogatili prehrano s kakovostnim pridelkom regrata (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

##### Vpliv na zdravje

Regrat je rastlina, ki je bogata z vitamini in minerali, eteričnimi olji in drugimi zdravilnimi učinkovinami. Regrat pospešuje presnovo, zato uživanje regrata priporočajo oslabelem za izboljšanje splošnega počutja. Regrat pospešuje okrevanje, osvežuje, čisti kri, pospešuje znojenje, ugodno deluje na sluznico prebavil in dihal, pospešuje delovanje ledvic in jeter, vpliva na izločanje seča in žolča ter boljšo prekrvavljenost vezivnega tkiva. Regrat koristi pri zdravljenju revme, protina, čirov, kožnih bolezni, zamaščenosti, neješčnosti, lenega črevesja, slabokrvnosti, sladkorne bolezni, vodenice, neredne menstruacije itn.. Regrat odpravlja ali zmanjšuje težave zaradi žolčnih kamnov. Učinek regrata pride do veljave pri dolgotrajnem uživanju (4 do 6 tednov). Za zdravljenje se uporablja regratov sok (za zdravljenje oči), cvetovi za pripravo sirupa in vina, korenike in listi pa za pripravo čaja (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

Čaj iz regrata priporočajo tudi za zniževanje visoke temperature. Regrat priporočajo jesti tudi pri zlati žili, zlatenici, pri glistah, želodčnem vnetju (Černe in Vrhovnik, 1992).

#### 2.2.2.7 Rukvica (*Eruca sativa* Mill.)

##### Ime in izvor

Rukvica je enoletnica in izhaja z območja Sredozemlja in zahodne Azije. Spada v družino *Brassicaceae*. Pridelujemo jo kot zelenjadnico za rezanje (košnjo) mladih listov, ki imajo značilen oster pikanten okus. Odlikuje se po veliki vsebnosti vitaminov (C vitamin 75

mg/100g). Ponavadi jo uporabljamo kot dodatek solatam. Vzpodbujevalno deluje na človeški organizem, še posebno na prebavila.

V pridelovanju sta razširjeni dve vrsti rukvice, in sicer *Euruca sativa* L.- rukvica z repi oziroma redkvici podobnimi listi in *Diplotaxis tenuifolia* L. (tankolistni dvoredec) z močno narezanimi in zdolženimi listi ter značilnim pikantnim okusom (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

### Uporabnost

Pri nas, pa tudi drugod po Evropi, v Severni Afriki in Severni Ameriki rukvico poznamo predvsem zaradi uporabnosti njenih listov. Ponekod v Aziji (predvsem v Indiji in Pakistanu) pa jo gojijo zaradi semena, iz katerega pridobivajo olje. Le to uporabljajo predvsem v industriji za maziva, pri izdelavi mila, za osvetljevanje... Njegova uporabnost v prehrani je zaradi visoke vsebnosti eruka kisline (ta predstavlja 30 do 50 % vseh maščobnih kislin) omejena. Ponekod ga kljub temu uporabljajo za solate ali mešajo z repičnim oljem. Seme rukvice je uporabno tudi za pripravo gorčice (Ugrinović, 2006).

### Sestava

Svoj značilen vonj in okus rukvica dolguje glukozinolatom oz. njihovim razgradnim produktom izotiocianatom. Intenzivnost okusa je v veliki meri odvisna od pogojev v katerih so rastline rasle. Značilno je, da so listi rastlin, ki so rasle v toplejših rastnih razmerah bolj pikantne kot listi rastlin, ki so se razvijale ob nižjih temperaturah. Velja tudi, da je okus pri starejših listih močnejši kot pri mlajših. Listi vsebujejo tudi veliko vitamina C (100 do 200 mg/100 g), železa (5 in več mg/100 g) in prehranskih vlaknin (0,9 g/100 g) (Ugrinović, 2006).

### Vpliv na zdravje

Je diuretik. Priporočajo jo pri bolezni grla, hripavosti, astmi, zlatenici, katarju, vnetju mehurja, ledvičnih kamnih.

## 2.1.2 Kapusnice

### 2.1.2.1 Kitajski kapus (*Brassica rapa* L. ssp. *Pekinensis*)

#### Ime in izvor

Kitajski kapus, je zahtevna vrtnina. Je križanec med zeljem in repo in tvori podolgovate do ovalne glave. Rastna doba je 50 do 90 dni. Znanih je več izvornih vrst z različno oblikovanimi glavami. Izvor te vrste je Kitajska, od koder se je pridelovanje razširilo na evropsko in ameriško območje.

Pridelek kitajskega kapusa vsebuje veliko mineralov in vitamina C. Odlikuje se kot dietno živilo za ljudi, ki težko prenašajo jedi iz drugih kapusnic. Lahko ga uspešno skladiščimo v hladilnicah in priročnih skladiščih ter z njim oskrbujemo trg v zunaj sezonskem obdobju (jesensko – zimskem). Rastlina kitajskega kapusa razvije droben in zelo razvejan koreninski sistem, podoben koreninam solate in sega 30 cm globoko (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

## Uporaba

Kitajski kapus jemo presen v solati ali obdelan (dušen, kuhan). Zelo je cenjen kot sveža solata, saj vsebuje precej vitamina C. Pripravljamo ga predvsem v jesensko – zimskem obdobju. Pri listnatem kitajskem kapusu (pakchoi-ju) uporabimo listna rebra v prikukah ali prilogah, listne ploskve pa skuhamo kot špinačo (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

## Vpliv na zdravje

Kitajski in listnati kapus se priporoča vsem, ki so preobčutljivi za zelje, zlasti bolnikom, obe vrtnini sta izredno lahko prebavljivi (Černe in Vrhovnik, 1992).

Kitajski kapus ugodno vpliva podobno kot zelje na zdravljenje številnih bolezni in odpravljanje zdravstvenih težav (obkladki iz listov znižujejo telesno temperaturo in lajšajo bolečine pri različnih vnetjih, opeklinah, revmi, mlečna kislina v kisanem uravnava prebavne procese in odstranjuje strupene snovi iz telesa) (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

### 2.1.2.2 Cvetača (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*)

#### Ime in izvor

Cvetača spada v skupino kapusnic. Znana je tudi pod imenoma karfijola in kavola. Za ljudsko prehrano se uporabljala omesenelo socvetje etioliran del rastline, ki se razvije v času tehnološke zrelosti v obliki rože. Uspešnost pridelovanja je odvisna od podnebnih in talnih razmer ter od izbora primerne tipa cvetače. V pridelavi se pojavljata dva tipa cvetače in to evropski tip (za uspešno rast in razvoj potrebuje nižje temperature – razvoj rož do 20 °C – pri višjih temperaturah v poletnem času ne tvori rož) ter azijski (tropski) tip (primeren za poletno pridelovanje – tvori rože pri temperaturi do 30 °C). Prezimni tip cvetač tvori rože pri temperaturi 16 °C. Za uspešno pridelovanje upoštevamo potrebe posameznih tipov cvetače. (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

#### Uporaba

Cvetačo lahko uporabljamo takoj po spravilu (za juhe, prikuhe, solate), globoko zamrznjeno (samo rože), konzervirano (vloženo v kis) ali surovo. Jedi iz cvetače so okusne, če jo pravilno skuhamo in začinimo. Paziti moramo, da se cvetača ne razkuha, ker jed s tem izgubi lep videz, prav tako pa se poslabša okus. Cvetača je zelo okusna tudi pečena ali ocvrta (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994). Na kvaliteto in trajnost vpliva čas pobiranja na polju, pobira se jo vsekakor prej preden glavice izgubijo belo barvo (Ljubisavljević, 1989).

#### Sestava

Bogata je z vitaminom B1 (0,15 mg/100 g), B2 (0,12 mg/100 g), niacinom (0,60 mg/100 g), vitaminom C (50 mg/100 g) in zlasti vitaminom K (4,00mg/100 g). Kalcija vsebuje več kot zelje (99 mg/100 g); veliko pa vsebuje tudi beljakovin, ki so nenavadno prebavljive (Vardjan, 1987).

## Vpliv na zdravje

Cvetača vsebuje veliko mineralov in vitaminov. Bogata je s kalcijem, fosforjem, železom in C vitaminom. Priporočajo jo kot dietno hrano pri okrevanju po gripi, prehladu itn. (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

Cvetača se svetuje pri asteniji – pljučnih krčih, gripi, prehladu in oslabelem organizmu (Černe in Vrhovnik, 1992).

## 2.1.3 Korenovke

### 2.1.3.1 Zelena (*Apium graveolens* L.)

#### Ime in izvor

Zelena spada v družino kobulnic (*Apiaceae*), katerih pridelava je razširjena v Sredozemlju in v nekaterih drugih območjih na svetu. V pridelovanju so razširjene tri vrste zelene: listna, belušna in gomoljna, ki se med seboj razlikujejo po morfoloških značilnostih, načinu pridelovanja ter uporabi pridelka.

Listna (var. *secalinum*) je podobna divji vrsti. Razvije pokončne liste s srednje močno razvitimi listnimi peclji. Ima močnejše razvit in razvejan koreninski sistem, ki za prehrano ni uporaben. Listi te vrste zelene so zelo aromatični in jih uporabljamo kot začimbo sveže ali posušene.

Belušna (var. *dulce*) ali 'stebelna' zelena tvori dolge, pokončne liste z na spodnjem delu močnejše razvitimi (odebeljenimi) listnimi peclji. Razvije manj izrazit, odebeljen koren. Obeljeni listni peclji so zaradi sočnosti in aromatičnosti uporabni za solate kot sveži, kuhani, pečeni, dušeni ali jih uporabimo podobno kot špargelj. Iz listnih pecljev lahko stiskamo tudi sok.

Gomoljna (var. *rapaceum*) tvori močne, razvite, odebeljene korene, uporabne za kuhanje, pečenje oziroma so primerni za pripravo okusnih solat. Narezano na koščke ali naribano lahko konzerviramo s kisanjem, globokim zamrzovanjem ali sušenjem. Sveže ali posušeno listje gomoljne zelene uporabimo kot začimbo.

Za vse tri vrste je značilno: enako počasen začetni razvoj ter enake potrebe za uspešno pridelovanje. V poznejšem obdobju rasti se rastline razvijejo v skladu z genetskimi lastnostmi posamezne vrste in s pridelovalnimi razmerami.

Listna rozeta je lahko nizka in razprostrta po tleh, polpokončna ali izrazito pokončne rasti. Listi so pokončni, polpokončni ali vodoravni. List ima lesk ali je brez njega.

Zadebeljen koren (gomolj) je pri gomoljni zeleni velik, okroglasto oblikovan, gladek ali izbrazdan. Na obliko gomolja vplivajo stranske korenine, ki se lahko obraščajo visoko po gomolju ali so razporejene le ob dnu. Gomolj je blede rumen do rumeno rjav, včasih tudi z zelenim odtinkom na zgornjem delu.



Zelena je cenjena vrtnina zaradi povečane vsebnosti eteričnih olj, ki ji dajejo specifičen okus. Bogata je z vitamini, posebno veliko vsebuje vitamina C in mineralnimi snovmi.

Pridelovanje zelene je razširjeno na vseh celinah. V posameznih deželah in območjih je pridelovanje zelene bolj razširjeno, predvsem belušne in gomoljne zelene (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

#### Uporaba

Zelene uporabljamo kot začimbno rastlino ali kot zelenjavnico, iz katere pripravljamo razne okusne jedi (solate, prikuhe). Uživamo jo presno (narezano ali naribano) ali kuhano v kombinaciji z drugimi zelenjavnicami. Zelo dobro dopolnjuje okus različnih zelenjavnih juh in enolončnic. Lahko jo dušimo, pečemo, kuhamo, gomolje lahko paniramo in ocvremo. Liste zelene sušimo in jih uporabimo za začinjanje jedi. Gomolje lahko kisamo (podobno kot repo)(Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

#### Sestava

Gomolj vsebuje okoli 92 % vode, okoli 5,7 % ogljikovih hidratov, 1,3 % beljakovin, 0,27 % maščob. V listih je veliko vitamina C in karotena, v gomolju pa so vitamini C, B1, B2, PP. Eterično olje je v vseh delih rastline, v listih je 10 do 100 mg/100 g, v gomoljni okoli 10 mg/100 g, v plodovih pa 2,5 do 3,0 mg/100 g eteričnih olj. Od rudninskih snovi je v zeleni največ Ca, K, P, Fe idr. Energijska vrednost zelene je zelo majhna, začimbna in zdravilna vrednost pa sta precejšnji (Mihajlovič, 1997).

#### Vpliv na zdravje

Ugodno deluje proti revmi, ledvičnim boleznim, za lažje mokrenje, za boljši tek in boljšo prebavo, proti vnetju prostate, proti ozeblinam, pljučnemu katarju idr. Pri zdravljenju uporabljamo liste, gomolje, peclje, semena (Mihajlovič, 1997).

Ugodno vpliva na krvni obtok, zboljšuje in čisti kri, krepi živce, spodbuja prebavo, čisti jetra, znižuje koncentracijo sladkorja pri sladkornih bolnikih in povečuje tek. Zboljšuje splošno zdravstveno stanje in veča spolno moč (Černe in Vrhovnik, 1992).

#### 2.1.3.2 Peteršilj (*Petroselinum crispum* Mill.)

##### Ime in izvor

Peteršilj je kot zelenjadnica dveletna rastlina. Pridelujemo ga na vrtovih, v posodah, na njivah in v zavarovanih prostorih. Uporabljamo ga kot zelišče, za pripravo raznih jedi ali kot zdravilno rastlino. Znan je pod imeni peršun, petržilj, peteršelj. Znani sta dve vrsti peteršilja: listnati peteršilj z bujnejšimi listi in korenasti peteršilj, ki razvije manj listov.

Peteršilj je znan po veliki vsebnosti sladkorja v listju, eteričnih oljih, ki dajejo značilen vonj, vsebuje pa tudi vitamine in askorbinsko kislino ter karotene. Pridelovanje je razširjeno na vseh celinah (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

## Uporaba

Peteršilj uporabljamo za začimbo, dodatek jedem, okraševanje narezkov ali za zdravljenje. Iz peteršiljevega soka pripravimo osvežilen napitek ali čaj.

Običajno uporabljamo svežega, s kuhanjem izgubi svoje učinkovine (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

## Sestava

Koren vsebuje okoli 84 % vode, okoli 3,8 % beljakovin, približno 1 % maščob. Vitamina C je okoli 40 mg/100 g v korenu in približno 160 mg/100 g v listih, vsebuje pa tudi vitamine B1, B2, PP in karotenoide (okoli 5 mg/100 g).

Peteršiljev list je enake sestave kot koren, vsebuje pa nekaj več vode in precej več vitamina C (okoli 200 mg/100 g), zato velja za zelo vitaminskega. Od rudninskih snovi ima največ Ca, K, P, Cl, Fe idr. Koren in listi so specifičnega okusa zaradi eteričnih olj. V njih je veliko provitamina A, vsebujejo pa tudi vitamin B12, ki je le v malokateri rastlini (Mihajlovič, 1997).

## Vpliv na zdravje

Peteršilj prištevamo tudi k zdravilnim rastlinam. Posebno zdravilna sta peteršiljeva korenina in seme. Peteršilj pospešuje izločanje seča in s tem razkrojnih produktov. Primeren je za pomirjanje krčev v prebavilih, za pomirjanje živcev, odganja vetrove, uravnava krvni obtok, pomaga pri zdravljenju vodenice, revme, ekcema, celulita, zlatenice itn.

Svež peteršilj pospešuje tek in izločanje želodčnih sokov ter uravnava prebavo (Osvald, Kogoj–Osvald, 1994).

## 2.1.4. Špinačnice

### 2.1.4.1 Špinača (*Spinacia oleracea* L.)

#### Ime in izvor

Je enoletna listnata zelenjadnica. Ponekod jo imenujejo tudi špinaža. Pridelujemo jo zaradi srednje velikih, svetlo do temno zelenih, delno mesnatih listov. Špinačo uspešno pridelujemo v jesenskem in pomladanskem obdobju, manj uspešno pa poleti (v nižinskem območju) zaradi visokih temperatur in dolgega dne. Špinača je dobra indikatorska rastlina za ugotavljanje kakovosti in izenačenosti zemljišč.

Pridelek špinače, pospravljen in pripravljen za jedi, je lahko za zdravje škodljiv, če ga nepravilno pripravimo in uporabimo.

Rastline špinače spadajo v skupino dolgodnevnic. Dolg dan in visoke temperature vplivajo na hiter prehod rastlin v generativno fazo razvoja rastlin. Povečana količina dušičnih gnojil vpliva na močnejši vegetativni razvoj ter poznejše odganjanje cvetnih stebel (Osvald in Kogoj–Osvald, 2003).

## Uporaba

Špinačo uporabljamo za prehrano svežo (solata, sok) ali toplotno obdelano (kuhana solata, juhe, enolončnice, prikuhe itn). Špinačo kuhamo kratek čas (5 do 10 minut). Oprane liste špinače brez pecljev (v teh je veliko oksalne kisline) damo v malo vrele vode, da se izluži čim manj mineralnih snovi. Pri kuhanju jedi iz špinače dodajamo mleko, da se škodljiva oksalna kislina veže s kalcijem v oksalate, ki jih telo izloči. Špinačnih jedi ne shranjujemo za naslednji obrok, ker se nitrati spremenijo v škodljive nitrite (nevarnost zastrupitve) (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

## Sestava

Špinačni list vsebuje okoli 92 % vode, 3,2 % ogljikovih hidratov, 2,4 % beljakovin, 0,30 % maščob, 2,35 % brezdušičnatih snovi, 0,55 % celuloze, 1,15 % pepela z veliko železa, polg Fe pa vsebujejo listi veliko Mg, K, Ca, Na, P, Mn, Cu, Zn, J, Co in drugih elementov. V njih je tudi veliko vitamina C (okoli 60 mg/100 g), vitamina A (5 mg/100 g), vitaminov B1, B2, PP, B6 idr. Ne smemo je jesti čezmerno, ker je v njej precej kalcijevega oksalata, ki lahko povzroči oksalurijo (čezmerno izločanje oksalne kisline v obliki kristalov kalcijevega oksalata); zlasti ni priporočljivo za ledvične bolnike (Mihajlović, 1997).

## Vpliv na zdravje

Deluje ugodno proti zaprtju, za boljše umske sposobnosti, proti raku, slabokrvnosti in skorbutu idr. Pri zdravljenju uporabljamo špinačna semena in liste (Mihajlović, 1997).

Špinačni listi vsebujejo veliko vitaminov in mineralov. Škodljive snovi so predvsem v listnih pecljih, zato jih zavržemo. Zaradi zdravilnih učinkov špinačo priporočajo sladkornim bolnikom, otrokom, starejšim ljudem, prebolevnikom itn. Špinača pospešuje izločanje vode iz organizma, kar olajša delovanje srca in ledvic ter znižuje krvni tlak. Pri hudi telesni izčrpanosti priporočajo pitje špinačnega soka. Liste uporabljamo pri manjših površinskih ranah. Uživanje špinače odsvetujejo vsem, ki imajo obolela jetra, vnetje prebavnega trakta, revmo ali so nagnjeni k nastajanju ledvičnih kamnov (Osvald in Kogoj–Osvald, 1994).

## 2.2 NITRATI

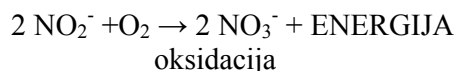
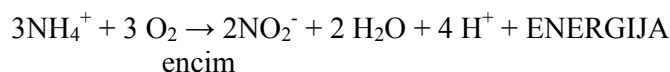
### 2.2.1 Izvor nitratov

Voda in listnata zelenjava so glavni naravni viri nitratov, ki jih zaužijemo, nekaj pa jih zaužijemo s sušenim mesom. Ocenjuje se, da 80 % raka povzročijo okoljski faktorji kot so med drugim hrana, voda, zrak. Nitrat je naravna sestavina listnate zelenjave, medtem ko se nitrit doda mesu kot konzervans v obliki Na in K soli. Kasneje se nitrat v ustni votlini in v želodcu reducira do nitrita. V želodcu nitrit lahko reagira z amini in amidi, ki vsebujejo dušik, kot na primer aminokislino, tvorijo karcinogene nitrozo spojine. Želodčna kislina katalizira reakcijo nitroziranja in nastanek endogenih nitrozo spojin. Sprejemanje velikih količin nitrata je v povezavi s pojavom raka na prebavilih. Izpostavljenost endogenim nitrozo spojinam je povezano z rakom na želodcu, požiralniku in mehurju. Zaužitje dušika s hrano je različno, odvisno od tehnike pridelave pridelkov, podnebja, kakovosti zemlje, na koncu tudi pridelave in zakonodaje (Hsu in sod., 2009).

Ljudje smo izpostavljeni nitritu tudi zaradi uporabe nitrita kot aditiva mesu (kot konzervans in za fiksacijo barve) in pri pretvorbi nitrata v nitrit v našem telesu. Nitrat pa je dovoljen aditiv za sire (Thomson in sod., 2007).

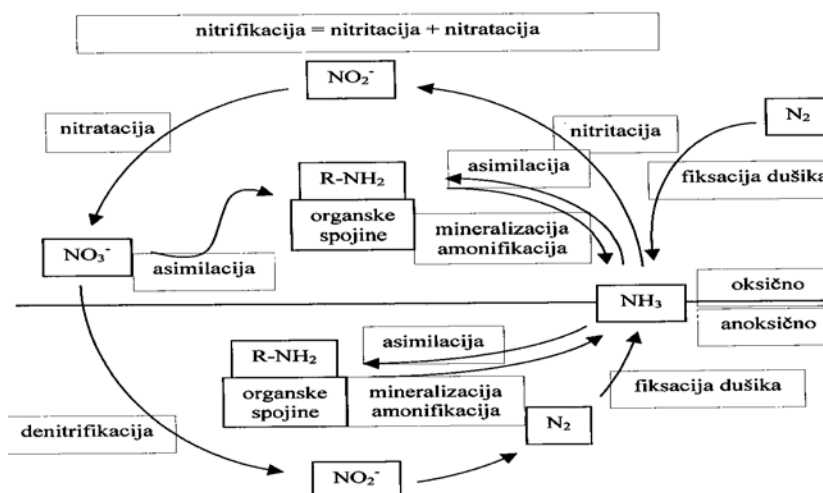
Glavni vir dušika v zemlji je atmosferski dušik, ki pride v zemljo z vgrajevanjem v organske sestavine zemlje v procesu nitrifikacije. Z mineralizacijo organskih sestavin pa preide dušik v sestavine zemlje. S kopičenjem nitrata v rastlinskih tkivih, je zelenjava poglavitni vir zaužitega nitrata, prav tako pa ga nekaj zaužijemo s pitno vodo, na katero ima vpliv tudi gnojenje v kmetijstvu (Follett in Follett, 2008).

Mineralizacija je biokemijski proces, ki je sestavljen iz več faz. Prva faza je amonifikacija. V procesu razpadanja ostankov žetve in mikrobnih tkiv nastaja dušik v obliki  $\text{NH}_3$ . Večji del  $\text{NH}_3$  preide v  $\text{NH}_4^+$  ion, ki je dostopen za rastline in mikrobe. V primerno prezračeni zemlji je amoniakalnega dušika le malo časa v izobilju, zadržijo ga lahko koloidi ilovice in humusa po zamenjavi z drugimi kationi (kalij, kalcij...), določene ilovice pa ga lahko fiksirajo nase in ga na ta način začasno izključijo iz ciklusa. Del amoniaka pa se oksidira do nitrata. To pa je le naslednja faza mineralizacije – nitrifikacija. Nitrifikacija je proces fermentativne oksidacije amoniaka. Povzročajo jo delovanje nitrifikacijskih bakterij. V prvi stopnji nitrifikacije nastanejo pod vplivom nitritnih bakterij nitriti, takoj zatem pa poteka oksidacija nitritov do nitratov. To reakcijo povzročajo nitratne bakterije.



#### MIKROBNE PRETVORBE DUŠIKA

Mikrobni procesi v kroženju dušika:



Slika 1: Mikrobne pretvorbe dušika (Stopar in sod., 2005)

Figure: Microbial transformation of nitrogen (Stopar et al., 2005)

Ker je oksidacija oksidativni proces, je potrebna aeracija zemljišča. Suša ali prekomerna vlažnost nista primerni za nitrifikacijo, prav tako pa tudi visoke temperature. Optimalna

temperatura za delovanje nitrifikacijskih bakterij je 25–30 °C in pH zemlje 6,8-7,3. Amoniakalni dušik se dobro adsorbira in se zato tudi dlje časa obdrži v zemlji.  $\text{NO}_2^-$  in  $\text{NO}_3^-$  ioni pa se zelo slabo adsorbirajo, in jih voda lahko izpira.

Organska gnojila, ki vsebujejo dušik so hlevski gnoj, kompost, podorine... Količina organskega dušika, ki ga vsebujejo organska gnojila, je odvisna od vsebnosti dušika, razmerja C/N in od uporabljenih količin.

Ti primeri nam dokazujejo, da lahko rastline vsebujejo velike količine nitratov tudi brez uporabe mineralnih gnojil.

Vsebnost nitrata v zelenjavi se lahko poveča po spravi pridelka v času shranjevanja s pomočjo delovanja bakterij in/ali s pomočjo nitrat reduktaze, še bolj pri sobni temperaturi ali celo višji temperaturi.

Kultivar in datum spravila pridelka lahko vpliva na vsebnost nitrata in nitrata v določeni zelenjavi, kar pojasnjuje veliko variabilnost v rezultatih (Hsu in sod., 2008).

### **2.2.2 Nitrati v rastlinah**

Rastline pridobijo dušik iz zemlje v obliki nitrata ali amonijevih ionov. Nitrat se lahko reducira do amonijevega iona, ki ga rastlina izkoristi za sintezo dušikovih spojin (Fowden, 1981). Nasprotno pa živali in ljudje ne morejo izkoristiti preprostih oblik dušika, zato ga pridobijo iz hrane, ki jo zaužijejo v obliki aminokislin (Fowden, 1981). Nitrati so v rastlinah zelo različno razporejeni. To različnost lahko razlagamo s fiziologijo posameznih organov. Rastline potrebujejo nitrate za tvorbo lastnih proteinov. Ker te reakcije potekajo predvsem v listih, je vsebnost nitratov v steblih, listnih pecljih in listnih žilah, večja. Medtem ko količina nitrata v koreninskem delu rastlin zelo variira (večje količine zasledimo v koreninskih laskih in manjše v glavni korenini) (Bavec, 1988). Zelenjava, ki raste tik nad zemljo vsebuje več nitratov kot ostala zelenjava. Količina nitratov, ki so v danem trenutku prisotni v rastlini, je odvisna od hitrosti dveh fizioloških procesov: absorpcije nitratov s koreninami in redukcije nitratov zaradi sinteze beljakovin.

Če je hitrost absorpcije nitratov večja od hitrosti sinteze proteinov, se nitrati avtomatično kopičijo. Neuravnoteženost med absorpcijo dušika in sintezo beljakovin izhaja iz dveh vzrokov: pretirane količine nitratov v zemlji in upočasnjevanja sinteze proteinov.

Običajno se večje koncentracije nitrata in nitrata kopičijo v koreninah, steblih in manj v listih in cvetovih. Bolj se kopičijo v zunanjih listih kot notranjih. Manjše koncentracije nitrata so v plodovih kot so na primer paradižnik, česen, kumare, grah... (Ze-Yi in sod., 2000).

Preglednica 1: Vsebnost nitratov v estonski zelenjavi med leti 2003-2005 (Tamme in sod., 2006)

Table 1: Nitrate levels in Estonian vegetables between years 2003-2005 (Tamme et al., 2006)

ZELENJAVA	vsebnost nitratov (mg/kg)		povprečna vrednost (mg/kg)
	minimum	maksimum	
radič	670	1500	1309
zelena solata	397	3230	2167
sladkorna pesa	214	3556	1446
kumare	<30	1236	160
zelje	74	1138	437
špinača	2508	2508	2508
drobnjak	2236	3267	2936
čebula	30	92	55
zelena	256	830	565
peteršilj	674	1588	966
korenje	<30	525	148
kitajski kapus	232	2236	1243
cvetača	104	404	287
bučke cukete	330	511	421
krompir	<30	360	94

Nitrat in nekaj malega nitrita se pojavlja v rastlinski hrani. Špinača je ena izmed tistih rastlin, ki kopiči večje količine nitratov v tkivih. Precejšnja spremenljivost vsebnosti nitrata in nitrita je odvisna od vrste zelenjave, dela rastline, faze zrelosti, pridelovalnih pogojev kot je suša, temperatura v času rasti, dostopnosti hranil, poškodbe od insektov, uporaba herbicidov in/ali insekticidov in gnojenja z dušikovimi gnojili, ki stimulirajo rast rastlin. Dušik, ki se nahaja v gnojilih se oksidira do nitrata in nitrita v zemlji in je tako dostopen rastlinam. Nekatere rastline proizvajajo encim nitrat reduktazo, ki preoblikuje nitrat v nitrit, večina rastlin obdrži nitratno obliko dušika. Tudi nekatere bakterije v rastlini nosijo nitrat reduktazo in pretvorijo v rastlinskih tkivih nitrat v nitrit. Večina sadja in zelenjave vsebuje majhne količine nitritov (0 do <1 mg/kg). Vnos nitrata je različen odvisno koliko sadja in zelenjave posameznik zaužije in vsebnosti nitrata v njej. Ocenjuje se, da je ta vnos 53-350 mg na dan (Pennington, 1998).

### 2.2.3 Vloga nitrifikacije in denitrifikacije pri kopičenju nitrita v okolju

Presežek nitratnega dušika v zemlji

Nitrifikacija v večji meri prispeva k akumulaciji nitrita v tleh, kot pa denitrifikacija. Do kopičenja nitrita med nitrifikacijo pride, ker je oksidacija amonija hitrejša od porabe nitrita s strani bakterij, ki oksidirajo nitrit. To se zgodi, če so nitrifikatorji (*Nitrobacter*) inhibirani bolj kot nitritatorji (*Nitrosomonas*). Visok pH in visoke koncentracije amonija ter nizka dostopnost kisika upočasnijo hitrost oksidacije nitrita v nitrat in to povzroči kopičenje nitrita (Šubelj, 2000).

Redukcija nitrata do N<sub>2</sub> poteka postopno: od nastanka nitrita preko NO in N<sub>2</sub>O do N<sub>2</sub>. Vsak korak katalizira drug redukcijski encim. Ko pride do kopičenja nitrita v procesu denitrifikacije, je to najverjetneje posledica zmanjšane aktivnosti nitritne reduktaze.

Najverjetneje na to vplivajo kisik, koncentracija nitrata, pH in dostopnost hitro razgradljivega vira ogljika. Dejavniki okolja odločilno vplivajo na to ali bo denitrifikacija potekala delno ali v celoti.

Na kisik je občutljiva večina denitrifikacijskih reduktaz, sinteza nitritne reduktaze je pri nekaterih denitrifiacijskih bakterijah zavrtta tudi ob visoki koncentraciji nitrata. V okolju, kjer aktivno poteka nitrifikacija, je koncentracija nitrata zelo visoka in to je lahko vzrok. Presežek nitratnega dušika v zemlji je primarni vzrok nitratne akumulacije v rastlinah. Presežek nastane zaradi uporabe nitratnih dušikovih gnojil, predvsem tistih v obliki nitratov, ki jih rastline zlahka asimilirajo. Presežek nitrata v zemlji je pogostejši pri uporabi kemičnega dušika kot pri uporabi hlevskega gnoja, čeprav je lahko količina dušika večja.

V večini primerov je dušik odločilen tako za količino pridelkov kot za njihovo kakovost. Ob upoštevanju pravilnega gnojenja ne prihaja do prevelikih količin nitratov v rastlinah. Za posamezne rastline obstajajo optimalne vrednosti oziroma intervali vsebnosti dušika.

Na intenzivnost sinteze proteinov vplivajo številni faktorji, med njimi je najpomembnejša svetloba. Slabotnejša kot je svetloba, bogatejše so rastline z nitrati.

Na intenzivnost sinteze vpliva tudi površina listov. Sinteza je proporcionalna listni površini. Kopičenje nitratov pospešuje tudi pomanjkanje elementov v sledovih, ki kot sestavni del koencimov vodijo pretvorbo nitritov v proteine. Sposobnost kopičenja nitratov pa je variabilna tudi znotraj same rastlinske vrste (špinača z gladkimi listi kopiči manj nitratov kot špinača z nagubanimi listi).

Nitrat sam po sebi ni tako toksičen, bolj toksične so sestavine, ki iz njega nastanejo. To so nitriti in nitrozamini. Nitriti se lahko prav tako kot nitrozamini, tvorijo zunaj in znotraj organizma (Bavec, 1988).

V nekaterih vrtninah so tudi nitrati in nitriti. Prvih je običajno več, nitritov pa manj. Nitrati se pretvorijo v nitrite, ti pa se v krvi vežejo v nitrozamine, ki onemogočijo delovanje rdečih krvnih teles. Zaradi preobilice hrane, ki vsebuje nitrate, lahko pri dojenčkih nastopi celo smrt.

Količina nitratov in nitritov, ki jih vsebujejo vrtnine, je močno odvisna od vremenskih razmer med rastjo, od izbrane sorte in tudi od količine gnojil. Vrtnine, ki jih gojimo v zimskem času ali zgodaj spomladi ter vrtnine, ki jih gojimo v rastlinjakih, ko primanjkuje svetlobe, vsebujejo več nitratov. Zelenjava v rastlinjakih je bolj gnojena, rastlinjake pa tudi senčimo in tako dobi zelenjava manj sončne svetlobe, kar vse pripomore k večji vsebnosti nitrata. Vrsta zelenjave in kultivar, ki je vzgojen v rastlinjakih, ima vpliv na večjo ali manjšo vsebnost nitratov. Na vsebnost nitratov v zelenjavi, ki je bila vzgojena na odprtem polju pa vpliva tako vrsta zelenjave, kot datum spravila pridelka ne pa tudi kultivar (Amr in Hadidi, 2001).

Preveč vlage, premalo svetlobe, velika oblačnost ali previsoke temperature povzročajo, da se sprejeti dušik v rastlini ne vgrajuje v beljakovine, ampak ostaja v celičnem soku kot nitratni ion (Habjan Dovč, 2006).

Na pridelek solate vpliva sezona pridelave. Če primerjamo spomladansko, zimsko in poletno sezono, je bil najmanjši pridelek v jesenskem času ne glede na količino gnojenja (409-439 g gnojila na rastlino), največji pa v spomladanski sezoni-večje doze anorganskega gnojila, tudi

večji pridelek (827-841 g gnojila na rastlino). Kopičenje nitrata v zunanjih listih solate je bilo približno dvakrat večje v vseh treh sezonah pri gnojenju z anorganskim gnojilom kot pri gnojenju z kompostiranim ovčjim gnojem. Iz anorganskih gnojil je dušik lažje dostopen za rastline (Pavlou in sod., 2007).

Solata, ki je gojena v rastlinjaku pozimi pri slabi svetlobi, lahko vsebuje tudi do 3500 mg nitratov/100 g sveže mase in špinača do 3890 mg/100 g sveže mase. Če jo gojimo na prostem v času, ko so temperature in osvetlitev ugodnejše, je nitratov desetkrat manj. Zelo veliko nitratov vsebuje tudi rdeča pesa, zlasti če jo pobiramo pozno jeseni, ko je veliko megle, dežja in malo sonca. Po rezultatih analiz narejenih v Prištini, se je količina nitratov zmanjšala po večmesečnem skladiščenju rdeče pese od 802 na 461 mg/100 g (Črne in Vrhovnik, 1992).

Veliko nitratov vsebujejo predvsem vse listnate vrtnine, pri katerih jemo liste. To so: solata, motovilec, endivija, špinača, blitva in kitajski kapus. V kitajskem kapusu je lahko od 400 do 2400 mg nitratov/100 g. Srednje količine nitratov vsebujejo vse korenovke, to je korenček, zelena, redkvice. Najmanj nitratov je v plodovkah-v kumarah in paradižniku samo od 20 do 200 mg/100 g, pa tudi v stročnicah – v grahu samo 100 do 120 mg/100 g in v cvetači od 14 do 37 mg/100 g. Ker je nitratov podobno kot oksalatov več v listnih pecljih in steblih, jih zavržemo, ko čistimo vrtnine (Črne in Vrhovnik, 1992).

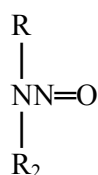
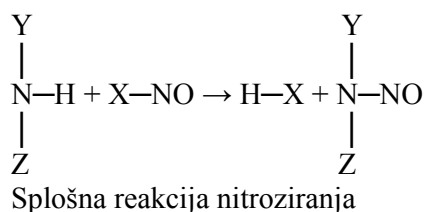
Če vrtnine pobereemo in jih dalj časa pustimo pri sobni temperaturi, se količina nitratov in nitritov poveča, zato je prav, da jih takoj po pobiranju porabimo ali shranimo pri nizkih temperaturah – v hladilniku ali zamrzovalniku (Černe in Vrhovnik, 1992).

Nitrozamini se tvorijo z reakcijo med nitriti in določenimi amini, zlasti sekundarnimi. Kakor nitriti, tako se tudi nitrozamini tvorijo v živilih in prebavnem traktu. Živila, ki vsebujejo največje količine nitrozaminov, so meso in ribe, pri katerih uporabljajo nitrite kot sredstva za konzerviranje (Bavec, 1988).

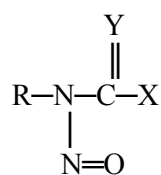
N-nitrozo spojine se tvorijo z nitroziranjem, ki vključuje zamenjavo vodika, ki je vezan na dušik, z nitrozo skupino in se običajno delijo na N- nitrozamine in N-nitrozoamide (Markelc, 2002).

Nitrozo spojine, ki so jih testirali na živalih so bile v več kot 80 % karcinogene. Na testiranih živalih so nitrozamine povezali z rakom na ščitnici, jetrih, ledvicah, pljučih, mehurju, rakom v nosno ustnem predelu. Nitrozamini so stabilne spojine in morajo biti aktivirani po metabolni poti, da učinkujejo kot karcinogeni. Aktivirane spojine so nestabilne in imajo kratko razpolovno dobo. Zato predvidevajo, da vpliva na občutljivost organov za nitrozamine aktivacijski sistem znotraj specifičnih organov, ki proizvajajo reaktivne alkilirane spojine (Follett in Follett, 2008).



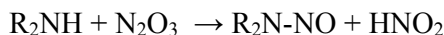
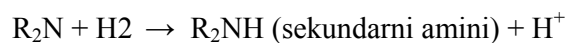


N – nitrozamini



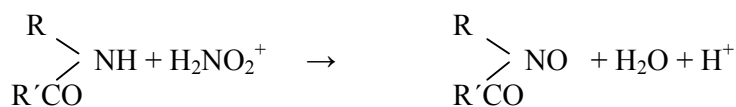
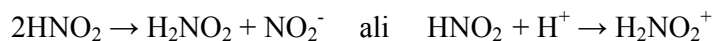
N – nitrozoamidi

Slika 2: N–nitrozoamini in N-nitrozoamidi (Markelc, 2002)  
Figure 2: N-nitrosamines and N-nitrosamides (Markelc, 2002)



Slika 3: Nastajanje nitrozaminov (Shao-Ting in sod., 2007)  
Figure 3: Generation of nitrosamines (Shao-Ting et al., 2007)

Nitrozacija je reakcija nukleofilne substitucije med sekundarnimi amini in nitrozirnimi sredstvi. Pretvorba do nitrozamida gre najverjetneje preko protonirane oblike nitrita, kar vidimo spodaj.



amid

nitrozamid

Slika 4: Nastajanje nitrozamidov (Shao-Ting in sod., 2007).  
Figure 4: Generation of nitrosamides (Shao-Ting et al., 2007)

N-nitrozamini izvirajo iz sekundarnih aminov, ki vsebujejo dialkil, alkilaril in diaril substituenti. Nitrozoamidi pa se tvorijo z nitroziranjem N-alkiluree, N-alkilkarbamato, enostavnih N-alkilamidov, cianamidov, guanidinov, amidov, hidroksilaminov, hidrazonov in hidrazinov.

Primarni amini se v glavnem ne smatrajo za prekursorje N-nitrozaminov, ker se reakcije nitroziranja nadaljujejo prek diazotiranja in nukleofilne substitucije amino skupin. Terciarni amini se lahko nitrozirajo in tako tvorijo sekundarne N-nitrozamine, potek in hitrost reakcij pa sta močno odvisna od njihove strukture.

N-nitrozamini so v glavnem stabilne spojine, medtem ko N-nitrozamidi postanejo nestabilni, ko se pH zvišuje nad 2 ter se hitro razgradijo pri pH nad 7 in se uničijo s toplotno obdelavo. Čeprav je karcinogeni učinek N-nitrozaminov dobro poznan, je zaradi njihove nestabilnosti zelo malo verjetno, da bi se večje količine teh spojin kopičile in zadrževale v hrani. Zato se večina literaturnih podatkov o N-nitrozo spojinah v hrani nanaša prav na N-nitrozamine, ki so v pogojih, ki jih najdemo v hrani, stabilni.

Prekursorji N-nitrozo spojin v hrani so dveh vrst: tisti, ki postanejo nitrozirno sredstvo in tisti, ki postanejo nitrozirani. Kot nitrozirno sredstvo v hrani je najbolj raziskan nitrit. Izhodišče za tvorbo nitrozirnega sredstva je reakcija nitritnega iona s protoni ( $H^+$  ali  $H_3O^+$ ) in nastanek dušikove (III) kisline. Niti nitrit niti dušikova kislina sama po sebi nista direktno nitrozirno sredstvo, ampak sta intermediata v oblikovanju nitrozirnih spojin, kot so dušikov trioksid, didušikov tetraoksid in kisli nitrozni ion. Delež vsakega od naštetih nitrozirnih sredstev je odvisen od kislosti medija; pri nizkem pH (2-3) pa so vsi prisotni (Markelc, 2002).

#### **2.2.4 Redukcija nitrata v nitrit in tvorba N- nitrozo spojin**

Ljudje smo izpostavljeni N-nitrozo spojinam iz okoljskih virov, prav tako pa tudi endogeni sintezi, ki prispeva 45-75 % skupnega izpostavljanja tem spojinam. Zaužite sestavine sprožijo aktivnosti, ki vodijo do nastanka raka. Glavni vir N-nitrozo spojin dobimo s hrano. Skupne N-nitrozo spojine v seču so seštevek eksogenih, endogenih N-nitrozo spojin in tudi njihove inhibicije. Ugotovili so, če človek zaužije več N-nitrozo spojin (1,60  $\mu\text{mol/dan}$ ) in je večja vsebnost N-nitrozo spojin v seču (1,45  $\mu\text{mol/dan}$ ), potem je tudi večje tveganje za zbolevanje za rakom grla. Zaužitje skupnih N-nitrozo spojin, vsebnost N-nitrozo spojin v seču in interakcija med njimi je signifikantni faktor za pojav raka na grlu. Skupne zaužite N-nitrozo spojine in N-nitrozo spojine v seču bi lahko bile lahko vzrok za 41,2 % pojava raka na grlu in 11,7 % za smrtnost raka na grlu na Kitajskem (Lin in sod., 2009).

V splošnem N- nitrozo spojine tako nitrozamini kot nitrozamidi lahko sodelujejo pri alkilaciji DNA, kar vodi do formiranja tumorja. N-nitrozo spojine se sintetizirajo tudi v človeškem organizmu in celo po zaužitju takih količin prekursorjev, ki se smatrajo za normalne. Na osnovi določanja količin eksogenih in endogenih N-nitrozo spojin so celo ugotovili, da je človek lahko bolj izpostavljen slednjim, čeprav je to v primeru hlapnih N-nitrozaminov sporno (Markelc, 2002).

Človekov želodec je konstantno izpostavljen različnim škodljivim dejavnikom, tudi bakterijam, zato želodčna kislina vzpostavi obrambni mehanizem proti različnim patogenom. V prisotnosti anorganskega nitrita se močno poveča antimikrobno delovanje pri nizkem pH. Tako se nitrit pretvori v dušikov oksid. S hrano zaužijemo nitrate, ki se s pomočjo encimov pretvori v nitrit in nato v dušikov oksid, ki potem potuje v žlezo slinavko in nato v slino. Dušikov oksid so odkrili v želodcu, kasneje pa se pojavi tudi v srcu, koži, urinskem traktu in v ustih. Prisotnost nitrita poveča antimikrobni učinek na različne patogene v kislem mediju kot so enterobakter, kvasovke in helicobakter. Koncentracija nitrita v slini je močno odvisna od zaužitega nitrata. Z zaužitjem 150-300 g špinače, se vsebnost nitritov v slini poveča desetkrat.

Človek proizvede 1-1,5 litra sline dnevno, ki večina potuje v kislino okolje želodca. Po zaužitju nitrata se stopnja nitrata v plazmi in v slini hitro poveča, največja koncentracija je po 60 minutah. 25 % nitrata iz plazme se absorbira v žlezo slinavko. Koncentracija nitrata je v slini desetkrat večja kot v plazmi (Bjoerne in sod., 2006).

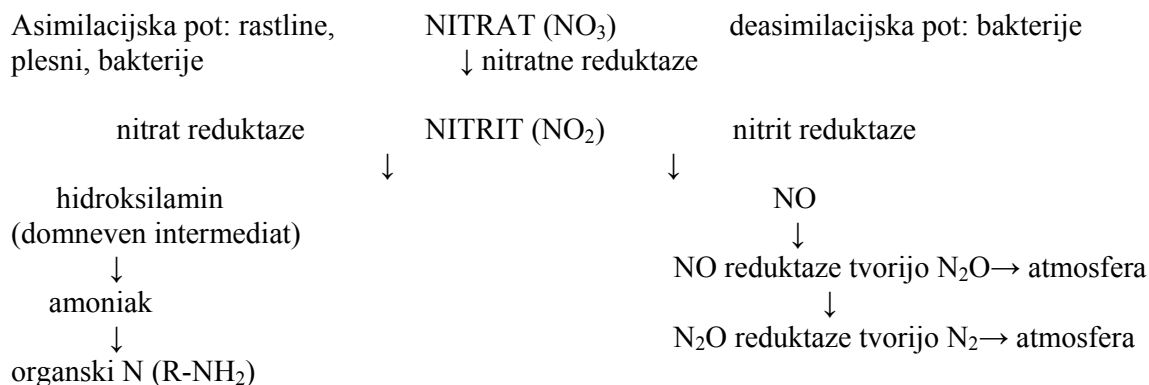
Koncentracije nitrata, katerim je izpostavljen človeški organizem, so dosti višje kot koncentracije nitritov. Kot posledica njegove bakterijske redukcije v določenih predelih telesa, je nitrat posredno glavni vir endogenega nitrita in tako prekursor n-nitrozo spojin in vivo. Nitrat, ki je prisoten v slini, želodcu, mehurju, črevesju, vagini, urinu in v vseh telesnih izločilih se namreč reducira v nitrit vedno, ko so ti predeli okuženi z bakterijami. Kislo katalizirano endogeno nitroziranje ima optimum pri pH 2-3, zato je najbolj pomemben predel za to reakcijo želodec, ki ima normalen pH 2-3. Poleg kislo kataliziranega nitroziranja v želodcu, lahko te reakcije potekajo tudi v nevtralnem ali bazičnem (Gilchrist in sod., 2010).

Endogena sinteza N-nitrozo spojin lahko poteka tudi z bakterijsko kataliziranimi reakcijami. Bakterije, ki lahko nitrozirajo amine, so prisotne v slini, želodcu, inficiranem mehurju in črevesju. Ker pa je dosti mikroorganizmov sposobnih katalizirati N-nitroziranje in hkrati reducirati nitrat v nitrit, je hitrost bakterijsko katalizirane reakcije manj odvisna od razpoložljivosti nitrita. Nitrozirni amini, ki so potrebni tako za kislino kot tudi za bakterijsko katalizirano nitroziranje, se vnesejo s hrano (v manjših količinah) ali pa se tvorijo endogeno (v relativno večjih količinah) v debelem črevesju in v jetrih (Gago in sod., 2007).

Ugotovili so tudi, da lahko sinteza (NO) poteka tudi v vnetih organih. Somatske mutacije in rak na vnetih organih so posledica reakcij dušikovih oksidov z aminami in tvorbo N-nitrozaminov in deaminacije baz DNA z dušikovimi oksidi. Poleg tega se NO, ki nastane v vnetih organih, oksidira v nitrit in nato v nitrat in se ta pojavi v slini in tako poveča količino nitrita v želodcu in tvorbo N-nitrozo spojin v želodcu. Te reakcije lahko razložijo povezavo med vnetji in rakom (Mirvish, 1995).

Nitriti in nitrozamini se torej tvorijo znotraj in zunaj organizma. Znotraj organizma poteka redukcija nitratov v nitrit, v slini in črevesju. Obstaja direktna povezava med količino zaužitih nitratov in koncentracijo nitritov v slini. Koncentracija nitritov je v obratnem sorazmerju s količino sline. V prebavnem traktu imamo nitratne reduktaze, ki so bakterijskega in kvasnega izvora in spreminjajo nitrate v nitrite, a delujejo le v blago kislem ali bazičnem področju in tako v želodcu ne more prihajati do redukcije v nitrite. To pa se lahko zgodi pri otrocih, ki imajo manjšo količino HCl. Do redukcije nitratov v nitrit pa lahko prihaja tudi v celicah s pomočjo celičnih nitroreduktaz (Mirvish, 1995).

Nastali nitriti v organizmu ali zunaj njega se v reakciji s sekundarnimi aminami pretvorijo v nitrozamine. Živila, ki so najbolj izpostavljena tvorbi nitrozaminov so mlečni proizvodi, moka, pivo, meso, ribe, ker uporabljamo nitrate kot konzervanse. V organizmu pa se lahko tvorijo le v želodcu, kjer je kisel medij. To so dokazali z inkubiranjem nitritov in dietilaminom v želodčnem soku podgane, mačke, psa in človeka (Markelc, 2002).



Slika 5: Redukcija nitrata (Markelc, 2002)

Figure 5: Reduction of nitrate (Marklec, 2002)

### 2.2.5 Dejavniki, ki vplivajo na nitroziranje

Pri reakcijah nitroziranja je pH reakcijske raztopine zelo pomemben parameter, ker vpliva na koncentracijo neprotoniranega amina. Tako je hitrost nitroziranja bazičnih aminov največja pri pH 3-4, za večino amidov prisotnih v hrani, je ta optimalen pH 2-4. Nitroziranje pa lahko poteka tudi v bazičnih pogojih, kot to velja za nitrit (Markelc, 2002).

Na tvorbo nitrozaminov vpliva tudi temperatura. S povišano temperaturo se tvori več N-nitrozaminov kot pa pri nižjih (Markelc, 2002).

Na oblikovanje nitrozaminov vplivajo tudi mikroorganizmi, ki reducirajo nitrat v nitrit, oksidirajo nitrit v nitrat, znižajo pH in proizvajajo spojine, ki direktno katalizirajo nitroziranje.

Prav tako kot nekatere sestavine hrane katalizirajo nitroziranje, ga druge inhibirajo. Anioni, kot so  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CNS}^-$ , acetat, ftalat, žveplove spojine in šibke kisline kažejo kataliziran učinek, medtem, ko vse spojine, ki reagirajo z nitritom, lahko inhibirajo nastanek N-nitroso spojin. Primeri takih spojin so primarni amini, sulfhidrilne spojine in določene aromatske sojine.

Najbolj pomembna inhibitorja reakcij nitroziranja v hrani sta askorbinska kislina in  $\alpha$ -tokoferol. Izoaskorbinska kislina, ki kot vitamin C ni aktivna, tudi inhibira nitroziranje.

Učinkovitost teh inhibitorjev je posledica njihove zmožnosti, da reducirajo nitrozirna sredstva v NO, ki je zelo slabo nitrozirno sredstvo. Inhibicija pa je lahko nepopolna, ker NO reagira z molekularnim kisikom in tvori druge dušikove okside, ki so nitrozirna sredstva. Uživanje askorbinske kisline kot tudi  $\alpha$ -tokoferolov je v negativni korelaciji z mnogimi vrstami raka (Gilchrist in sod., 2010).

$\alpha$ -tokoferoli so topni v lipidih in kot taki so zelo uspešni v lipidni fazi. Vitamin C, ki ni topen v lipidih, inhibira nitroziranje v vodni fazi, nastali NO pa lahko prehaja v lipidno fazo in se lahko oksidira v dušikove okside, ki nitrozirajo amine in amide v lipidni fazi. Ugotovili so

tudi, da je inhibicijski vpliv askorbinske kisline in askorbatov večji, če jo uporabimo skupaj z  $\alpha$ -tokoferolom.

Tudi druge naravne sestavine hrane kot so tanini in polifenoli, ki jih veliko najdemo v zelenih in črnih čajih ter v sadju in zelenjavi lahko inhibirajo nitroziranje in vivo (Markelc, 2002).

Tvorbo N-nitrozo spojin katalizirajo npr. tiocianati, inhibirajo pa askorbinska kislina,  $\alpha$ -tokoferol, alilne žveplene spojine. Sadje in zelenjava so vir antioksidantov kot so askorbinska kislina in fenolne spojine, ki lovijo proste radikale. Jagode, ohrovt in česen vsebujejo veliko fenolnih spojin in vitamina C (jagode kar 99 mg/100 g) ter alil žveplove spojine. Prav tako vsebuje fenolne spojine tudi ohrovt, česnov sok pa je zelo učinkovit pri preprečevanju nastanka nitrozaminov, ker preprečuje nastanek nitrita. Jagode, česena in ohrovt zavirajo nastanek nitrozodimetilamilnih spojin, na račun vsebnosti askorbinske kisline, fenolnih spojin in alilžveplovih spojin (Choi in sod., 2007).

V človekovi slini se nahaja kompleksen antioksidativni sistem s sečno kislino, ki je najbolj koncentrirana komponenta. Askorbinska kislina se nahaja v slini v nizkih koncentracijah in se aktivno izloči v želodčno votlino. Askorbinska kislina v slini ima pH vrednost 2 in se zaužije v nekaj minutah in regenerira dušikovo (III) kislino, medtem ko se sečna kislina konzumira relativno počasi v odvisnosti od obnašnja nitrita. Konzumiranje sečne kisline je hitro v pogojih z veliko kisika, medtem ko je v pogojih z malo kisika počasnejše skupaj s sproščanjem dušikovega oksida. Glavna vloga sečne kisline je varovanje želodca pred tvorjenjem toksičnih dušikovih spojin in s tem pred pojavom raka. Nitrat, ki ga zaužijemo s hrano, se absorbira v tanko črevo in približno 25 % se skoncentrira v žlezi slinavki in se ponovno izloči v usta. Nato bakterije v ustih zmanjšajo 20 do 30 % nitrata v nitritno obliko. Iz nitrita z zakisanjem nastaja dušikov oksid, ki ima antimikrobno delovanje (Pietraforte in sod., 2006).

### 2.2.6 Gnojenje z dušikovimi gnojili

Rodovitnost zemljišč, namenjenih za pridelovanje vrtnin, je v veliki meri odvisna od kakovosti naših posegov, ko jih oskrbujemo. Vrtnine se med rastjo zelo hitro odzivajo na poslabšanje oziroma zmanjšanje rodovitnosti rastišča, če ga ne oskrbujemo in obnavljamo.

Pomembno je, da vrtninam zagotovimo optimalne rastne razmere, ki jih pravilno oskrbujemo s hranili, pač glede na potrebe v posameznih razvojnih fazah, in da ohranjamo naravno ali pridobljeno rodovitnost zemljišč (Markelc, 2002).

Najprimernejša načina ohranjanja rodovitnosti tal sta:

- gnojenje z organskimi gnojili in
- pravilno kolobarjenje.

Dodatno lahko izboljšujemo založenost tal s hranili in povečujemo rodovitnost tudi, če jih gnojimo z mineralnimi gnojili v omejenih količinah.

Zadovoljivo rast rastlin omogoča dobra in uravnotežena oskrba z hranili. Poglavitni vir hranil so organska gnojila, ki jih dopolnjujemo z izbranimi mineralnimi gnojili. Pri tem upoštevamo te zahteve:

- odmerki hranil morajo biti usklajeni z založenostjo tal in potrebami rastlin;

- pri določanju gnojilnih odmerkov moramo upoštevati sproščanje hranil iz organske snovi tal (rastlinski – žetveni ostanki – humus); potrebe po posameznih hranilih (npr. fosforju) uravnavamo z izbiro ustreznega gnojila;
- pri dognojevanju z namakanjem (fertigaciji) še posebno v rastlinjakih, upoštevamo priporočene količine hranil;
- trdna in tekoča gnojila razporedimo enakomerno po vsej površini, v vrsti ali ob posameznih rastlinah;
- vozni ali oskrbovalni poti ne gnojimo ali dognojujemo (Markelc, 2002).

Dušik v zelju se različno kopiči pri gnojenju z različnimi gnojili:

zeljni listi: urea>amonijev karbonat>amonijev nitrat>amonijev sulfat

listni pecelj: urea>amonijev nitrat>amonijev sulfat>amonijev karbonat.

Kopičenje nitratov in nitritov v zelenjavi se zmanjša z dodajanjem mikroelementov (npr. Molibden) v gnojila. Kopičenje pa se zmanjša tudi z večjo intenzivnostjo in dolžino osvetlevanja zelenjave (Ze-Yi in sod., 2000)

Preglednica 2: Pomen posameznih hranil v prehrani vrtnin (Markelc, 2002)

Table 2: The importance of individual nutrients in the diet of vegetables

Hranilo	vpliv	znamenja pomanjkanja
Dušik	pospešuje rast listov, pri prevelikih količinah zavira cvetenje in razvoj plodov, pri preobilnem gnojenju je rastlina nežne in občutljivejša za bolezni, škodljivce in mraz	rastline so svetlo zeleno obarvane, slabo razvite, z drobnejšimi plodovi in manjšimi listi
fosfor	potreben je za dober razvoj korenin, cvetov in plodov, vpliva na razvoj močnih in dobro razvitih sadik, pospešuje zorenje	rastline počasi rastejo, listi in stebela so škrlatno obarvani, plodovi počasi dozorevajo
kalij	povečuje odpornost proti mrazu, suši in pojavu bolezni, dobra oskrba vpliva na čvrstejšo rast in preprečuje pretegotvanje sadik	rast je počasna, rastline niso odporne proti nekaterim boleznim
kalcij	uravnava pH (kislost) tal	rastline slabo rastejo, pojavi se odmiranje tkiva na temenu plodov (paradižnik)

Stagnari s sodelavci (2007) je preučeval kako vplivajo na pridelek različni genotipi špinače, gnojenje z različnimi oblikami dušika (amonijev nitrat, kalcijev nitrat, urea, amonijev sulfat, amonijev nitrat) ter z različnimi količinami dušika (0, 75, 150, 200 kg N/ha). Špinača kopiči veliko več nitrata v pecljih in veliko več oksalata v listih, kar nakazuje na medsebojni vpliv med nitratom in oksalatom. Dušični gnojili amonijev sulfat in urea vsebuje N v taki obliki, da ni dostopno rastlinam, povzroča manjše kopičenje nitratov kot gnojila, pri katerih se duši hitro sprošča. Največje pridelke, pri katerih so bile vsebnosti nitrata in oksalata v dovoljenih mejah, so dobili z gnojenjem s kalcijevim karbonatom v količini 130 kg N/ha in z amonijevim nitratom v količini 150 kg N/ha. Dobro vsebnost kalcija, kalija in fosforja v špinači so dobili z

gnojenjem s kalcijevim nitratom v količini 130 kg N/ha in z gnojenjem z amonijevim nitratom v količini 150 kg N/ha. Ugotovili pa so tudi, da genotip špinače vpliva na različno kopičenje nitrata in oksalata (Stagnari in sod., 2007).

### 2.2.7 Zmanjševanje kopičenja nitritov

Skladiščenje špinače v okolju z malo kisika pospešuje rast takih mikroorganizmov, ki povzročajo kopičenje velikih količin nitritov. Zato pa visoka koncentracija CO<sub>2</sub> v skladiščnih prostorih zmanjša nitritno akumulacijo, še posebej v prvih desetih dneh skladiščenja pri temperaturi 10 °C. Visoka koncentracija CO<sub>2</sub> (15-18 %) inhibitorno deluje na mikroorganizme. Endogena nitratna reduktaza pa zaradi svoje nestabilnosti ne more pomembno prispevati h kopičenju nitrata po žetvi.

Pomemben prispevek k zmanjševanju kopičenja nitrata pa je tudi skladiščenje špinače v času od žetve do transporta in prodaje pri temperaturah, ki so čim bližje 0 °C. To naj bi veljalo tudi pri shranjevanju že pripravljenih jedi iz špinače, saj sobna temperatura omogoča bakterijsko redukcijo nitratov. Poizkusi na korenju pa so pokazali, da 5-minutno blanširanje pri 95 °C zadostno inaktivira encime in bakterije, tako da je redukcija nitratov med nadaljnjim skladiščenjem zanemarljiva. Hitra redukcija nitratov in tako porast nitritov do koncentracij, škodljivih za zdravje, poteka med 10–urnim skladiščenjem pri temperaturi 20-25 °C. Tudi pri kuhanju v vodi je izguba nitratov z raztapljanjem zelo visoka, če je volumen uporabljene vode velik in če je čas kuhanja dovolj dolg (Bavec, 1988).

Zelenjava, bo vsebovala manj nitratov v primeru:

- eliminacije zemlje, prebogate z organskimi snovmi,
- ustvarjanja pogojev za maksimalno osvetljenost,
- uporabe amoniakalno-nitritnih gnojil z inhibitorji nitrifikacije,
- uporabe gnojil s počasnim delovanjem in
- žetve v stadiju tehnološke zrelosti.

### 2.2.8 Dovoljeni dnevni vnosi nitratov in nitritov

Nitrat ni neposredno toksičen, vendar to lahko postane zaradi redukcije v nitrit.

Za nitrate velja, da jih lahko dnevno zaužijemo največ 5 mg na kilogram telesne teže, izraženo kot KNO<sub>3</sub> oziroma 3,65 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> iona na kilogram telesne teže. Medtem ko lahko nitritov zaužijemo na dan le 0,2 mg na kilogram telesne teže, izraženo kot NaNO<sub>2</sub> oziroma 0,133 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> iona na kilogram telesne teže. Vse te količine veljajo za odraslega človeka.

Za otroke stare od 12 mesecev do treh let pa velja, da hrana ne sme vsebovati več kot 100 mg nitratnega iona v enem kilogramu končnega izdelka in količina nitritov ne sme presegati vrednosti 0,2 mg na en kilogram suhe snovi končnega izdelka (nitrit je izražen kot nitritni ion). V vrtninah, ki se uporabljajo za prehrano otrok starih več kot šest mesecev, je vsebnost nitratov največ 250 mg izraženih kot nitratni ion in količina nitritov v hrani do 2 mg v enem kilogramu suhe snovi končnega izdelka, pripravljenega za uporabo (nitrit je izražen kot nitritni ion) (Markelc, 2002).

Sprejemljiv dnevni vnos nitratov naj bi bil 0-3,7 mg/kg telesne teže (za povprečno 70 kg težkega človeka in povprečni dnevni vnos zelenjave 0,5 kg), vendar je pogosto presežen. 15 % odraslih in 45 % otrok preseže ta limit dnevnega vnosa nitratov. Zelenjava predstavlja 30-

90 % vnosa nitrata v telo, poleg pitne vode in mesa. Količine nitrata se zmanjša za okoli 45 %, če zelenjavo kisamo ali nasolimo in za okoli 75 %, če jo kuhamo. Zelenjava naj ne bi vsebovala več nitrata kot 785 mg/kg za vloženo zelenjavo in 1440 mg/kg za kuhano zelenjavo (Shao-Ting in sod., 2007). Na Kitajskem priporočajo 3100 mg/kg zaužitega nitrata (Ze-Yi in sod., 2000).

Evropska zveza znanstvenikov je na odboru za hrano leta 1995 določila sprejemljivo zgornjo mejo dnevnega vnosa nitratov 3,7 mg/kg telesne teže, za nitrit pa 0,06 mg/kg telesne teže (Reinik in sod., 2005).

Avstralci po statistiki zaužijejo letno 8,7 kg šunke in slanine na prebivalca. Človek dobi iz 12 g slanine na dan 0,19 mg nitrata in 0,41 mg nitrata, iz 12 g šunke na dan pa 0,28 mg nitrata in 0,23 mg nitrata. V seštevku za slanino in šunko skupaj znaša to 0,47 mg nitrata in 0,64 mg nitrata. Potrebno je upoštevati tudi endogeno formacijo nitrata, kar pomeni dodatnih 70 mg nitrata na povprečnega odraslega, težkega 70 kg. Približno 25 % zaužitega nitrata se v ustni votlini pretvori s pomočjo bakterij in nitrat reduktaze v nitrit, ki prispeva k nadaljnji nitrozaciji v želodcu. Poleg tega človek zaužije dnevno še približno 150 g zelenjave, ki odvisno od vrste zelenjave dodatno prispeva k vnosu nitrata in nitrata v telo (Hsu in sod., 2009).

Letalna doza nitrata za odraslega človeka je ocenjena med 2 in 9 g natrijevega nitrata na dan oziroma 33-250 mg/kg telesne teže ter letalna doza za nitrat okoli 20 g na dan oziroma 330 mg nitratnih ionov/kg telesne teže (Gangolli in sod., 1994).

## 2.2.9 Kopičenje nitratov v zelenjavi

Višje rastline so sposobne reducirati nitrat tako v koreninah kot v poganjkih. Rastlina lažje reducira nitrate v listih kot v koreninah, kjer je na voljo več reductentov. Nitrat, ki pride v rastlino se ali reducira, ali pa shrani v vakuoli, ali pa se transportira v ksilem, kjer se reducira. Večina nitrata se shrani v vakuoli dokler se ne sprosti v citosol, kjer se reducira. V citosolu se nahaja nitrat reduktaza. Nitrat v citosolu zato poimenujejo metabolni nitratni bazen, nitratu v vakuoli pa skladiščni nitratni bazen (Chen in sod., 2003).

Pri gnojenju špinače z dušikom v petih različnih količinah 0,00 (N1), 0,15 (N2), 0,30 (N3), 0,45 (N4) in 0,60 (N5) g N/kg zemlje, so ugotovili, da je optimalni pridelek pri gnojenju z 0,30 g N/kg. Pri gnojenju z 0,45 g N/kg se je pojavila precej manjša rast rastlin. Pri negnojenih rastlinah in pri gnojenju z 0,15 g N/kg se je zelo hitro povečala aktivnost nitrat reduktaze in je bila največja pri odmerku 0,45 g N/kg. Med gnojenjem z odmerki N3, N4 in N5 ni bilo signifikantne razlike v aktivnosti nitrat reduktaze, zato se smatra za mejo induciranja aktivnosti (Chen in sod., 2004).



Preglednica 3: Kopičenje nitratov in nitritov v mg/kg zelenjave (Correira, 2010)  
Table 3: Accumulation of nitrates and nitrites in mg/kg in vegetables (Correira, 2010)

pridelek	nitrat (mg/kg)	povprečje (mg/kg)	nitrit (mg/kg)	povprečje (mg/kg)	število vzorcev
portugalsko zelje	41-939	547	0,8-30,0	9,6	9
vrhnji del bele repe	54-1447	489	1,1-57,0	14,8	7
ohrovt	41-1319	472	1,2-4,4	2,8	7
krmna ogrščica		73		2,2	1
špinača	797-1427	1112	5,2-13,8	9,5	2
solata		1156		2,6	1
peteršilj	9-2440	891	1,3-13,4	6,2	5
gomolj bele repe	234-654	444	1,1-1,4	1,3	2

Pri peteršilju lahko vidimo zelo veliko razliko v vsebnosti nitrata, kar je odvisno tudi od tega kje raste in tudi v katerem obdobju ga pridelujemo.

Večina zelenjave lahko kopiči velike količine nitrata, v Italiji so odkrili v rastlini tankolistni dvoredec (*Diplotaxis tenuifolia*) kar 9300 mgNO<sub>3</sub>/kg (Santamaria in sod., 1999).

V severni Ameriki so odkrili nitrate v povprečju: v solati ledenki 1288 mg/kg sveže snovi, v endiviji 1141 mg/kg, v špinači 2936 mg/kg, v peteršilju 4848 mg/kg (Sanchez in sod., 2005).

Večje količine nitratov v določenih genotipih špinače se lahko kopičijo zaradi nižje aktivnosti nitrat reduktaze. Večja vsebnost nitratov v šest tednov starih rastlinah špinače kot v tri tedne starih rastlinah špinače, gre na račun polno razvitih listov z nizko aktivno nitrat reduktazo. Večja vsebnost nitratov je tudi zaradi majhne mobilnosti nitrata v floemu in posledično ne poteče metabolizem dušika in se zato kopičijo nitrati. V kasnejših fazah rasti pride do manjše oskrbe korenin z nitrati, zato lahko pride do padca ativnosti nitrat reduktaze in manjše rasti poganjkov, čeprav je velika vsebnost nitratov v koreninah. To pomeni, če pobiramo mlado špinačo, se izognemo večjemu kopičenju nitratov in s tem zaužijemo manjšo količino nitratov (Umar in sod., 2006).

Svetlobna intenziteta vpliva na kopičenje nitratov v listnati zelenjavi. Kopičenje nitratov pri nižji svetlobni intenziteti je lahko vpliv manjše aktivnosti nitrat reduktaze in se nitrati ne porablajo. Listi špinače, ki so zrastle v pogojih z malo svetlobe, imajo nizko aktivnost nitrat reduktaze, ki pa se poveča ob dodajanju svetlobe (Umar in sod., 2006).

S kuhanjem zelenjave v vodi se izloči več kot 50 % nitratov (Umar in sod., 2006).

Primerjali so kopičenje nitratov v treh vrstah krompirja, ki so ga pridelali v južni Italiji, z zimsko-spomladanskim pridelkom in poletno-jesenskim pridelkom. Večja vsebnost nitratov v gomoljih krompirja je bila v zimsko-spomladanskem pridelku. Z odlašanjem dneva spravila se je vsebnost nitratov v jesensko-zimskem pridelku zmanjšala, v poletno-jesenskem pa povečala. Z odlašanjem dneva spravila se je vsebnost suhe snovi bolj povečala v zimsko-spomladanskem pridelku kot pa v poletno-jesenskem pridelku. Razlike v vsebnosti nitratov, teži gomoljev in vsebnosti suhe snovi v gomoljih, pridelanih v obeh sezonah, gredo na račun različnih klimatskih pogojev, predvsem na račun svetlobe in temperature (Ierna, 2009).

V Uredbi komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih so zapisali, da je zelenjava glavni vir vnosa nitratov v človeško telo. Znanstveni odbor za hrano je v mnenju z dne 22. septembra 1995 navedel, da je skupni vnos nitratov običajno precej pod dopustnim dnevnim vnosom 3,65 mg/kg telesne teže. Vseeno je priporočil nadaljevanje prizadevanj za zmanjšanje izpostavljenosti nitratom s hrano in vodo (Commission Regulation (EC) No 1881/2006).

Preglednica 4: Zgornje mejne vrednosti za nitrate v živilih (Commission Regulation (EC) No 1881/2006), Official Journal of the Europe Union, 2006):

Table 4: The maximum levels of nitartes in food (Commission Regulation (EC) No 1881/2006), Official Journal of the Europe Union, 2006)

vrsta vrtnine	termin pridelave	mejne vrednosti mg NO <sub>3</sub> /kg
sveža špinača	pridelana od 1. oktobra do 31. marca	3000
konzervirana, globoko zamrznjena ali zamrznjena špinača	<u>pridelana od 1. oktobra do 31. marca</u> zelena solata, gojena v rastlinjaku zelena solata, gojena na prostem	4500 4000
	<u>pridelana od 1. aprila do 30. septembra</u> zelena solata, gojena v rastlinjaku zelena solata, gojena na prostem	3500 2500
zelena solata »ledenka«	zelena solata, gojena v rastlinjaku zelena solata, gojena na prostem	2500 2000
žitne kašice ter otroška hrana za dojenčke in majhne otroke		200

Vsebnost nitratov se razlikuje v različnih delih zelenjave. Največ jih je v listnem peclju, potem pa vedno manj v listu, stebelu, koreninah, socvetju, gomolju, čebulici, plodu in semenu (Santamaria in sod., 2001).

Kadar je koncentracija nitrata v rastlini nizka, ta narašča v koreninah in pada poganjkih. Nasprotno pa je kadar je na voljo večja količina nitrata. Narejene so bile številne študije mehanizmov akumulacije nitrata, predvsem vnos nitrata, aktivnosti nitrat reduktaze in rastnih pogojev, kar je tesno povezano z ogljikovim metabolizmom. Ogljikov metabolizem v rastlini je določen z različnimi rastnimi razmerami, vključno s svetlobo, temperaturo, CO<sub>2</sub>... (Yu in sod., 2009).

Poleg genetskih faktorjev, imajo pomembno vlogo rastne razmere, za akumulacijo nitrata v rastlino. Nitrat, ki ga rastline absorbirajo iz zemlje, se kasneje reducira s pomočjo nitrat reduktaze, nitrit reduktaze, glutamin sintaze in glutamat sintaze. Številne raziskave mehanizma akumulacije nitratov v rastlino so pokazale neravnovesje med vnosom nitrata in nitrat reduktazo. V nadaljevanju je akumulacija nitrata večja od rasti, rast zaostaja, akumulacija nitrata pa se veča. Neskladje distribucije nitrata in nitrat reduktaze v rastlinskih celicah je rezultat v večji vsebnosti nitrata v določenih delih rastline. Zadnje raziskave pa kažejo tudi na koristno vlogo nitratov na človekovo zdravje (Shao-Ting in sod., 2007)

### 2.2.10 Biološka dostopnost nitratov, ki jih zaužijemo z zelenjavo bogato z nitrati

Po zaužitju zelenjave se prosti nitrati hitro absorbirajo iz želodčno prebavnega trakta, potem ko se je približno 20-28 % oralne doze aktivno izločilo v slino. V ustni votlini se del izločenega nitrata reducira s pomočjo nitratnih bakterij do nitrita. Skupno se približno 4-8% zaužitega nitrata spremeni v nitrit. Ta pa lahko povzroči pri otrocih methemoglobinemijo, nastanek karcinogenih nitrozaminov. Posledično se nitrit smatra za povzročitelja želodčnega raka in ostalih malignih obolenj.

Ocenjeno je, da se v Evropi zaužije povprečno 31-185 mg nitratov na dan (0,4-2,6 mg/kg telesne teže človeka, ki tehta sedemdeset kilogramov) (Gangolli in sod., 1994).

Zaužitje zelenjave, ki vsebuje večje količine nitratov kot npr. špinača, solata, lahko povzroči, da sprejmemo višje vnose nitratov od sprejemljivih dnevnih količin. Kot je ocenil Gangolli s sod. leta 1994 skupno več kot 80-85 %. Vsebnost nitratov variira odvisno od sezone pridelave in pogojev pridelovanja. Biološka dostopnost nitratov iz zelenjave je približno 100 % ne glede na to ali je zelenjava surova ali kuhana, tako iz surove solate, kot kuhane špinače ali kuhane repe. Pri raziskavi niso zaznali signifikantnih razlik med ženskami in moškimi (Van Velzen in sod., 2008).

Zelenjava je glavni vir zaužitih nitratov, medtem ko je meso, še posebno zdravljeno, glavni vir zaužitih nitritov s hrano (Hsu in sod., 2009).

Preglednica 5: Približno ocenjeni dnevni vnosi nitrata v svetovnem merilu (Santamaria, 2006)  
Table 5: About the daily intake of nitrate in the world (Santamaria, 2006)

regionalna prehrana	dnevni vnos (mg/dan)	sprejemljiv dnevni vnos(µg/mg)	glavni prispevki dnevni vnosu (µg/mg)			
			zelenjava	voda	žita	sadje
Srednji Vzhod	40	200	650	200	100	50
Daljni Vzhod	28	100	450	300	150	100
Afrika	20	100	300	400	150	100
Latinska Amerika	55	250	650	150	50	100
Evropa	155	700	900	50	<50	50

Primerjali so spremembe pri zelenjavi iz rodu križnic pri blanširanju, vrenju, zmrzovanju in vrenju po zmrzovanju. Ugotovili so, da je bila vsebnost nitratov v ohrovtu 302,0 mg/kg in pri cvetači 61,0 mg/kg, nitrita pa v cvetači 1,47 mg/kg. Pri vrenju in blanširanju zelenjave iz rodu križnic so ugotovili znatno zmanjšanje skupnih nitratov, medtem ko niso zaznali jasnih sprememb pri nitritu. Pri zelenjavi, ki je bila zamrznjena 48 ur in pred tem blanširana, se je vsebnost nitratov povečala ali pa ni bilo sprememb, vsebnost nitritov ni bila enotna. Pri zelenjavi, ki je bila zamrznjena štiri mesece, pred tem pa je bila blanširana, se je vsebnost nitrata v splošnem zmanjšala, nitrit pa se je povečal tako kot se poveča v blanširani zelenjavi. V zelenjavi, ki je bila zamrznjena 48 ur in nato zavreta se je vsebnost nitratov zmanjšala v primerjavi z svežo zamrznjeno zelenjavo, v zelenjavi, ki je bila zamrznjena 4 mesece in nato zavreta, sprememb v vsebnosti nitratov ni bilo (Leszczynska in sod., 2009).

Preglednica 6: Zmanjšanje askorbinske kisline (%), v svežem in zmrznjenem drobnjaku (Kmieciak in Lisiewska, 1999)

Table 6: Reduction of ascorbic acid content (%) in fresh and frozen chive (Kmieciak and Lisiewska, 1999)

obdelava pred zmrzovanjem	pred zmrzovanjem (%)	temperatura hranjenja (°C)	po zmrzovanju in čas hranjenja v mesecih (%)				
			0	3	6	9	12
neblanširano	96	-20	46	30	29	26	32
	96	-30	47	43	32	21	19
blanširano	95	-20	96	95	92	64	58
	95	-30	95	90	90	70	68

Kuhanje zelenjave (brokoli, cvetača, zelje) v pari je povečalo antioksidacijsko kapaciteto. V zelju se je povečala za 13 %, v cvetači in brokoliju pa se je po petih minutah kuhanja na sopari v primerjavi z svežo zelenjavo povečala kar za dvakrat. Stopnja antioksidacijske kapacitete se zmanjšuje glede na pripravo hrane: kuhanje v pari > vretje > mikrovalovna pečica. Zelenjava, ki se kuha 10 minut ima nižjo antioksidacijsko kapaciteto kot zelenjava, ki se kuha 5 minut. Vsebnost skupnih fenolov je največja v zelenjavi, ki se kuha v pari, manj pri vretju in še manj v mikrovalovni pečici. Pri vretju in kuhanju zelja in brokolija v mikrovalovni pečici se zmanjšajo skupni fenoli kar za 60 %, v cvetači v mikrovalovni pečici za 39 %, pri vretju za 4%, pri kuhanju v pari pa se povečajo za 45 % (Wachtel-Galor in sod., 2008).

Križnice (brokoli, cvetača, brstični ohrovt, zelje) vsebujejo glukozinolate, ki varujejo pred nastankom raka. Shranjevanje te zelenjave pri sobnih temperaturah in v domačem hladilniku po 7 dneh, imajo le manjše izgube glukozinolatov (9-26 %). Zelje, ki je rezano, pa ima po 6. urah do 75 % manj glukozinolatov. Kuhanje v pari, v mikrovalovni pečici in v ponvi ni pokazalo izgub glukozinolatov, pri vrenju pa se je izlužilo v vodo kar 90 % glukozinolatov (Song in Thornalley, 2007).

Por je vir nitratov, žveplovih spojin kot so tiopropanal žveplov oksid, tiosulfanat, ki prispevajo k okusu, ter antioksidanti flavonol glukozidi. Tiosulfanati prispevajo k vonju in okusu sveže rezanega pora. Minimalno obdelan por (oprani in očiščen, zrezan) so pakirali na plastičnih pladnjih ovitega s plastično folijo in ga hranili pri 10 °C 7 dni. Koncentracije ogljikovega dioksida in etilena so povzročile poškodbe tkiv tipične za svežo rezano zelenjavo. Pokazalo se je tudi rahlo razbarvanje spodnjega in zgornjega dela pora. S toplotno obdelavo se prepreči razbarvanje zgornjega in spodnjega dela pora. Na koncu hranjenja se je pokazalo zmanjšanje suhe snovi, skupnih topnih fenolov, antioksidacijske kapacitete in skupnih tiosulfinatov, topnih trdnih snovi. Prehranska vrednost se ni spremenila pri neobdelanem poru po sedmih dneh hranjenja pora. Pri poru, ki pa so mu odstanili 2 cm od osnove, se je pokazalo signifikantno zmanjšanje vseh prehranskih parametrov z izjemo nitratov, kar je lahko posledica nenenotne porazdelitve prehranskih parametrov med bazalnim in zgornjim delom pora (Tsouvaltzis in sod., 2007).

Preglednica 7: Vsebnost nitratov (mg/kg) v listnati zelenjavi pred in po kuhanju, pečenju in kuhanju v pari (Prasad in Chetty, 2008)

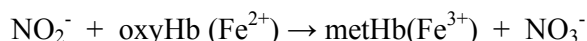
Table 7: Nitrate content (mg/kg) in leafy vegetables before and after cooking, baking and cooking in steam (Prasad and Chetty, 2008)

zelenjava	sveža zelenjava	kuhanje	zmanjšanje (%)	pečenje	zvečanje (%)	cvrenje	zvečanje (%)
	povprečje nitratov (mg/kg)	povprečje nitratov (mg/kg)		povprečje nitratov (mg/kg)		povprečje nitratov (mg/kg)	
solata	1297,14	653,04	-49,66	1320,04	+1,76	3626,40	+179,57
zelena	4706,74	1922,99	-59,14	4783,82	+1,64	15063,06	+220,03
kitajski kapus	5658,08	2487,03	-56,04	5687,69	+0,52	23032,03	+307,06

Rezultati študije kažejo, da je vsebnost nitratov v sveži zelenjavi od 1297 do 5658 mg/kg. Kuhanje zelenjave zmanjša vsebnost nitratov za 50-60 %, medtem ko cvrenje v sojinem olju zviša vsebnost nitratov od 180 do 307 %, najverjetneje se zaradi izgube vode nitriti skoncentrirajo, pri kuhanju pa se izlužijo v vodo. Po pečenju se vsebnosti niso signifikantno spremenile (Prasad in Chetty, 2008).

### 2.2.11 Toksičnost nitritov

Najstarejši dokaz o toksičnosti nitritov je methemoglobinemija otrok, zlasti v prvih mesecih življenja. Nitriti povzročijo spremembo krvnega hemoglobina v methemoglobin tako, da oksidirajo  $Fe^{2+}$  iz hemoglobina v  $Fe^{3+}$ . Methemoglobin nima sposobnosti prenašanja zadostne količine kisika in oskrbovati celice z zadostno količino kisika. Normalno je v krvi 1 % vsega hemoglobina v obliki methemoglobina pri odraslih in približno 2 % pri otrocih. Eritrociti imajo mehanizem, ki zaščiti pred oksidacijo in imajo sposobnost spremeniti methemoglobin nazaj v hemoglobin. Prvi znaki methemoglobinemije pa se pojavijo, ko se pretvori 5-10 % hemoglobina (Follett in Follett, 2008). Bolnik z močno methemoglobinemijo lahko umre. Dojenček je še bolj občutljiv, ker se njegov hemoglobin veliko lažje oksidira, pa tudi encimi, ki lahko reducirajo methemoglobin, še niso dokončno razviti.



Nitrit reagira s hemoglobinom, nastane methemoglobin in nitrat (Santamaria, 2006).

Sekundarni efekt methemoglobinemije zaradi izpostavljanja prevelikim količinam nitrata v vodi je povečano tveganje infekcije respiratornih organov. Študije na živalih so pokazale spremembe na bronhijih in pljučnih celicah ter povečano prisotnost limfocitov v pljučih, pri prehani s povečano vsebnostjo nitratov. Poškodovanost tkiv se je povečala s povečano vsebnostjo nitratov v zaužiti vodi. Predvideva se, da povečane količine nitrata vodijo najprej k nastanku methemoglobinemije, nato pomanjkanju kisika in povečanju prostih radikalov NO in kisika. Lahko pride do sprememb v cirkulaciji pljuč in v alveolah kar omogoča tveganje za okužbe respiratornih organov (Follett in Follett, 2008).

Ugotovili so tudi, da obstoja povezava med zvišanimi vrednostmi methemoglobina pri noseči ženski in pogostnostjo abortusov. Dokazali so tudi, da močne doze nitratov, ki jih zaužije noseča ženska, povzročijo počasnejši telesni razvoj otrok, motnje v rasti, poškodbe pljuč,

lahko pa tudi smrt. Placenta omogoča prehod nitratov, medtem ko ima prsna žleza učinkovito bariero za prehod nitratov v mleko (Bavec, 1988).

### 2.2.12 Škodljivi vplivi nitrata in ostalih oblik

Veliko raziskav je že pokazalo, da je vsebnost nitratov in nitritov v hrani prevelika. To je še posebej problem pri otroški hrani, kjer morajo veljati posebni higienski ukrepi pri predelavi hrane ter je potrebno paziti že na začetno previsoko količino nitratov in nitritov v surovini.

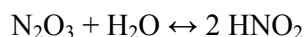
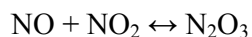
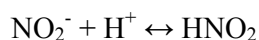
Danski raziskovalci so ugotovili, da lahko nitrat moti preskrbo z jodom žleze ščitnice, kar se odraža v hipertrofiji žleze ščitnice, ki ima endokrino in hormonsko funkcijo (Santamaria, 2006).

Epidemiološke študije kažejo, da dosledno raste tveganje za zbolevanje za rakom s povečevanjem uživanja nitratov (Gilchrist in sod., 2010).

#### 2.2.12.1 Nastanek dušikovega oksida z redukcijo nitrita in nitrata - vpliv metabolizma dušikovega oksida na zdravje

Sadje in zelenjava se smatra kot hrana, ki prispeva k manjšemu tveganju zbolevanja za kroničnimi boleznimi, rakom in kardiovaskularnimi boleznimi. V povezavi z pozitivnim učinkom sadja in zelenjave na zdravje ljudi pa se poraja tudi dvom glede vsebnosti nitratov in nitritov kot vir dušikovega oksida (NO), ki je zelo reaktiven prosti radikal. Sprva se je smatral le kot škodljiv onesnaževalec zraka, ima pa tudi življenjsko vlogo v bioloških procesih kot so krvni obtok, imunost in prenos nevroloških funkcij. Nedavni podatki dokazujejo, da ima encimsko delovanje NO v srcu sposobnost oddaljenega uravnavanja fizioloških aktivnosti in celičnih sporočil. NO regulira prenos informacij med nevroni. Podatki raznih študij vpliva NO signalov v procesu stresa ali sprostitve, na zdravje, kažejo na to, da NO služi kot telesni koordinator (spomin, učenje, zaznavanje bolečine).

Dušikov oksid (NO) je razširjen endogeni prosti radikal, proizvaja pa se tudi *in vivo* s pomočjo dušikov oksid sintaze. Neodvisno od dušikov oksid sintaze nastaja v kislem okolju želodca iz nitrata dušikov oksid. V telo dobimo nitrite z zaužito zelenjavo, tako da se reducira nitrat v nitrit in z oksidacijo endogenega NO. Glavni vir zaužitih nitritov so prekajeno meso in žita, vendar 90 % zaužitega nitrita gre na račun redukcije nitrata, ki je v veliki količini prisoten v zelenjavi. Na površini ustne votline se nahajajo bakterije, ki s pomočjo nitrat reduktaze pretvorijo zaužiti nitrat v nitrit. Zaužiti nitrat se absorbira v zgornji del tankega črevesa, 25 % pa se ga iz žleze slinavke vrne v ustno votlino. V kislem okolju želodca nastaja iz nitrita NO.



Proizvodnja NO se v želodcu lahko zelo poveča, ker imajo snovi v želodcu zadostne termodinamične in kinetične pogoje za redukcijo nitrita (Gago in sod., 2007).

Zaužiti fenoli reaktivno reagirajo z oksidativnimi radikali in s tem preprečujejo oksidativne reakcije, ki se dogajajo v želodcu in proizvajajo NO. Klorogena kislina in kvercetin povečata proizvodnjo NO iz nitritov v kislem pH (Gago in sod., 2007).

Potreba po NO za telesne funkcije je povezana z dejstvom, da pomanjkanje NO povezujejo z različnimi kroničnimi boleznimi kot so debelost, diabetes, povišan krvni tlak, osteoporoza. Prisotnost NO v telesu je odvisna od stopnje njegove sinteze in metabolizma (Ralt, 2009).

Pretežki otroci imajo pomanjkanje NO in citrulina v primerjavi z normalno težkimi otroci. Prekomerna teža povzroči prekomerno izločanje hormona leptina, ki tudi znižuje biološko dostopnost dušikovega oksida (Ralt, 2009).

NO deluje na gladke mišice v telesu, tako da jih sprošča, na širjenje krvnih celic in posledično vpliva na krvni tlak (Ellis in sod., 1998).

Zelenjava, ki je bogata z nitrati, kot na primer solata, špinača, rdeča pesa, granatno jabolko, pozitivno vpliva na zdravje. Rdeča pesa znižuje krvni tlak, zelena listnata zelenjava znižuje tveganje za diabetes pri ženskah, zelenjava bogata z nitrati znižuje potrebo po kisiku pri športu, uživanje soka granatnega jabolka pomaga pri arterosklerozi-uravnava krvni tlak. Kitajci uporabljajo nitrat in nitrit za lajšanje bolečin v prsih in proti hladnim rokam (Ralt, 2009).

Antioksidanti v sadju in zelenjavi kot so fenoli, askorbinska kislina, tokoferoli, karotenoidi in drugi, imajo antioksidacijsko aktivnost in učinkujejo na proste radikale in na NO, prav tako pa tudi zavirajo proizvodnjo NO v makrofagih. Antioksidanti inaktivirajo dušikov oksid sintazo (Bor in sod., 2006).

Vloga NO v telesu je prenos informacij, ki skrbi za tonus žil, skrbi za imunost in prenaša informacije za živčevje (spomin, učenje, zaznavanje bolečine). Je pa tudi škodljiva spojina za avtoimune bolezni, je citotoksičen za gostiteljske celice- povzroča diabetes (NO zmanjša izločanje insulina), artritis (Follett in Follett, 2008).

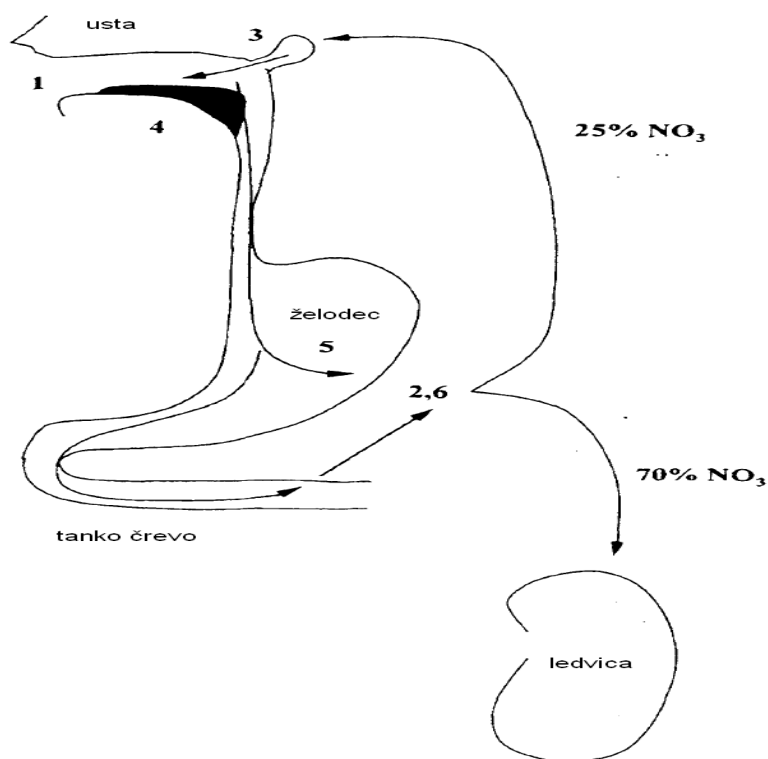
NO se lahko proizvede endogeno iz aminokislina arginin. NO reagira v telesu z vodo in nastane nitrit, ki ni obstojen v krvi ter se hitro preoblikuje v nitrat. Nitrit in nitrat se lahko izločita z urinom.

Nitrat zaužit s hrano npr. zeleno listnato zelenjavo se absorbira iz želodca in tankega črevesa v plazmo. Nitrat se potem koncentrira v slini. Več kot se zaužije nitratov, več nitratov in nitritov se najde v slini. Približno 25% zaužitega nitrata se ponovno izloči v slino. Nitrat v slini se lahko pretvori v nitrit s pomočjo laktoperoksidaze, lizocimov in laktoferina, ki so vključeni v čiščenje celic sluznice v ustih. Pretvorba nitrata v nitrit v slini lahko steče tudi zaradi prisotnosti nitratnih bakterij na jeziku. Nitrat iz sline se nato pogoltne in se v kislih pogojih v želodcu pretvori v dušikovo kislino, ta pa lahko razpade v dušikove okside. Predvidevajo, da ima NO v želodcu antimikrobno delovanje na bakterije, ki jih zaužijemo (Duncan in sod., 1997).

Nitrit je znan po tem, da antimikrobno deluje, vendar je to odvisno od pH. Pri nizkem pH nastaja dušikov oksid, ki inhibitorno deluje na bakterije pri nizkih koncentracijah, pri višjih koncentracijah dušikovega oksida se ta oksidira do nitrita, ki ščiti bakterije pred inhibicijskim delovanjem dušikovega oksida (Duncan in sod., 1997).

V ustni votlini, v kislih pogojih, se nitrat spremeni v antimikrobne dušikove spojine. Bakterije, ki škodljivo delujejo na zobe (*Streptococcus* in *Lactobacillus* spp.), proizvajajo kislino, ki je ključni krivec za kvarjenje zob. Antibiotiki, ki zavirajo nastanek nitrita v ustni votlini, povečujejo možnost tveganja za propadanje zob (Duncan in sod., 1997).

Velik delež nitrita in dušikovih spojin, ki nastanejo iz nitritov v želodcu, se absorbira v želodcu in v zgornjem delu črevesja in se pretvori v nitrat (Duncan in sod., 1997).



Slika 6: Kroženje nitrata v telesu (Duncan in sod., 1997)

Figure 6: Circulation of nitrate in body (Duncan et al., 1997)

- zaužiti nitrat (približno 2 mmol/dan) predvsem iz listnate zelenjave (1)
- iz želodca in tankega črevesa se nitrat absorbira v krvni obtok. 25 % ga izloči žleza slinavka, 70 % ledvice, ostalo se izloči v blato in z znojenjem, solzami (2)
- nitrat se koncentrira v žlezi slinavki, kjer se njegova koncentracija poveča do desetkrat večje količine kot je v plazmi (3)
- simbiotske bakterije, ki se nahajajo v slini na jeziku, preoblikujejo nitrat v nitrit (4)
- nitrit, ki ga pogoltnemo se s pomočjo želodčne kisline pretvori v dušikov oksid, ki deluje antimikrobno (5)
- dušikov oksid pa se pretvori v nitrat, ki se zopet absorbira v želodcu in tankem črevesu (6)



### 2.2.13 Gnojenje kapusnic

Vse kapusnice zahtevajo obilno gnojenje, ki ga je treba prilagoditi oskrbljenosti tal s hranili, podvrsti, sorti, vremenskim razmeram, kakovosti zemlje in razvoju posevkov. Pri pravilnem gnojenju se rastline bujno razvijajo samo, če je dovolj vlage v zemlji. Če primanjkuje vode, se zmanjša tudi sprejemanje hranil, kar se pozna pri količini in kakovosti pridelka. Neposredno po setvi ali presajanju sprejemajo kapusnice manj hranil, zato se zlasti pri gnojenju po celotni površini izpira veliko hranil. Na slabo preskrbljenih in nehumusnih tleh je primerno, da gnojila trosimo ob vrste, 5 do 10 cm od rastlin in 4 do 6 cm globoko. Pri pomanjkanju posameznih hranil je potrebno dognojevanje ob vrste ali skozi liste. Za foliarno gnojenje potrebujemo manjšo količino hranil, ki jih rastline sprejemajo skozi list, zato je poraba manjša, izpiranja hranil ni, kar ugodno deluje na varovanje okolja, predvsem na ohranjanje podtalnice. Običajno pa kombiniramo gnojenje po celotni površini pred presajanjem in dognojevanje v vrsti, pri tem dajemo vsaj eno tretjino dušikovih in kalijevih gnojil (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Pred gnojenjem naredimo analizo zemlje, za katero vzamemo vzorce do 90 cm globoko, ker so korenine sposobne črpati hranila tudi iz globljih plasti. Kapusnice sprejemajo veliko fosforja že v začetku razvoja, zato je priporočljivo vzgajati sadike v tleh, ki imajo veliko fosforja. Kalij pospešuje odpornost proti nizkim temperaturam, zato prezimne kapusnice obilno gnojimo in dognojujemo s kalijem (Kogoj in Kogoj-Osvald, 1999).

Ker zahtevajo kapusnice godno zemljo ob pripravi tla gnojimo s hlevskim gnojem. V zemljo zaorjemo 25 do 60 ton hlevskega gnoja na hektar, odvisno od količine humusa v tleh in od izbire kapusnice. Kolerabice ne gnojimo tako obilno s hlevskim gnojem, ker ima kolerabica kratko rastno dobo in jo je treba saditi v godno zemljo. Cvetača, ki je za kakovost zemlje najzahtevnejša, pa mora biti obilno pognojena s preperelim hlevskim gnojem (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Iz 10 ton hlevskega gnoja se v prvem letu sprosti 15 ton dušika, 5 kg fosforja in 25 kg kalija. Gnojenje s hlevskim gnojem vpliva na boljše rastne razmere, zemlja je toplejša, v njej je več organske snovi, boljša je oskrba z vodo. Humusna tla so sposobna bolj zadrževati vlago kot tista, ki vsebujejo bolj malo humusa. Tudi mineralna gnojila se bolje izrabijo, če tla gnojimo s hlevskim gnojem. Zemljo, ki ima več grobih talnih delcev, je treba bolj gnojiti s hlevskim gnojem kot srednje težko, tudi na zelo težkih tleh se izboljša rodovitnost, če gnojimo s hlevskim gnojem (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Vse kapusnice dobro uspevajo v tleh z nevtralno reakcijo, optimalna vrednost pH je 6,5 do 7,5. Če je v tleh 8 do 10 % humusa, kapusnice dobro uspevajo tudi pri pH 6, če pa je humusa samo 2,5 %, potem mora biti reakcija tal pH 7. V kisli zemlji se pojavlja golšavost kapusnic in pomanjkanje molibdena. Zato je treba kislila tla apniti, vendar najmanj eno leto pred pridelovanjem kapusnic. Ne smemo sočasno gnojiti s hlevskim gnojem in apniti (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Kapusnice potrebujejo večje količine makrohranil, zlasti kalija in dušika. Iz zemlje črpajo nekoliko manj kalcija in fosforja, najmanj pa magnezija. Zgodnje belo in rdeče in rdeče zelje ter ohrovt odvzamejo iz tal znatno manj hranil kot pozne sorte, ki imajo večji pridelek. Tudi kolerabica potrebuje manj hranil kot pozne sorte belega, rdečega zelja, ohrovta, cvetače, brstičnega in listnatega ohrovta. Kitajski kapus, ki ima kratko rastno dobo, potrebuje več hranil kot zgodnje sorte belega in rdečega zelja ter ohrovta. Največ kalija odvzamejo iz tal

srednje pozno belo in rdeče zelje ter ohrovt. Brstični ohrovt in brokoli, ki imata najmanjše pričakovane pridelke, črpata iz tal veliko hranil, vendar se samo manjši del porablja za tržni pridelek (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

#### **2.2.14 Gnojenje solatnic**

Solatnice ne prenašajo direktnega gnojenja s hlevskim gnojem, zato jih sadimo na drugo ali tretjo poljino. Gnojimo jih na podlagi rezultatov kemične analize tal (založenosti tal s hranili) ter načrtovanim pridelkom.

Solatnice imajo v začetku počasno rast, zato imajo prve tri do štiri tedne po setvi (vzniku) majhne potrebe po hranilnih snoveh. Po četrtem tednu po vzniku ali dva tedna po sajenju sadik se potrebe povečajo, zato posevke dognojujemo z dušičnimi gnojili. Dognojevanje z raztopino mikro in makroelementov izboljša kakovost pridelka. Solatnice so občutljive za gnojila, ki vsebujejo klor (Mihičinac, 2007).

Pozorni moramo biti pri gnojenju z dušikom, ki ga dodajamo na podlagi odvzema z načrtovanim pridelkom v času rasti, skladno s potrebami posevka (fertiirigacija oziroma običajni način dodajanja v dveh ali treh obrokih (Mihičinac, 2007).

Solata potrebuje več dušika v času rasti in razvoja rozete, manj pa v fazi oblikovanja glav. Preveč dušika ovira sklepanje glav. Orientacijasko gledano odvzame 100 kg pridelka solate iz tal 0,32 kg dušika, 0,16 kg fosforja in 0,70 kg kalija. Ob pripravi tal lahko damo celotno količino fosforja in kalija, medtem ko dušik dodajamo v več obrokih. Vedeti moramo, da rastlina porabi dve tretjini dušika 20 do 30 dni pred pobiranjem pridelka (Furlan, 2007).

Čustić in sod. so leta 2002 ugotovili, da povzroča gnojenje z dušikovimi gnojili pri pridelavi glavnategardečega radiča zmanjšanje določenih esencialnih amino kislin v suhi snovi in v proteinih, hkrati pa se poveča vsebnost dušika. Pri gnojenju z dušikovimi gnojili v količini 200 kg N ha<sup>-1</sup> se pokaže velik vpliv vremenskih pogojev (temperatura, padavine) na vsebnost dušika. Gnojenje, ki ne presega 100 kg N ha<sup>-1</sup> v optimalnih pogojih vlažnosti daje pridelke z dobrimi kvalitetskimi pridelki (Čustić in sod., 2002).

#### **2.2.15 Gnojenje korenovk**

Peteršilj gnojimo s kompostiranim gnojem in sicer 10-15 g dušika/m<sup>2</sup>, 10-12 g fosforja/m<sup>2</sup>, 15-20 g kalija/m<sup>2</sup>. Po potrebi se peteršilj okopava, zaliva, zastira tla in varuje pred boleznimi in škodljivci. Peteršilj ni občutljiv na toploto in ga gojimo v ogrevanih rastlinjakih, v toplih gredah, neogrevanih plastenjaki, pokriva se s folijo ali vlaknastimi tkaninami. Peteršilj shranjujemo tako, da sušimo liste, spravljamo korene v kletih, v zasipnicah ali ga zamrzujemo (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Zeleno gnojimo z organskimi in mineralnimi gnojili in sicer: 6-10 g dušika/m<sup>2</sup>, 10-12 g fosforja/m<sup>2</sup>, 20-24 g/m<sup>2</sup>. Zeleno za boljši pridelek namakamo, okopavamo, dognojujemo, zastiramo tla in po potrebi vršimo varstvo pred boleznimi in škodljivci. Zeleno shranjujemo tako, da jo kisamo, shranjujemo v zasipnicah in kletih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Korenček gnojimo z organskimi gnojili, s hlevskim gnojem, tako da damo 8-12 g dušika/m<sup>2</sup>, 8 g fosforja/m<sup>2</sup>, 20-24 g kalija/m<sup>2</sup> ter za še boljši pridelek mikroelemente bor, magnezij in

baker. Po potrebi korenček za optimalnejši pridelek okopavamo, zalivamo, da koreni ne pokajo pri menjavanju vlažnih in sušnih obdobj, zastiramo tla, da zadržimo vlažnost in po potrebi vršimo varstvo pred boleznimi in škodljivci (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Preglednica 8: Potrebe intenzivno gojenih vrtnin po hranilih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994)  
Table 8: Needs of the nutrients of intensively cultivated vegetables (Osvald and Kogoj-Osvald, 1994)

vrtnina	pridelek (kg/m <sup>2</sup> )	potrebe po hranilih (g/m <sup>2</sup> )			
		N	P	K	Mg
cvetača	2-4	7,5	3,0	10,0	1,0
zelje belo	3-10	3,5	1,5	5,0	0,7
zelje rdeče	3-6	5,0	1,7	7,0	0,7
kitajski kapus	3-5	5,0	2,5	7,0	1,0
solata	2-6	2,0	1,0	4,0	0,4
endivija	3-6	3,0	1,0	5,5	0,5
radič	1-3	7,0	3,5	12,0	1,2
motovilec	1-1,2	5,0	2,0	7,5	2,2
špinača	1-3	4,0	1,5	6,0	1,0
listnati peteršilj	3-5	2,5	1,0	3,0	0,5
zelena	2-6	5,0	2,0	10,0	1,0

Odmerek je količinsko odvisen od založenosti tal s hranili oziroma od rodovitnosti tal in od zahtev posameznih vrst in sort vrtnin. Vrtne dobijo najpotrebnejša hranila navadno iz zemlje, ki je bila pognojena ob pripravi na setev in sajenje (Osvald, Kogoj-Osvald, 1994).

### 2.3 VODA

Voda je osnovna komponenta človeškega telesa. Pri odraslem moškem predstavlja 60 % telesne mase, pri odrasli ženski (z bolj izraženim maščobnim tkivom) 50 % in pri dojenčku 70 %. Dnevna izmenjava vode znaša okoli 6 % pri odraslem in okoli 20 % pri dojenčku (glede na celotno količino vode v telesu).

Pitna voda vsebuje različne količine nitratov. V Evropi je dovoljena količina 50 mg nitratnega iona/liter, v Združenih državah Amerike pa 10 mg nitratnega dušika/liter, kar je ekvivalentno 44 mg nitratnega iona/liter. Nitrat pride v vodo z bakterijsko fiksacijo dušika in razkrojem organskega materiala v zemlji, s prekomernim gnojenjem z dušikovimi gnojili in njihovim izpiranjem v vodo (Gilchrist in sod., 2010).

Pomanjkanje vode hitro pripelje do hudih okvar. Že po dveh do štirih dneh organizem ni več sposoben izločati substanc, ki se izločajo s sečem. Končno pride do zgotovitve krvi in odpovedi krvnega obtoka (Debenjak in Debenjak, 2004).

Voda kot topilo: sestavine hrane, ki se je prebavila v prebavnem traktu, so raztopljene v vodi. Skozi črevesno steno v kri lahko prehajajo samo v raztopljeni obliki. V prebavilih nastaja na dan okoli 10 l prebavnih sokov in prebavljene hrane, ki se vsrkavajo v kri.

Telo dobi vodo :

- s pijačo,
- s trdo in tekočo hrano, ki vsebuje vodo,
- pri razgradnji ogljikovih hidratov, maščob in beljakovin, ki poteka v celicah.

Če pitna voda vsebuje več kot 50 mg nitratov na 1 l, ni primerna za prehrano dojenčkov. Iz nitrata nastane nitrit, nitrit pa ovira vezavo kisika na hemoglobin v krvi (cianoza dojenčkov). Vrtne pretežno sestavlja voda. Ima pomembno fiziološko vlogo v procesu fotosinteze in tvorjenju asimilatov, omogoča vsrkavanje topnih mineralnih snovi iz tal s pomočjo koreninskega sistema in njihov transport v nadzemne dele rastline. Voda tudi hladi rastline. Zelo majhen del vode, ki se vsrka preko korenine, se porabi za tvorbo organskih snovi pri fotosintezi, večji del 99 % pa preko transpiracije v obliki vodne pare izhlapi v ozračje (Debenjak in Debenjak, 2004).

Vrtne so veliki potrošniki vode. Za sintezo enega dela suhe snovi, večina vrtnin porabi 600-900 krat tolikšno količino vode. Za normalno rast in razvoj rastlin ter za doseganje visokih pridelkov zadovoljive kvalitete, bi morale imeti vrtne skozi celo vegetacijo dovolj vode v tleh. Optimalna vlažnost tal za pridelovanje vrtnin je 70-90 % poljske vodne kapacitete. Pri zmanjšanju vlažnosti pod 60 % , se pokažejo pri večini vrtnin znaki pomanjkanja vode, kar se odraža v manjšem pridelku in kvaliteti. Kot posledica pomanjkanja vode v tleh in posledično onemogočenega transporta kalcija po rastlini, se pri vrtninah plodovkah pojavi fiziološka motnja površinska gniloba plodov. Medtem ko pri vzgoji vrtnin v preveč vlažnih tleh, imajo rastline bolj bujno rast, so bolj nežne in občutljive na bolezni in plodovi imajo ponavadi manj suhe snovi, mineralov in vitaminov. Če so tla prenasočena z vodo, se koreninski sistem ne razvija dobro, nima dovolj zraka in začne zaradi anaerobnih razmer gniti, prav tako pa je otežena kvalitetna obdelava tal in spravilo z mehanizacijo. Potrebe rastlin po vlagi so različne glede na razvojni stadij in glede na temperaturo, svetlobo in zračno vlažnost (Debenjak in Debenjak, 2004).

Za ekonomsko proizvodnjo vrtnin je v večini območij ob naravnih padavinah potrebno med vegetacijo tudi namakanje, odvisno od klimatskih in talnih razmer so te količine od 2.000 – 4000 m<sup>3</sup>/ha.

## 2.4 VITAMIN C

Vitamini so esencialne, za življenje nujne sestavine prehrane, ki jih moramo dobiti vsak dan. Medtem ko večina sesalcev lahko sintetizira vitamin C, je človek to sposobnost izgubil med evolucijo, zato ga mora dobiti s hrano. Zato je pomembno, da jih ohranimo v čim večji količini v času skladiščenja in med obdelavo za pripravo hrane (Belitz in Grosch, 1999).

Vitamini se delijo v topne v maščobah (A,D,E,K) in vodotopne (C-vitamin in vitamini B-kompleksa). Vitamin C ali askorbinska kislina je vodotopen vitamin. Največ ga je v svežem sadju in zelenjavi. Najbogatejši viri so zlasti šipek, črni ribez, češnje, plodovi citrusov (limone, pomaranče, mandarine), listnata zelenjava, paprika, zelje, paradižnik, krompir, zeleni in črni poper. V številnih bioloških procesih deluje kot reducent (Medić-Šarič in sod., 2002).

Vitamin C ali askorbinska kislina ima pomembno vlogo pri nastajanju kolagena, ki je potreben za razvoj in obnavljanje telesnih tkiv, dlesni, krvnih žil, kosti in zob. Vitamin C

pomaga pri celjenju ran, krvavečih dlesni, opeklin, znižuje količino holesterola v krvi, krepi obrambno sposobnost organizma, kar preprečuje nastanek nitrozaminov, zmanjšuje nastajanje krvnih strdkov v žilah, podaljšuje življenje celicam, zmanjšuje delovanje snovi, ki povzročajo alergijo. Če primanjkuje tega vitamina, se rane slabo celijo, ne nastaja vezno tkivo, pomanjkanje povzroča tudi slabokrvnost in skorbut.

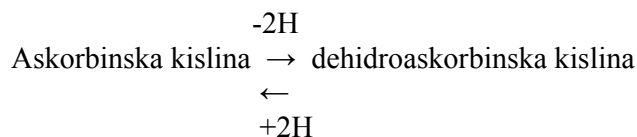
Antioksidanti in prehranske vlaknine v sadju in zelenjavi zmanjšujejo možnost zbolevanja za srčno žilnimi boleznimi ter delujejo protivnetno. Predvideva se, da je visoko občutljivi C-reaktivni protein, ki predvideva nastanek srčno žilnih bolezni, manj je proteina, manj je možnosti zbolevanja. Oliveira s sodelavci 2009 je v svoji študiji ugotovil, da je večji vnos sadja in zelenjave in s tem večji vnos vitamina C, E in prehranskih vlaknin, negativno povezano z visoko občutljivim C-reaktivnim proteinom pri moških, pri ženskah pa ne. Pri ženskah se kopičijo večje količine maščob, ki so pomemben vir citokinov, ki nosijo odgovornost za povečano stopnjo visoko občutljivega C-reaktivnega proteina. Pri moških je za vsakih 100 g več vnosa sadja in zelenjave, 30 % manj možnosti povečanja visoko občutljivega C-reaktivnega proteina (ni tveganja ali pa je to zmerno) (Olivera in sod., 2009).

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-askorbinske kisline. Obe obliki L-AK in L-DHAK imata biološko aktivnost in se pretvarjata iz ene v drugo, v reakcijah redukcije in oksidacije. Pri pretvorbi sodelujejo encimi, dva izmed teh sta glutation dehidrogenaza in askorbat oksidaza (Habjan Dovč, 2006).

Askorbinska kislina se topi v vodi in alkoholu, hitro oksidira, zlasti na zraku in pod vplivom alkalij, železa in bakra (Medić-Šarić in sod., 2002).

Askorbinska kislino dodajajo hrani, kjer ima antioksidativno vlogo in stabilizira barvo sadnih sokov, piva, vina, fiksira barvo mesa in mesnih proizvodov, v kombinaciji s pekovskim kvasom izboljša pekovske lastnosti pri peki kruha in drugega peciva (Ljubisavljevič, 1989).

Oksidacija askorbinske kisline v dehidroaskorbinsko kislino je odvisna od različnih parametrov: pH, temperature, prisotnosti ionov težkih kovin ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), parcialnega tlaka kisika (Belitz in Grosch, 1992; Phillips in sod., 2010)



Askorbinska kislina oddaja vodikove atome in se pri tem spreminja v dehidroaskorbinsko kislino. Oddani vodik reducira drugo spojino. Dehidroaskorbinska kislina sprejema vodikove atome in se pri tem spreminja v askorbinsko kislino. Spojina, ki je vodikove atome oddala dehidroaskorbinski kislini, se je oksidirala. Zaradi opisane lastnosti se vitamin C lahko večkrat zaporedoma vključuje v reakcije oksidacije in redukcije, ki potekajo pri presnovi v organizmu (Serpen in Goekmen, 2007). Askorbinska kislina se razgradi aerobno ali anaerobno. Anaerobni mehanizem še ni povsem pojasnjen. Aerobno pa se askorbinska kislina oksidira do dehidroaskorbinske kisline (Santos in Silva, 2008).

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 3,5. Avtooksidacijo vitamina C v živilih zmanjšamo z zniževanjem količine kisika (vakuum, prepihanje z dušikom...), omejitvijo prostih ionov Fe(III) in Cu(II), ali preprečimo nastanek kompleksa med kovinskimi ioni in L-AK, na primer z zniževanjem vodne aktivnosti (Habjan Dovč, 2006).

V bazičnih raztopinah je L-AK ob prisotnosti kisika manj stabilna kot pa v kislih raztopinah. AK je najbolj obstojna v metafosforni kislini, ki zelo upočasni oksidacijo AK tudi v prisotnosti  $\text{Cu}^{2+}$  in  $\text{Fe}^{3+}$  ionov. V kislem pH dobro upočasni oksidacijo AK z  $\text{Cu}^{2+}$  in  $\text{Fe}^{3+}$  ioni tudi citrat kot dober kompleksant (Rener, 2006).

Preglednica 9: Lastnosti antioksidantov v rastlinskih tkivih (Kalt, 2005)

Table 9: Properties of antioxidants in plant tissues (Kalt, 2005)

	vitamin C	karotenoidi	fenoli
skupina	AA in DHAA	lutein, likopen, $\beta$ -karoten, $\alpha$ -karoten, zeaksantin...	fenolne kisline, hidroksicinamati, flavonoidi, flavonoli, katehini...
topnost	v vodi	v lipidih	v vodi
mesto nahajanja v celici	raztopljen v apoplastih, citosolu, kloroplastih, mitohondrijih in vakuolah	združeni z membranskimi proteinskimi kompleksi v kloroplast ali kromoplastu	raztopljeni v vakuoli in apoplastu
nahajanje v strukturi	enotno porazdeljeni	v olupku, v površinskih tkivih	antociani v olupku, proantocianidi v olupku in semenih, hidroksicinamati v mesu
spremembe z zorenjem	različno od vrste	sprememba v barvi	obarvanje še povečano

Določeni antioksidanti pripomorejo k obrambi rastline proti oksidativnemu stresu. Sadje in zelenjava je pri spravilu pridelka, transportu in skladiščenju in obdelavi izpostavljena fiziološkemu stresu, bremenu (Kalt, 2005).

Če se poveča gnojenje z dušikovimi gnojili, se vsebnost askorbinske kisline zmanjša v cvetači, brokoliju, določenih citrusih in določenih kultivarjih krompirja (Kalt, 2005).

Vitamin C je potreben :

- za sintezo nekaterih hormonov
- za sintezo žolčnih kislin
- za transport železa v krvni plazmi do tkiv.

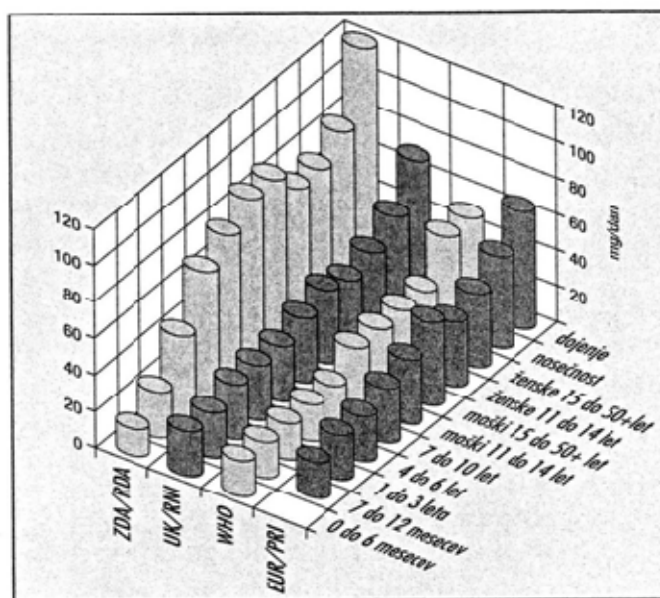
Povečane potrebe po vitaminu C se pojavljajo pri:

- nosečnosti
- pri ženskah v času laktacije
- alkoholikih
- kadilcih

- dolgotrajnih diarejah
- daljši izpostavljenosti nizkim temperaturam
- stresu
- terapijah z nekaterimi zdravili...(Kalt, 2005).

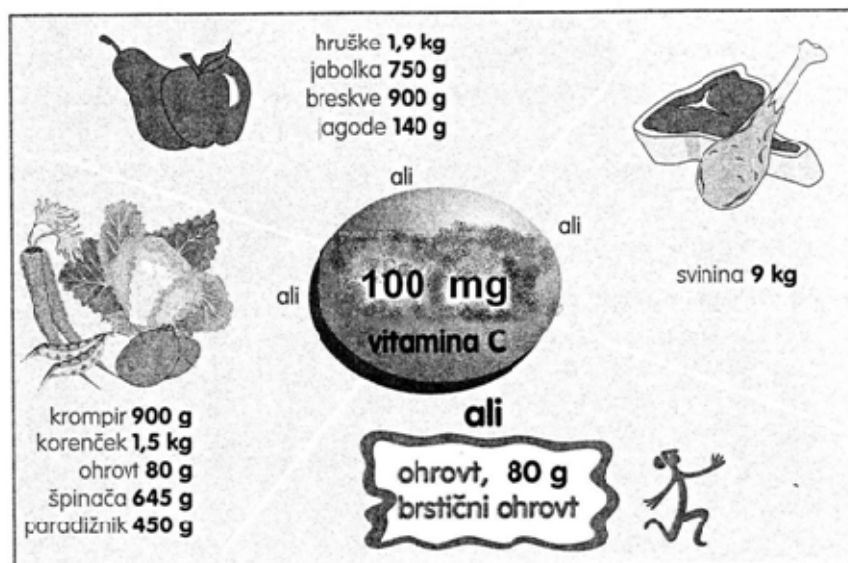
10 mg vitamina C na dan prepreči nastanek skorbuta, ne prepreči pa spomladanske utrujenosti. Odrasle osebe potrebujejo dnevno okoli 75 mg vitamina C, pri nosečnicah in doječih materah ta potreba naraste za približno 20 mg . Posebno v zimskih in pomladnih mesecih je potrebno poskrbeti, da človek dobi zadostne količine vitamina C.

Sadje in zelenjava sta bogata s flavonoidi in antioksidanti zmanjšujejo tveganje za kap, srčno žilne bolezni, vnetja in oksidativnega stresa. Holt in sodelavci so leta 2009 v svoji študiji ugotovili, da uživanje sadja in zelenjave petkrat ali večkrat na dan v mladosti, je povezano z manj vnetji in oksidativnim stresom (Holt in sod., 2009, Halliwell, 2008).



Slika 7: Priporočeni dnevni vnos nitratov za posamezne populacijske skupine v posameznih državah sveta (Medić-Šarić in sod., 2002)

Figure 7: The recommended daily intake of nitartes for each population groups in various countries (Medić- Šarić et al., 2002)



Slika 8: Dnevno potrebne količine hrane za zdravo odraslo osebo, ki zagotavljajo doseženo priporočeno dnevno količino (Medić-Šarić in sod., 2002)

Figure 8: The daily amount of food necessary for healthy adults which provide recommended daily intake (Medić-Šarić et al., 2002)

Določanje potreb po vitaminu C in izpeljava priporočil za prehranski vnos sta odvisna od tega, kako daleč preko preprečevanja kliničnih in predkliničnih simptomov pomanjkanja se lahko zagotovi dolgoročna zaščita zdravja. To zadeva predvsem krepitev imunskega sistema in preprečevanje degenerativnih obolenj (arterioskleroza, rak, katarakta idr.) V nekaterih življenjskih obdobjih so lahko potrebe po vitaminu C povišane: hudi telesni naporji (npr. težka fizična dela, tekmovalni šport), trajen umski in duševni stres, zloraba alkohola in zdravil (npr. barbituratov, antibiotikov, ki vsebujejo tetraciklin) in nekatera obolenja, na primer sladkorna bolezen, insufienca ledvic, ki terja dializo in infekcije. Do nezadostnega vnosa vitamina C dostikrat pride tudi pri starejših ljudeh, ki se zaradi problemov z žvečenjem in drugače omejenih pogojev hranijo enostransko ali nezadostno in stalno jemljejo zdravila.

Antioksidanti so snovi, ki preprečujejo oksidacijo drugih snovi in to nalogo v našem organizmu opravljajo vitamini in naravna barvila. Oksidacijo maščob v celični membrani preprečujejo vitamin E in karotenoidi; oksidacijo snovi, ki so v celici in njeni okolici, pa preprečujejo vitamin C in flavonoidi.

Ameriško združenje Food and Nutrition Board je leta 2000 objavilo nove priporočene vrednosti za antioksidante (vitamin C, vitamin E, selen in karotenoide), ki temeljijo na rezultatih znanstvenih raziskav. Glede na te podatke se vrednosti RDA povečajo s 60 na 90 mg za moške in s 60 na 75 za ženske, za kadilce pa 35 mg vitamina C več (Medić-Šarić in sod., 2002).

Približno 3 % vitamina C, ki se nahaja v telesu, kar je 20-50 mg/kg telesne teže, se izloči iz telesa z urinom kot askorbinska kislina, dehidroaskorbinska kislina in njuni metaboliti (Belitz in Grosch, 1992).



Največ C vitamina je v peteršiljevih listih (290 mg/100 g), sledi paprika (260 mg/100 g), tudi nekatere divje rastline, ki jih uporabljamo za prehrano, vsebujejo veliko vitamina C, npr. slezenovec, prava krebujica, navadna regačica (151-200 mg/100 g). Enake količine so tudi v hrani, gorjušici, kodrastem listnatem ohrovtu in vrtni lobodi. Vitamina C je od 104 do 150 mg/100 g v listnatem in brstičnem ohrovtu, korenih peteršilja, listih repe, navadnem lapuhu, navadni zvezdici, regratu, kislici, rogovilčku, travniški kozji bradi. Od 60 do 100 mg vitamina C na 100 g očiščene vrtnine je v vrtni kreši, redkvi, cvetači, svežem grahu, mladi čebuli, drobnjaku, belušu, sladkem komarčku in navadni marjetici. Malo vitamina C, samo 30 do 60 mg/100 g, je v rdečem in belem zelju, kolerabici, redkvici, blitvi, ohrovtu, špinači, motovilcu, kreši, poru, zeleni, pastinaku, paradižniku, meloni in lubenici (Černe in Vrhovnik, 1992).

Klasični klinični stanji pomanjkanja vitamina C sta pri dojenčku Moeller-Barlowova bolezen in pri odraslem skorbut. V glavnem se izražata v obliki motenj tvorbe kosti in rasti pri otroku ter v kasnejših življenjskih obdobjih v obliki nagnjenja do krvavitve v koži, sluznicah, mišičevju in notranjih organih. V industrializiranih državah se takšna stanja pomanjkanja praktično ne pojavljajo več. V njih na nezadostno preskrbo z vitaminom C večinoma kažejo predklinični znaki, od katerih najprej nastopi splošna utrujenost. Pridružijo se lahko zmanjšana storilnost in motnje v duševnem dobrem počutju ter počasnejše okrevanje po boleznih, neredko pa tudi dovzetnost za infekcije in slabo celjenje ran.

Najboljši viri vitamina C so sadje in zelenjava in iz njih izdelani sokovi. Posebej bogati viri so jagode rakitovca in njihov sok, rdeča in zelena paprika, brokoli, črni ribez, kosmulje, koromač in citrusi (agrumi). Količinsko pa so za preskrbo z vitaminom C pomembni tudi krompir, ohrov, brstični ohrov, rdeče in belo zelje, špinača in paradižnik. Dnevne vnosa 200 mg ni težko doseči. Pri neprimernem skladiščenju in pri pripravi sadja in zelenjave gre lahko velik del vitamina C v izgubo, v neugodnih razmerah celo do 100 %. Srednja vrednost za izgube ob pripravi vseh porabljenih živil pri deželno običajni prehrani in skrbni pripravi znaša okoli 30 %. Glavni vzrok zanje so tako čisti ali s kovinskimi ioni katalizirani, pa tudi z encimi usmerjeni procesi oksidacije. Z inaktiviranjem udeleženih encimov (npr. z blanširanjem zelenjave) se je mogoče izogniti encimskemu uničenju vitamina C. Poleg tega si je treba za ohranitev vitamina C pri ravnanju z živili in jedmi prizadevati za izključitev kisika in kovinskih ionov, ter poskrbeti za nizke pH vrednosti in temperature (Debenjak in Debenjak, 2004).

Pri hlajenju živil se izgubi povprečno 10-30 %, v kleti 15-40 % vitamina C, pod tekočo vodo pa 17 %, ter pri namakanju v vodi 30 %. Pri kuhanju in gretju živil se uniči 20-80 % vitamina C. Pri pogrevanju v vodni kopeli se v eni uri zgubi 70 % tega vitamina (Požar, 2003).

#### **2.4.1 Izgube vitamina C**

Eden od faktorjev, ki določajo prehransko vrednost živil je tudi vsebnost vitaminov, zaradi njihove nestabilnosti. Ker človekovo telo ni sposobno tvoriti vitaminov, mora dnevne potrebe po njih pridobiti s hrano. Izgube vitaminov se lahko pojavijo v času po spravilu pridelkov, pri distribuciji pridelkov oz. same hrane. Izgube vitaminov nastanejo s kemijskimi reakcijami, kar se kaže v manjši aktivnosti spojin, ireverzibilni vezavi na druge spojine v hrani, ali z razpadom v neaktivne produkte. Pri izgubi vitaminov imajo pogosto pomembno vlogo kisik, svetloba, kompleksna sestava s kovinami (Kalt, 2005). Zaradi nizke kalorične vrednosti zelenjave, visoke vsebnosti prehranskih vlaknin in mikro hranil kot je tudi vitamin C, se priporoča vključevanje zelenjave v prehrano (Giannakourou in Taoukis, 2003). Kakorkoli življenjska doba zelenjave na polici (to je čas, ko se smatra, da je zelenjava še primerna za

uživanje in prodajo) se je skrajšalo, saj so ta hranila izpostavljena pogojem propadanja, še posebno vitamini (Prodanov in sod., 2003). Vitamin C je eden najboljčutljivejših (poleg vitaminov topnih v maščobi in vodi), ki razpada pod vplivom kisika, pH, svetlobe, temperature, vsebnosti vlage in vpliva vode.

Razlike v izgubi vitamina med različnimi vrstami zelenjave lahko pripišemo izpostavljeni površini, mehanskim poškodbam (nekatero vrste zelenjave so bolj občutljive za poškodbe), vsebnosti sulfhidrilnih komponent kot tudi različnim encimskim aktivnostim.

Nekaj študij je pokazalo, da je vsebnost oz. stabilnost vitamina C v zelenjavi kot je npr. solata, korenje, radič, ohrovt, cvetača, zelje in paradižnik, odvisna od priprave in načina kuhanja (Rodrigues in sod., 2010). Da bi nadzorovali prehranske vrednosti in izgube hranilnih snovi v hitro pripravljene hrane, ki se jo vedno več uporablja, so v eni od samopostrežnih restavracij, ki pripravljajo tako hrano, poskusno uvedli na principu HACCP sistema: za vsako zelenjavo posebej so opisali postopke sprejema zelenjave, hranjenja, priprave in distribucije, identifikacijo posameznih faz, kjer so možne izgube hranil, poleg tega pa še Nutritional Control Points-NCP, na katerih kontrolirajo prehransko vrednost živil; Nutritional Control Measures – postopki za zmanjšanje izgub hranilne vrednosti živil; Nutritional Control Criteria- minimalni oz. maksimalni parametri za NCP točko, z namenom izločiti ali vsaj zmanjšati tveganje za izgubo hranil v hrani (Rodrigues in sod., 2010).

Analize so pokazale: glede na vsebnost askorbinske kisline (AA) v suhi zelenjavi, se pokaže največje zmanjšanje vsebnosti v solati in radiču, medtem ko je v ohrovtu manjša. Način rezanja vpliva na izgube (ohrovt mehansko, solata ročno). Listi solate so občutljivi in se lahko poškodujejo pri transportu in hranjenju v shrambi in so občutljivi tudi na način rezanja, medtem ko sta radič in ohrovt manj občutljiva. Izmed kuhane zelenjave ima cvetača med najvišjimi vrednostmi izgube AA. Nastrgano surovo korenje ima manjše izgube AA kot kuhano, paradižnik in zelje pa imata izmed naštetih zelenjav najmanjše izgube AA. Za zmanjšanje izgube vitamina C je potrebno prilagoditi postopke priprave zelenjave: in sicer skrajšanje časa shranjevanja zelenjave, shranjevati zelenjavo v hladilniku, rezanje zelenjave tik pred uporabo in rezati na večje koščke, da se zmanjša vpliv kisika, ter čim manj namakati zelenjavo v vodi, ter predolgo kuhanje in s tem oddajanje hranil v vodo. Priporoča se kuhanje na pari, ali v čim manjši količini vode (Rodrigues in sod., 2010).

Preglednica 10: Askorbinska kislina v zelenjavi pred pripravo in po pripravi za konzumiranje izraženo v mg/100 g (Rodrigues in sod., 2010)

Table 10: Ascorbic acid in vegetables before preparation and after preparation for consumption expressed in mg/100 g (Rodrigues et al., 2010)

ZELENJAVA	pred pripravo za kuhanje oz. konzumacijo		po pripravi zelenjave	
	mokra osnova (mg/100 g)	suha osnova (mg/100 g)	mokra osnova (mg/100 g)	suha osnova (mg/100 g)
solata	3,1-18,4	92,7-428	3,8-7,6	47,4-171
kuhana korenje	5,5-11,1	65,1-105	5,4-8,1	45,5-63,4
surovo strgano korenje	9,3-10,7	94,5-126	5,5-8,5	60,5-81,0
radič	5,7-24,6	74,0-325	2,5-6,1	45,8-88,0
kuhana cvetača	42,0-61,6	465-741	8,3-16,1	111-238
belo zelje	21,6-40,4	401-716	20,9-38,4	382-593
paradižnik	14,7-16,2	278-305	10,1-15,6	164-292

Solata, radič, zelje, paradižnik so bili po pripravi očiščeni, oprani in shranjeni pri sobni temperaturi, korenje in zelje še narezani, korenje in cvetača pa tudi kuhani.

Solata je občutljiva za transport in shranjevanje, rezanje, bolj kot radič in ohrovt. Ribano korenje ima manjše izgube askorbinske kisline kot kuhano korenje, paradižnik in zelje pa imata najmanjše izgube.

V pripravljavnih hrane bi lahko zmanjšali izgubo vitamina C s skrajšanjem časa hranjenja zelenjave pri sobni temperaturi in v hladilniku, rezanje zelenjave tik pred serviranjem, rezanje na večje rezine, da se zmanjša vpliv oksigeniranja. Potrebno se je izogibati daljšemu kontaktu zelenjave z vodo ter izluževanju v vodi, zato operemo zelenjavo še pred rezanjem le te. V vodo se izlužijo vodotopni vitamini, mikrohranila kot so minerali, vodotopne komponente kot so pigmenti, škrob, sladkorji, ki so pomembni za senzorično kvaliteto živil. Pri kuhanju mora biti dovolj vode, ki pokrije zelenjavo, ki se kuha, še boljše pa je kuhanje na pari kadar je mogoče, kuhanje pod tlakom ali cvrenje zelenjave v olju. Čas kuhanja naj bo čim krajši (Rodrigues in sod., 2010).

Nekateri avtorji domnevajo, da je določena zelenjava dovzetnejša za naravno oksidacijo askorbinske kisline.

Vitamin C je topen v vodi, zato se s kuhanjem hitro izgubi. Kadarkoli uživamo živila rastlinskega izvora v presnem stanju, je razpoložljivost vitamina C v splošnem visoka. Tako so sveže sadje in zelenjava najboljši način, da si s prehrano zagotovimo potrebne količine vitamina. Skladiščenje živil zmanjša vsebnost vitamina. Vsebnost vitamina C v sveže pobranem krompirju je večja kot 30mg/100 g, medtem ko se s skladiščenjem do spomladi zniža do 7-8 mg/100 g.

Vitamin C je občutljiv za oksidacijo. Stopnja oksidacije se poveča v prisotnosti faktorjev kot so: alkalije, toplota, svetloba, baker.

Na obstojnost vpliva tudi količina vode, ki jo uporabimo pri kuhanju, čas kuhanja, kislost živila.

Krajši čas kuhanja in čim manjša izpostavljenost na zraku, zmanjšana površina živila, pomaga zmanjšati izgubo vitamina C.

Vitamin C je dovzeten za oksidacijo, ki je pospešena s toploto, poškodbami kože pri zelenjavi, prisotnostjo železa, bakra in alkalnega pH (Kobovc, 2000).

Pri neprimernem skladiščenju in pri pripravi sadja in zelenjave lahko gre velik del vitamina C v izgubo, v neugodnih razmerah celo do 100 %. Srednja vrednost za izgube ob pripravi vseh porabljenih živil pri deželno običajni prehrani in skrbni pripravi znaša okoli 30 %. Glavni vzrok zanje so tako čisti ali s kovinskimi ioni katalizirani, pa tudi z encimi usmerjeni procesi oksidacije. Z inaktiviranjem udeleženih encimov (npr. z blanširanjem zelenjave) se je mogoče izogniti encimskemu uničenju vitamina C. Poleg tega si je treba za ohranitev vitamina C pri ravnanju z živilom in jedmi prizadevati za izključitev kisika in kovinskih ionov, ter poskrbeti za nizke pH vrednosti in temperature (Debenjak in Debenjak, 2004).

Preglednica 11: Vpliv predelave in obdelave na antioksidante v sadju in zelenjavi (Kalt, 2005)  
Table 11: Influence of processing and treatment on antioxidants in fruit and vegetables (Kalt, 2005)

faktor vpliva	vrsta antioksidanta
vpliv genotipa	vitamin C=karotenoidi=fenoli
okoljski vpliv	fenoli>vitamin C>karotenoidi
izgube med svežim shranjevanjem	vitamin C>karotenoidi>fenoli
povečanje med svežim hranjenjem	karotenoidi, fenoli
izgube med obdelavo	vitamin C<fenoli>karotenoidi

Vsebnost antioksidantov je odvisna od genotipa sadja ali zelenjave. Na vsebnost vplivajo tudi okoljski vplivi pred in po pobiranju pridelka (dostopnost vode, svetloba, temperatura). Na fenole bolj vplivajo skladiščni pogoji kot so temperatura, atmosfera, svetloba, kot na vitamin C in karotenoide. Fenoli se lahko celo povečajo. Vitamin C je najbolj nestabilen antioksidant (Kalt, 2005).

#### 2.4.2 Primerjava vsebnosti vitamina C v sveži in zmrznjeni zelenjavi

Zelenjava je pomemben del vsakdanje prehrane sodobnega Evropejca, ob proteinih (ribe, meso) in ogljikovih hidratih (riž, testenine, krompir). Ocenjuje se, da zelenjava zagotavlja 30 % vitamina C in 20 % vitamina A (v obliki karotena) ter 10 % tiamina in železa. Zelenjava je tudi bogat vir folatov. Zelenjava ima malo maščob, energije, relativno malo proteinov, veliko pa ogljikohidratov, veliko prehranskih vlaknin. Vse to velja za svežo zelenjavo, kar pa vedno ne velja za komercialno zamrznjeno zelenjavo, še posebno za mikro hranila. Potrošniki smatrajo sveže kot naravno in zdravo ter zato polno hranilno vrednost, medtem ko obdelano zelenjavo, pa čeprav le hitro zamrznjeno, smatrajo kot da ima manjšo hranilno vrednost. Sveža zelenjava, ki je na voljo v prodaji na drobno in potem še hranjenju doma pred zaužitjem, ima rok uporabe 3-7 dni. Da bi se ta čas podaljšal poteka transport in hranjenje pri nižjih temperaturah (v hladilniku), vendar pa imajo nekatere tradicionalne trgovine s sadjem in zelenjavo le to pri sobni temperaturi. Tako je zelenjava izpostavljena različnim pogojem, ki vplivajo na kvaliteto in hranilne vrednosti, še preden se uporabi za prehrano. Zelenjava, ki je namenjena za prodajo, je zamrznjena takoj po spravilu. Spremembe se pojavijo, še posebno pri blanširanju, kar pa je potrebno, da se onemogoči delovanje naravnih encimov, prav tako pride do sprememb kasneje pri globokemu zamrzovanju. Vsebnost hranil v sveži zelenjavi, ki

se je hranila nekaj časa v trgovini in nato še doma, naj bi imela enako vsebnost kot zamrznjena zelenjava, vendar naj bi se še naprej zmanjševala bolj kot pri zamrznjeni. Askorbinska kislina kot mikro hranilo naj bi se največ nahajala v sadju in zelenjavi; vsebnost variira odvisno od vrste zelenjave. Pri križnicah naj bi se ta vsebnost gibala med 50-100 mg/100 g, pri korenovkah manj kot 10 mg/100 g. Vsebnost pa variira tudi pri isti vrsti zelenjave npr. pri grahu od 20-40 mg/100 g ob pobiranju pridelka, odvisno od vrste graha, načina pridelave... Vitamin C ni indikator kvalitete pridelka, vendar ker je občutljiv za oksidiranje, je primeren za spremljanje kvalitativnih sprememb zelenjave med transportom, obdelavo in hranjenjem (Favell, 1998).

Izgube vitamina C pri komercialno zmrznjeni zelenjavi so največje v fazi pred zmrzovanjem, to je v fazi priprave zelenjave za zmrzovanje kot je pranje zelenjave, prerezovanje, vršičkanje, rezanje na koščke, blanširanje, sušenje, hlajenje. Samo zmrzovanje ne predstavlja pomembne izgube vitamina C. Tudi po končanem zmrzovanju so izgube manjše kot pa v fazi priprave zelenjave za zmrzovanje. Pri pripravi zelenjave-rezanju poškodujemo tkiva, ki mora biti čim manjše, da so izgube vitamina C manjše. Zelenjave ne smemo predolgo prati, ker s tem zgublamo vodotopna hranila. Pri zmrzovanju moramo biti pozorni na tempereturo in čas zmrzovanja, ker ta kombinacija vpliva na poznejšo kakovost zelenajve na prodajnih policah (Tosun in Yuececan, 2008).

Preglednica 12: Primerjava vsebnosti vitamina C v sveži in zmrznjeni zelenjavi ( mg/100 g) (Favell, 1998)

Table 12: Comparison of vitamin C content in fresh and frozen vegetables (mg/100 g) (Favell, 1998)

zelenjava	Vsebnost vitamina C (mg/100 g)					
	sveže z vrta 1. dan	3 dni na sobnih pogojih	3-7 dni na sobnih pogojih	2-3 dni v hladilniku	zmrznjeno (-18°C)	
					začetni dan	12 mesecev
grah	30,9	20,6	12,1	28,8	19,6	17,2
	29,6	16,6	11,1	30,4	21,8	19,5
	25,6	15,7	9,2	24,7	17,3	17,4
brokoli	77,1	47,0	34,8	77,8	66,1	64,3
	93,1	55,7	40,4	91,5	76,7	73,7
zeleni fižol	15,1	7,9	6,9	7,6	15,1	17,6
	11,8	7,2	5,1	5,6	11,2	-
špinača	31,6	3,2	0	14,3	24,5	16,2
	21,6	2,6	0	12,8	12,6	-

Različni načini hranjenja in različne temperature hranjenja:

- garden fresh (sveže pobrani pridelek) 1. dan hranjenja
- market fresh (sveže v trgovini) 3 dni pri sobni temperaturi
- market fresh and used (sveže v trgovini in takoj uporabljeno) 3-7 dni pri sobni temperaturi
- supermarket fresh (sveže v veletrgovini) 2-3 dni v hladilniku
- supermarket fresh and used (sveže v samopostrežni veleblagovnici in takoj uporabljeno) 3-7 dni v hladilniku
- supermarket fresh and used (sveže v samopostrežni veleblagovnici in takoj uporabljeno) 3-7 dni v hladilniku oz. pri sobni temperaturi

Zamrznjeno zelenjavo, ki so jo analizirali, takoj po pobiranju in nato pri hranjenju pri -18 °C za 3, 6, 7 in 12 mesecev. Ugotovili so le minimalne spremembe. V preglednici 12 so prikazane vsebnosti askorbinske kisline pri sveži in zmrznjeni zelenjavi.

Pri vsej preučevani zelenjavi je vsebnost vitamina C v komercialno hitro zamrznjeni zelenjavi enaka ali celo višja kot pri »market fresh« (sveži zelenjavi v trgovini); mnogo višja pa kot v »market fresh and used« (sveže v trgovini in takoj uporabljeno); ter višja kot pri zelenjavi »supermarket fresh/ambient stored« (sveže v samopostrežni veleblagovnici pri sobni temperaturi). Višja vsebnost vitamina C se nanaša na stročji grah, špinačo, ter korenje v trgovinah in samopostrežnih veleblagovnicah.

Pri merjenju skupne antioksidacijske aktivnosti v zelenjavi, ki je bila različno obdelana, je bilo ugotovljeno, da ima zamrznjena zelenjava v primerjavi z zelenjavo kupljeno v trgovini podobno antioksidacijsko aktivnost in precej višjo kot konzervirana ali pasterizirana zelenjava. Antioksidacijska aktivnost se izgublja med hranjenjem sveže zelenjave po pravilu pridelka ali pa pri neprimernem kuhanju, če je ta čas predolg (Hunter in Fletcher, 2002).

#### Brokoli

Povprečni odstotek askorbinske kisline, ki se zadrži v vzorcih brokolija je izražen v suhi snovi glede na sveže pobran pridelek z vrta (nič dni hranjenja). Stopnja askorbinske kisline v sveže pobranem brokoliju je bila 77 in 93 mg/100 g. Po zamrzovanju oziroma blanširanju se je obdržalo več kot 80 % askorbinske kisline in v času nadaljnjega zamrzovanja so izgube manj kot 10 %.

Pri skladiščenju sveže zelenjave na sobni temperaturi, ko so shranili cele glave in analizirali cvetove z 20 cm premera, so ugotovili, da je ostalo v zelenjavi po sedmih dneh le 44 % askorbinske kisline, po štirinajstih dneh pa le 28 % askorbinske kisline. Medtem, ko so skladiščili zelenjavo v hladilniku, po sedmih dneh ni bilo izgub v vsebnosti askorbinske kisline in celo po enaindvajsetih dneh je bila vsebnost še vedno 80 % (Favell, 1998).

#### Špinača

Vzorci so na začetku vsebovali 32 in 22 mg/100 g askorbinske kisline, po blanširanju oziroma zamrzovanju se je zmanjšala vsebnost na 24 in 13 mg/100 g (kar pomeni ostanek 78 % in 58 %). Nadaljnje izgube vsebnosti askorbinske kisline po 12 mesecih globokega zamrzovanja so bile 30 %.

V pogojih skladiščenja pri sobni temperaturi se vsebnost askorbinske kisline hitro zmanjšuje in je po treh dneh ni več (0 %). V hladilniku se vsebnost počasneje manjša, vendar je po sedmih dneh vsebnost le še 20 %, po štirinajstih dneh pa askorbinske kisline ni več. Vzorci, ki so bili hranjeni v hladilniku in zatem pri sobni temperaturi, prav tako hitro izgubljajo vsebnost askorbinske kisline (Favell, 1998).

Preglednica 13: Primerjava izgube vitamina C v zelenjavi pri sobni temperaturi in v hladilniku (Favell, 1998)

Table 13: Comparison of loss of vitamin C in vegetables at room temperature and in refrigerator (Favell, 1998)

zelenjava	% izgube vitamina C na dan (povprečno v 7 dneh)		popolna izguba vitamina C (dan)	
	sobni pogoji	hladilnik	sobni pogoji	hladilnik
grah	8,9	2,1	<3	14
brokoli	8,0	0	<2	18
zeleni fižol	7,8	10,8	<1	1
špinača	>14,2	10,7	<1	<2
korenje	3,8	1,4	<1	<1

Sobni pogoji pri 20 °C, hladilnik pri 4 °C

Zelenjava je najbolj sveža in najkvalitetnejša takoj po pobiranju s polja. Kakorkoli pa ta zelenjava običajno ni takoj na voljo potrošniku, ki kupuje zelenjavo pri prodajalcu zelenjave oziroma v supermarketih. Ta zelenjava se običajno transportira in hrani do prodaje pri prodajalcu zelenjave pri sobnih temperaturah, v supermarketih pa v hladilnikih. Tudi potrošniki kupljeno zelenjavo ponavadi hranijo do porabe pri sobni temperaturi ali pa v hladilniku. Na kvaliteto kuhane zelenjave vpliva celotna veriga transporta in hranjenja zelenjave, nato pa še način kuhanja in čas kuhanja. Čas kuhanja zmrznjene zelenjave je krajši od časa kuhanja sveže zelenjave, zato niso izgube pri zmrznjeni zelenjavi nič večje kot pri sveži.

Definicija zmrznjene zelenjave je proizvod, ki je bil pobran na polju, pripravljen, blanširan in hitro zamrznjen. Zelenjava se lahko hrani tako nekaj mesecev pred nakupom in potem se še nekaj časa hrani doma in tako zgublja na kvaliteti.

V preglednici 13 je prikazan delež izgube vitamina C pri sveži zelenjavi hranjeni pri sobni temperaturi in v hladilniku, ter število dni hranjenja pri sobni temperaturi in v hladilniku, ko se vsebnost vitamina C izenači z vsebnostjo v zmrznjeni zelenjavi. Podatki nam kažejo hitro zmanjševanje vsebnosti askorbinske kisline pri sobni temperaturi pri vsej zelenjavi razen pri korenju, vsebnost se hitro zmanjšuje tudi pri špinači in stročjem fižolu, ki sta hranjena v hladilniku. Vsebnost askorbinske kisline pa se počasi zmanjšuje pri grahu, korenju in še posebno pri brokoliju, ki jih hranimo v hladilniku. Podobno je ugotovil tudi Albrecht in sod., 1990 (Favell, 1998), ki je opazoval stabilnost vitamina C v zelenjavi hranjeni v hladilniku: pri križnicah na splošno dobro stabilnost, zmerno stabilnost v grahu in slabo stabilnost v stročjem fižolu. Predpostavka je bila, da je razlog zato žveplo in spojine z žveplovimi hidrati, vendar ni dokazano, imajo pa verjetno vlogo pri tem.

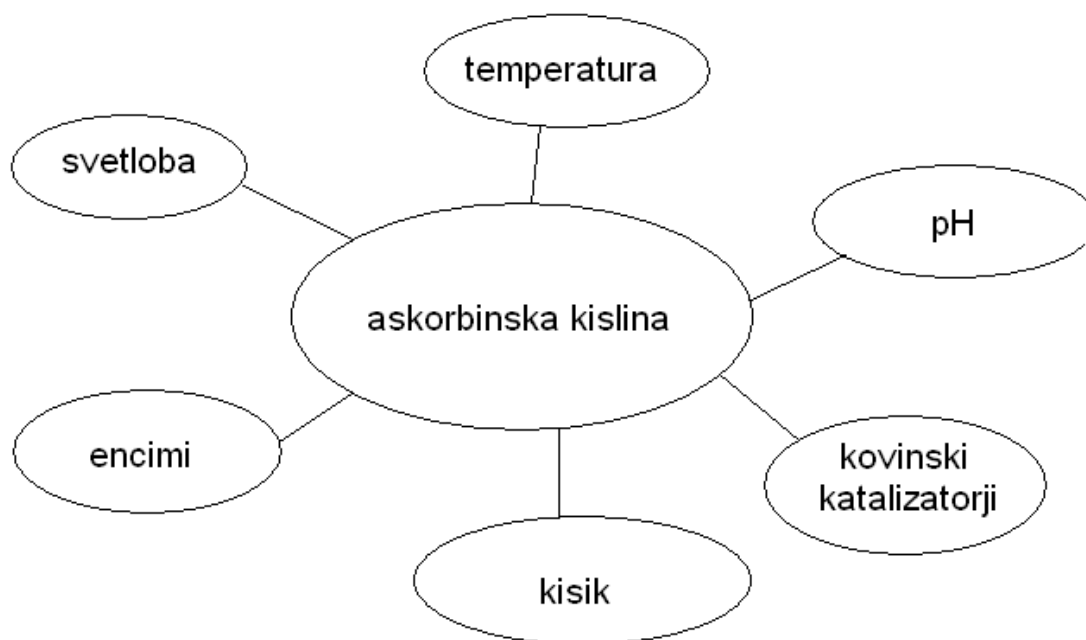
Izgubo askorbinske kisline iz zelenjave zavirajo encimi, ki zavirajo oksidacijo. Različne stopnje izgube vsebnosti askorbinske kisline so odvisne od vrste zelenjave, mehanskih poškodb, vsebnosti žveplovih hidratov, ter različnih aktivnosti encimov. Fižol, ki je shranjen v stroku je neka zaščita zanj, brokoli, ki ima cele cvetove je tudi bolj zaščiten, korenje, ki ni poškodovano pri pobiranju, medtem ko so špinačni listi ob pobiranju zelo izpostavljeni poškodbam. Če pobiramo fižol v stroku je veliko manj poškodb, vendar je večja encimska aktivnost in posledično manjša vsebnost žveplohidratov (Favell, 1998).

### 2.4.3 Kinetični model izgube vitamina C v zmrznjeni zelenjavi pod različnimi pogoji skladiščenja

Zelenjava je pomembna v uravnoteženi človeški prehrani, z malo maščobami, malo energije, veliko ogljikohidratov in prehranskimi vlakninami, ter mikroelementi. Sveža zelenjava ima kratek čas uporabnosti in je hkrati izpostavljena pogojem skladiščenja, ki vplivajo na kvaliteto v tem kratkem času, pred kuhanjem oziroma zaužitjem. Zaradi tega, ker je zelenjava sezonska, se pokažejo potrebe po zamrzovanju. Glavni faktorji, ki vplivajo na končno kvaliteto zamrznjene zelenjave so: svež material, obdelava, vključno z blanširanjem, način zamrzovanja, distribucija zelenjave, hranjenje in obdelava zelenjave doma. Temperature po obdelavi in spreminjanje temperature vpliva na stopnjo upadanja kvalitete zamrznjene zelenjave, kot so senzorična in prehranska vrednost, v glavnem kot vitamin C (Giannakourou in Taoukis, 2003).

Zelenjava je glavni vir askorbinske kisline, katere antioksidacijski efekt vpliva na imunski sistem.

V celotni verigi od zamrzovanja do prodaje in uporabe zamrznjene zelenjave so primerjali špinačo, grah, zeleni fižol in okro. Ugotovili so, da je največjo izgubo vitamina C imela špinača (60 dni po proizvodnji-10 dni v skladišču proizvodnje zamrznjenega izdelka, 10 dni v distribucijskem centru, 20 dni v maloprodaji, 20 dni v domačem zamrzovalniku pred uporabo), več kot 50 %, medtem ko so imeli zeleni fižol, grah in okra le zmerne izgube. Do razlik v oksidaciji vitamina C pride zaradi različne strukture tkiv, mehaničnih poškodb pri spravilu pridelka, vsebnosti encima askorbat oksidaze ter prisotnosti kovinskih ionov  $Fe^{3+}$  in  $Cu^{2+}$ , ki katalizirata oksidacijo AA v DHA. Izgube vitamina C so večje zaradi delovanja askorbat oksidaze, ki je močno odvisna od pH zelenjave. Grah in okra imata bolj čvrsto strukturo, zato so manjše izgube vitamina C (Giannakourou in Taoukis, 2003).



Slika 9: Parametri, ki vplivajo na kinetiko razpada vitamina C (Santos in Silva, 2008)

Figure 9: The parameters affecting the dissolution kinetics of vitamin C (Santos and Silva, 2008)



Vitamin C se izgublja ne le med sušenjem sadja in zelenjave, temveč tudi pri pripravi pred tem (pranje, lupljenje). Z blanširanjem bi se lahko izognili večjim izgubam, z obsevanjem pa se izgubi vodo, vendar se poveča obstoj vitamina C. Kisik v sušilnici negativno vpliva na obstoj vitamina C. Izgube vitamina C se lahko zmanjšajo s krajšanjem časa sušenja sadja in zelenjave (Santos in Silva, 2008).

#### 2.4.4 Oksidacija askorbinske kisline v prisotnosti nitrata

Precej visoka vsebnost nitritov v nekaterih vrstah zelenjave je lahko problem v tem, da negativno vplivajo predvsem na vitamin C (askorbinsko kislino). Askorbinska kislina v nevtralnem vodnem raztopini precej hitro interaktivno reagira z nitritnim ionom ter se tvori dehidroaskorbinska kislina. Če je raztopina dovolj kisla in je koncentracija nitrata 0,05 M ali več v aerobnih pogojih poteče nitrozacija askorbinske kisline. Hitrost poteka reakcije je odvisna od kislosti medija, ki je večja pri večji kislosti. Iz tega izhaja, da prisotnost nitritov v zelenjavi v kislih pogojih shranjevanja močno poveča razkroj vitamina C. Askorbinska kislina v kislem mediju je izpostavljena hitri nitrozaciji in tako nastane O-nitrosil-askorbinska kislina, nato poteče še nekaj hitrih pretvorb, kjer nastaja tudi nestabilna dehidroaskorbinska kislina (Myshkin in sod., 1996).

Pri višji kislosti znotraj zelenjave, kar se zgodi v času skladiščenja, je razpolovni čas askorbinske kisline pri 25 °C desetkrat do stokrat manjši (stokrat na vsako pH enoto). Tako velja, da pri višji vsebnosti nitratnih ionov in posledično višji koncentraciji nitritnih ionov, nastaja manj primeren medij za vitamin C v šibko kislih pogojih (Myshkin in sod., 1996).

#### Rukvica

Rukvica ima karakterističen vonj podoben hrenu, pri žvečenju pa se sprosti prijeten vonj podoben sezamovemu semenu. Ta karakterističen oster oziroma pikanten vonj in okus se nanaša na prisotnost glukozinolatov v rukvici. Če se astlinska tkiva pretrgajo, se glukozinolati hidrolizirajo s pomočjo endogenega encima mirozinaze (tioglukozid glukohidrolaza), kar vodi do nastanka glukoze, sulfata in nestabilnega intermedija, ki se spontano spremeni v nekaj razgradnih produktov, vključno s izotiocianatom in ostalimi stranskimi produkti. Izotiocianat je pomembna skupina razgradnih produktov glukozinolatov, ki so pokazali antikarcinogene učinke, kar se je raziskovalo pri poskusih na laboratorijskih živalih. Vsebnost glukozinolatov je značilna za zelenjavo iz družine *Brassicaceae*, kot so na primer brokoli, brstični ohrovt, kitajski kapus, cvetača, hren, ohrovt. Vsebnost je odvisna od vrste, pridelovalnih pogojev, časa pobiranja pridelka, podnebnih razmer in tudi kraja pridelave, prav tako pa na vsebnost vpliva tudi skladiščenje in obdelava zelenjave. Opazili so povečanje indol glukozinolatov pri brokoliju in belem ter rdečem zelju ob rezanju le teh ter skladiščenju za 48 ur pri 4 °C. Hansen s sodelavci leta 1995 pa ni odkril signifikantnega povečanja glukozinolatov, kot so glukorafanin in glukobrazicin, pri brokoliju, ki ga je skladiščil 9 dni v kontrolirani atmosferi pri 10 °C (Sun-Ju in Ishii, 2007).

Sun-Ju s sodelavci (2007) je primerjala vpliv skladiščenja na vsebnost nitratov v listih rukvice s koreninami in v listih rukvice brez korenin pri 4 °C in pri 15 °C v 1, 3, 6 in 10 dneh. Ugotovili so, da ni večjih sprememb v vsebnosti nitrata, torej pogoji skladiščenja in tema nimajo večjih vplivov na vsebnost nitratov .

Sun-Ju s sodelavci je raziskovala tudi relativno visoko vsebnost skupnega vitamina C (L-askorbinska kislina in dehidroaskorbinska kislina) v listih rukole (1,45 mg/g sveže mase).

Davey s sodelavci je leta 2000 (Sun-Ju in Ishii, 2007) ugotovil različno vsebnost skupnega vitamina C v zelju (0,46-0,47 mg/g sveže mase), v špinaci (0,51 mg/g sveže mase), v cvetači (0,64 – 0,78 mg/g sveže mase), v kreši (0,68 – 0,79 mg/g sveže mase), v brokoliju (1,13 mg/g sveže mase), v hrenu (1,20 mg/g sveže mase) in v ohrovtu (1,86 mg/g sveže mase). Vsebnost skupnega vitamina C je odvisna od intenzivnosti svetlobe, temperature skladiščenja, izpostavljenosti onesnaženja (ozon), herbicidov...

V času skladiščenja je bila višja vsebnost skupnega vitamina C v rujvici, v listih s koreninami in v listih brez korenin pri 4 °C, kot pri 15 °C, kar kaže na to, da nižja temperatura vpliva na stabilnost vitamina C. Na vsebnost skupnega vitamina C pri 4 °C ni vplivalo trajanje skladiščenja, medtem ko je na vsebnost vitamina C pri 15 °C dolžina skladiščenja vplivala. Vsebnost vitamina C je bila 6. in 10. dan signifikantno nižja kot na začetku skladiščenja (na dan pobiranja) in 1. ter 2. dan. To nakazuje, da temperatura vpliva na stabilnost vitamina C. Pri skladiščenju pri 4 °C je sposobnost ohranjanja vitamina C daljša, saj je bila vsebnost vitamina C po 10 dneh za 8 % večja kot pri sveži rukvici, medtem ko pri skladiščenju pri 15 °C po 10 dneh vsebnost vitamina C pade za 40 %, verjetno zaradi oksidacije (Sun-Ju in Ishii, 2007).

Martinez-Sanchez in sodelavci (2006) so preučevali učinek čistil na prehransko kvaliteto rukvice. Pridelek rukvice, ki so ga pobirali, so potem očistili z vodo ali s klorom ali vodo z ozonom, ali mlečno kislino ali natrijevim kloridom, da se prepreči okužba z mikroorganizmi, še posebno z bakterijo *Salmonella*. Proučevali so učinek teh čistil na vsebnost vitamina C, polifenolov in glukozinolatov v rukvici, v pogojih shranjevanja z malo kisika (1-3 kPa) in veliko ogljikovega dioksida (11-13 kPa) za 15 dni pri 4 °C. Vsa čistila so dobro zmanjšala mikrobiološko aktivnost. Čiščenje z mlečno kislino pa je po več kot osmih dneh shranjevanja na zmanjšanje vsebnosti vitamina C, askorbinska kislina se je pretvorila v dehidroaskorbinsko kislino. Rastopina čistila pa ni vplivala na flavonoide, opazno pa so se zmanjšali v času shranjevanja. V času shranjevanja pa so je zmanjšala vsebnost glukozinolatov od 4-33 % (Martinez-Sanchez in sod., 2006).

## **Zelena**

Z minimalno obdelavo sadja in zelenjave poškodujemo njihovo celično strukturo in tkiva ali jih celo odstranimo. Z obdelovanjem, rezanjem na manjše kose, pranjem, splakovanjem, povzročamo poškodbe, ki jih spremljajo oksidativni procesi. Za pranje se uporablja klorirana voda, ki tudi predstavlja faktor poškodbe, zaradi reakcije hipokloridne kisline (Vina in Chaves, 2006).

Vina in Chavez (2006) sta ugotavljali kako minimalna obdelava zelene vpliva na vsebnost askorbinske kisline pri različni temperaturi (0 °C, 4 °C in 10 °C) odvisno od časa skladiščenja. Pri 0 °C ni bilo zaznanih signifikantnih sprememb v vsebnosti askorbinske kisline, čeprav je bilo zaznati po 14 dneh trend naraščanja vsebnosti. Pri 4 °C je bilo opaženo, da vsebnost po dveh tednih narašča signifikantno in sicer predstavlja 38 %. V nasprotju pa med 14 in 28 dnevi vsebnost askorbinske kisline pada do začetne vrednosti. Podobno se je dogajalo tako kot pri 4 °C tudi pri 10 °C: po 14 dneh je vrednost signifikantno narasla in je predstavljal 64 % povečanje, vendar je kasneje padla na začetno vrednost. Pri 10 °C je bilo povečanje 1,7 krat večje kot pri 4 °C.

Vitamin C se smatra kot ena manj obstojnih sestavin, zato so med obdelavo in skladiščenjem zelenjave pojavljajo izgube. Gil-Izquierdo s sodelavci je leta 2002 analiziral učinek

temperature skladiščenja na vsebnost vitamina C v artičokah in ugotovil znatne izgube askorbinske kisline po 14 dneh skladiščenja pri temperaturah med 0 in 10 °C (Vina in Chaves, 2006).

Vsebnost klorogene kisline pade med hranjenjem v hladilniku v minimalno obdelani zeleni, kar je bolj izrazito pri višjih temperaturah. Koncentracija askorbinske kisline narašča do 14. dneva skladiščenja, kar se bolj izrazito pokaže pri višjih temperaturah. Antioksidacijska moč v narezani zeleni pade po 7 dneh skladiščenja in nato naraste po dveh tednih, ne glede na temperaturo skladiščenja. To obnašanje se nanaša na interakcijo med različnimi skupinami antioksidantov, ki se nahajajo v rastlini. Najdena je bila direktna povezava med antioksidativno močjo in vsebnostjo askorbinske kisline.

Minimalno obdelana zelena obdrži začetno antioksidativno kapaciteto v času 21 dni pri temperaturi 0 °C (Vina in Chaves, 2006).

### **Špinača**

Ta vrsta zelenjave vsebuje znatno količino vitaminov, posebno še C, E,  $\beta$ -karotena in folne kisline, mineralov, prehranskih vlaknin. Ima tudi visoko antioksidativno kapaciteto. Špinača in novozelandska špinača tako kot ostala listnata zelenjava akumulira nitrate, nitrite in oksalate. Tehnološki ukrepi kot so pranje, blanširanje, rezanje na manjše kose, zamrzovanje, konzerviranje lahko spremenijo prehransko vrednost živila, vključno z nezaželenimi spojinami. Ob uporabi vode za pranje ali blanširanje, se vsebnost nitratov, nitritov in oksalatov zmanjša. Efekt konzerviranja z zmrzovanjem ali sterilizacijo ni povsem nedvoumen, saj so rezultati raziskav pokazali tako povečanje kot zmanjšanje stopnje teh spojin (Jaworska, 2005).

Optimalne temperature za pridelavo špinače so med 16 in 20 °C. Nižje temperature lahko poškodujejo fotosintetski aparat in tilakoidno membrano in lahko inhibira sintezo proteinov in degradacijo. Temperatura ima tudi vpliv na vsebnost nitratov in antioksidantov (npr. vitamin C) v listih špinače. Vitamin C zelo variira skozi pridelovalno sezono in ga je več, če je več svetlobe, na račun sinteze proteinov, ki nastanejo iz sladkorjev. S poskusom so ugotovili, da mediteranski pogoji za rast špinače v času januar-marec ugodno vplivajo na kvaliteto špinače kot so barva listov, vsebnost suhe snovi, vsebnost nitratov, oksalata, vitamina C in klorofila. Vsebnost suhe snovi in vitamina C zagotavljata boljše obstojnost in ohranitev vizuelne kvalitete špinače. Povdarili so pozitivno korelacijo med visoko vsebnostjo suhe snovi in vitamina C ob pobiranju pridelka. V južni Italiji so bile vsebnosti nitratov vedno nizke zaradi povečanega sončnega obsevanja (Conte in sod., 2008).

Oguchi in sodelavci (1996) (Jaworska, 2005) so ugotovili, da lahko špinačni listi akumulirajo celo več kot 7 g  $\text{NO}_3^-$  v enem kilogramu sveže snovi. Gajda in Karłowski (1993) (Jaworska, 2005), pa sta ugotovila, da stopnja nitratov v špinači variira od 29 do 6757 mg  $\text{NO}_3^-$  na kilogram sveže mase, pri 28 % vzorcev pa je sicer bila vsebnost 180 mg. Bakowski, Michalik in Harbowicz (1996) (Jaworska, 2005), pa ugotavljajo pri špinači, ki je bila pobrana v juniju, vsebnost  $\text{NO}_3^-$  od 255 do 476 mg na kilogram sveže mase, odvisno od kultivarja, je ta vrednost 3,6 in celo 8,5 krat manjša kakor pri pridelku, ki je bil pobran v oktobru (Jaworska, 2005).

Pri novozelandski špinači stopnja nitratov variira od 449 do 3472 mg (Jaworska, 2005). Špinača, pridelana na polju, kjer so uporabili primerne agrotehnične ukrepe, ne kaže tendence

akumuliranja nitritov. V tem primeru vsebnosti niso presegale 1,0 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> v enem kilogramu sveže mase. Vsebnosti nitritov so bile v špinaci trikrat večje kot v novozelandski špinaci.

Jaworska (1995) je pri analiziranju nitratov in nitritov ter oksalatov, da bi bila pripravljena za prehranjevanje, surov material rahlo prevrela 4 minute pred zamrzovanjem in blanširala ali pa samo blanširala 2 minuti pred konzerviranjem v pločevinke. Ta predhodni ukrep ima statistično signifikantni učinek, ki se kaže v zmanjšanju vsebnosti nitratov in oksalatov, ne pa nitritov. Sistrunk, Cash (1975) in Michalik (1984) (Jaworska, 2005) so opazili, da daljši čas blanširanja v vodi, povzroči manjšo vsebnost nitratov v špinaci. Kot pričakovano, so bile izgube analiziranih komponent večje po kuhanju kot pri blanširanju 2 minuti. Po blanširanju je surovi material vseboval 23-36 % manj nitratov v sveži masi in 26-28 % manj v suhi snovi kot v surovem materialu; po kuhanju pa je bilo 26-45 % manj nitratov v sveži snovi in 35-42 % manj v suhi snovi. Ti rezultati potrjujejo trditev Garcie in Boscha (1998) (Jaworska, 2005), da so izgube nitratov med kuhanjem v vodi odvisne od časa kuhanja in vrste zelenjave. Michalik (1984) je določil 54-86 % zmanjšanje nitratov in oksalatov po dveh minutah blanširanja, Amal (2000) skoraj 74 % zmanjšanje po 3 minutah blanširanja in Gwecka (1974) celo 88-92 % zmanjšanje po 5 minutah blanširanja. Vsebnost špinace, v novozelandski špinaci pa zmanjšanje (Jaworska, 2005). Povečanje vsebnosti nitratov po zamrzovanju brokolija so ugotovili Huarte-Mendicoa in sod. (1997), v špinaci pa Michalik (1984), zmanjšanje, ki pa je bilo sicer statistično nesignifikantno, pa je ugotovil Gebczynski (2002), nitritov je praktično nespremenjeno po predhodnih obdelavah kuhanja ali blanširanja. Amal (2000) in Ezeagu, Fafunso (1995) so ugotovili povečanje nitritov po kuhanju ali blanširanju listnate zelenjave (Jaworska, 2005).

Po zamrzovanju se je pokazalo signifikantno povečanje vsebnosti nitratov v sveži snovi v brstičnem ohrovtu in v korenju. Lisiewska (1985) (Jaworska, 2005) pa je ugotavljala zmanjšanje vsebnosti nitratov po zamrzovanju materiala, ki je imel kot surov visoko vsebnost nitratov, ter povečanje količine nitratov po zamrzovanju materiala, ki je imel kot surov nizko vsebnost nitratov.

Pri predhodni obdelavi novozelandske špinace, ki so jo nato konzervirali, je bila vsebnost nitratov za 29 % manjša, pri špinaci pa niso ugotovili sprememb. Ko so primerjali rezultate v suhi snovi, se je vsebnost nitratov v špinaci povečala za 4-24 % in zmanjšala v novozelandski špinaci za 8-19 %. Nepričakovano pa so dobili drugačne rezultate pri nitritih: pri špinaci se je vsebnost nitritov po konzerviranju zmanjšala za 8 %, v novozelandski špinaci pa povečala za 41-78 %, kar je sicer še vedno dovolj nizka vsebnost, saj ne presega 0,48 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> /kg sveže snovi.

Po enoletnem hranjenju praktično ni sprememb v stopnji nitratov in oksalatov. Michalik (1984) je ugotovil, da ni bilo sprememb v koncentraciji nitratov med zamrzovanjem špinace, medtem ko sta Amal (2000) in Gebczynski (2002) ugotovila celo zmanjšanje (Jaworska, 2005). Med shranjevanjem pa se je povečala vsebnost nitritov v zamrznjenih produktih za 27-42 % in v konzervirani novozelandski špinaci za 68 %. Kljub vsemu noben vzorec ni presegel 1 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> /kg. Tudi številni drugi avtorji ugotavljajo povečanje vsebnosti nitritov med skladiščenjem izdelkov. V primerjavi s surovim materialom, je vsebnost nitratov, topnih oksalatov in skupnih oksalatov manjša v materialu po enoletnem skladiščenju, medtem ko je koncentracija nitritov večja razen konzervirane špinace. Siciliano in sod. (1975) trdi, da konzervirana živila ponavadi vsebujejo manjšo količino nitratov in nitritov kot zamrznjena zelenjava (Jaworska, 2005).

Če povzamemo kuhanje prispeva k večjemu zmanjšanju nitratov kot blanširanje; zmanjšanje je tudi odvisno od vrste zelenjave. Konzerviranje v pločevinke je boljše kot zamrzovanje. Po 12 mesecih shranjevanja, je v pločevinkah manj nitratov (za 21-40 %), nitritov (za 6-9 %), vodotopnih oksalatov (0-29 %), ter samo v špinači tudi manj nitritov (za 13 %). Če primerjamo špinačo in novozelandsko špinačo je v zadnji manj nitritov in skupnih oksalatov (za 22-24 % in 41-58 %). Vsebnost nitritov v špinači je bila 16-18 krat večja; in sicer na račun izjemno nizke vsebnosti nitritov v sveži špinači (Jaworska, 2005).

### Listnati peteršilj

Listnati peteršilj je izredno bogat z vitaminom C,  $\beta$ -karotenom, minerali. Njegova slaba lastnost kot pri ostali listnati zelenjavi je, da akumulira nitrato. Količina akumulacije se lahko omeji s primernim gnojenjem in vrsto peteršilja. Na primer peteršilj 'Hamburg' ima veliko vsebnost vitamina C in akumulira manjšo količino nitratov vendar ima več suhe snovi, ter ima intenzivno zeleno barvo. Peteršilj se lahko ohrani tako, da ga sušimo, kar sicer ni primerno za vse jedi, ali pa ga zamrzujemo, lahko tudi stisnjen v kocke, kar olajša uporabo pri kuhi.

Po blanširanju se je vsebnost suhe snovi signifikantno zmanjšala za okoli 16 %. Pri zmrzovanju se je stopnja suhe teže povečala okoli 2-4 % kot pred zamrzovanjem. Med skladiščenjem se vrednosti niso spreminjale. Po devetih mesecih skladiščenja je bilo več suhe teže v peteršilju 'Hamburg' in v vzorcih, ki niso bili blanširani.

Blanširanje signifikantno zmanjša vsebnost vitamina C (47-51 %), večje izgube so v listnatem peteršilju. 47-58 % izgube vitamina C po blanširanju treh različnih vrst listnate zelenjave. Zamrznjen peteršilj, ki ni bil blanširan je vseboval signifikantno višje vsebnosti vitamina C kot blanširani. V času skladiščenja se je vsebnost vitamina C postopoma zmanjševala. Delež izgube je bil izrazito večji pri peteršilju, ki ni bil blanširan pred zamrzovanjem. Izgube so bile še večje pri višjih temperaturah shranjevanja (Lisiewska in Kmiecik, 1997).

Po devetih mesecih hranjenja je vsebnost vitamina C v 100 g materiala variirala od 24 do 136 mg, to je 10-44 % prvotne količine v svežem materialu. V tem času je bila vsebnost vitamina C v listih peteršilja Hamburg 38 % višja kot pri listnatem peteršilju, 37 % višja v blanširanih listih kot v neblanširanih in 238 % višja v listih, shranjenih pri -30 °C kot pri tistih, ki so bili shranjeni pri -20 °C – neblanširani listi in 24 % večja pri sitih temperaturah in blanširanih listih. Seveda je treba poudariti, da so razlike manjše pri krajšem času shranjevanja. Jurics (1970) je v svoji študiji blanširano zelenjavo hranil od -18 °C – 28 °C in ugotovil, da je ohranitev vitamina C večja pri nižjih temperaturah za 9-11 %, odvisno od vrste zelenjave. Seveda s poudarkom, da delež L-askorbinske kisline in vitamina C hitro pada v listih, shranjenih pri višjih temperaturah, še posebno pri neblanširanih. To pomeni, da je ta delež upada po devetih mesecih približno 10 % pri -20 °C in 30 % pri -30 °C za neblanširane vzorce in za blanširane od 70 do 98 %, odvisno od vzorca (Lisiewska in Kmiecik, 1997).

Blanširanje ne zmanjša signifikantno stopnjo  $\beta$ - karotena v listih. Nutting s sod. (1970) (Jaworska, 2005) je ugotovil, višjo vsebnost  $\beta$ -karotena po blanširanju kot pa v neobdelanem materialu. Ugotovil je tudi, da blanširanje prepreči signifikantne izgube  $\beta$ -karotena pri procesu zamrzovanja in nadaljnega zmrzovanja. Zamrzovanje neblanširanih listov je imelo signifikantne izgube, medtem ko blanširani listi niso imeli signifikantnih izgub. Po devetih mesecih hranjenja blanširanih listov so bile te izgube 4 % za peteršilj Hamburg in za listnati peteršilj 22 %, ne glede na temperature skladiščenja. Pri neblanširanem peteršilju, ki se je

skladiščil pri -30 °C, so bile izgube 5-11 % in pri -20 °C so bile 29 % za peteršilj Hamburg pa do 49 % za listni petrešilj. Največje izgube so bile v prvih treh mesecih skladiščenja.

Nitrati so naravna komponenta v zelenjavi in so bolj nezaželjeni, saj se lahko reducirajo do toksičnih nitritov. Blanširanje signifikantno zmanjša nitrate in nitrite, nitrate za 22-33 %, nitrite pa za 43-55 %, večji % zmanjšanja je tudi tokrat pri peteršilju Hamburg. Podobne rezultate za nitrate in nitrite so dobili Niedzielski in Mokrosinka (1982), ter Sistrunk in Cash (1975), ko so analizirali brstični ohrovt in špinačo (Lisiewska in Kmiecik, 1997).

Med zmrzovanjem je stopnja nitratov signifikantno naraščala, razen pri blanširanem listnatem peteršilju, nitriti pa so upadli, vendar ne signifikantno. V splošnem vsebnost nitritov narašča z višjo temperaturo skladiščenja in padajo pri nižjih, še posebno pri listnatih vrstah peteršilja. Po devetih mesecih skladiščenja vsebuje listnati peteršilj 78-153 % nitratov in 23-136 % nitritov v primerjavi z začetnim materialom. V glavnem listnati peteršilj vsebuje signifikantno več nitratov in ne signifikantno manj nitritov kako pa hamburški peteršilj. Ti rezultati tudi potrjujejo trditev, da askorbinska kislina v določenih pogojih zavira formiranje nitritov; v vzorcih, ki imajo večjo vsebnost askorbinske kisline, je manjša vsebnost nitritov (Lisiewska in Kmiecik, 1997).

Konzerviranje peteršiljevih listov v obliki stisnjenih kock je primerna metoda za shranjevanje peteršilja, če se zagotovi ohranitev vitamina C in  $\beta$ -karotena v zadostni količini. Blanširanje se lahko opusti, če se peteršilj hrani pri -30 °C, pri višjih temperaturah hranjenja pa je potrebno blanširanje in olajša izdelavo kock. Za zamrzovanje je primernejši hamburški peteršilj, ki ima signifikantno višjo vsebnost vitamina C in signifikantno nižjo vsebnost nitratov (Lisiewska, Kmiecik, 1997).

### **Cvetača in brokoli**

Križnice so vir glukozinolatov, fenolnih spojin, antioksidantov kot so vitamin C, K1... in mineralov kot so Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn.... Antioksidanti in fenoli, ki jih zaužijemo z brokolijem lahko zmanjšajo tveganje za zbolevanje z določenimi oblikami raka. Z listnim sokom zdravijo bradavice na koži. Brokoli vsebuje bioaktivne snovi, ki delujejo proti raku na prsni, na prostati, krvnem raku, regulirajo rast celic v prebavilih in uničujejo rakave celice v debelem črevesu. Delujejo proti oksidativnim poškodbam v celicah, delujejo zaščitno pri srčnožilnih boleznih in pri okužbah s *Helicobacter pylori* (Moreno in sod., 2006).

Med križnicami se pri nas sicer v vsakdanji prehrani več uporablja zelje, vendar ima cvetača boljšo prehransko vrednost in več vitamina C. Gnojenje z dušikom sicer povečuje pridelek, vendar pa se s tem lahko prekomerno akumulirajo nitrati. Gnojenje z dušikom v količini 80 in 120 kg N/ha, se signifikantno poveča pridelek cvetače: 80 kg N/ha je pridelek cvetače 26,5 t/ha; 120 kg N/ha je pridelek cvetače 31,0 t/ha. Pri brokoliju: 80 kg N/ha je pridelek 19,1 t/ha, pri gnojenju 120 kg N/ha pa je pridelek 23,2 t/ha. Z gnojenjem 120 kg N/ha je večji pridelek glavic in so bolj kompaktne. Z višjo dozo gnojenja z dušikom, se tudi pridelek nekoliko kasneje pobira, vendar le za 3-5 dni.

Takoj po pobiranju pridelka je vsebnost suhe snovi v cvetači in brokoliju rahlo manjša pri gnojenju z višjo količino dušika, pa vendar ne signifikantno. Podobno sta ugotovila tudi Jha in sod. (1973) in Nilsson (1980) (Lisiewska in Kmiecik, 1996).

Blanširanje zmanjša vsebnost suhe snovi v cvetači za 9-10 % in v brokoliju za 18-20 %. Če primerjamo brokoli in cvetačo, pri blanširanju izgubi brokoli veliko več suhe snovi, verjetno zaradi strukture brokolija, ki ima največjo izgubo v svojih glavicah, ki vsebujejo več vode.

Pri zamrzovanju in hranjenju za 12 mesecev, se verjetno zaradi sublimacije ledu, poveča vsebnost suhe snovi za 1-4 % več kot pri blanširani zelenjavi in je ta stopnja 9,0-9,5 % v brokoliju in v cvetači 7,8-8,2 %. Povečanje suhe snovi v zamrznjenih proizvodih je manjša pri – 30 °C in pri cvetači za eno tretjino manjše povečanje kot pri brokoliju, verjetno zaradi večje kompaktnosti glav cvetače in posledično manjše površine.

### Nitrati v brokoliju in cvetači

Vsebnost nitratov v sveži zelenjavi variira od 55,0 do 130,5 mg N-NO<sub>3</sub>/kg, kar predstavlja povprečje akumuliranja nitratov. S povečanjem količine gnojenja z N od 80 do 120 kg N/ha, zraste vsebnost nitratov za 44 % v brokoliju in za 33 % v cvetači, kar potrjuje vlogo gnojenja z dušikom in akumuliranje teh snovi.

V svojih študijah so ugotovili Lisiewska, 1986; Lisiewska in Kmiecik, 1989; Lisiewska in sod., 1994, da se v glavnem pri vseh tehnoloških postopkih v procesu zmrzovanja neznatno zmanjša vsebnost nitratov in zveča vsebnost nitritov (Lisiewska in Kmiecik, 1996).

Preglednica 14: Vsebnost suhe snovi, vitamina C nitratov in nitritov pri različnem gnojenju zelenjave (Lisiewska in Kmiecik, 1996)

Table 14: Content of dry matter, nitrates, vitamin C and nitrites at different fertilization of vegetables (Lisiewska and Kmiecik, 1996)

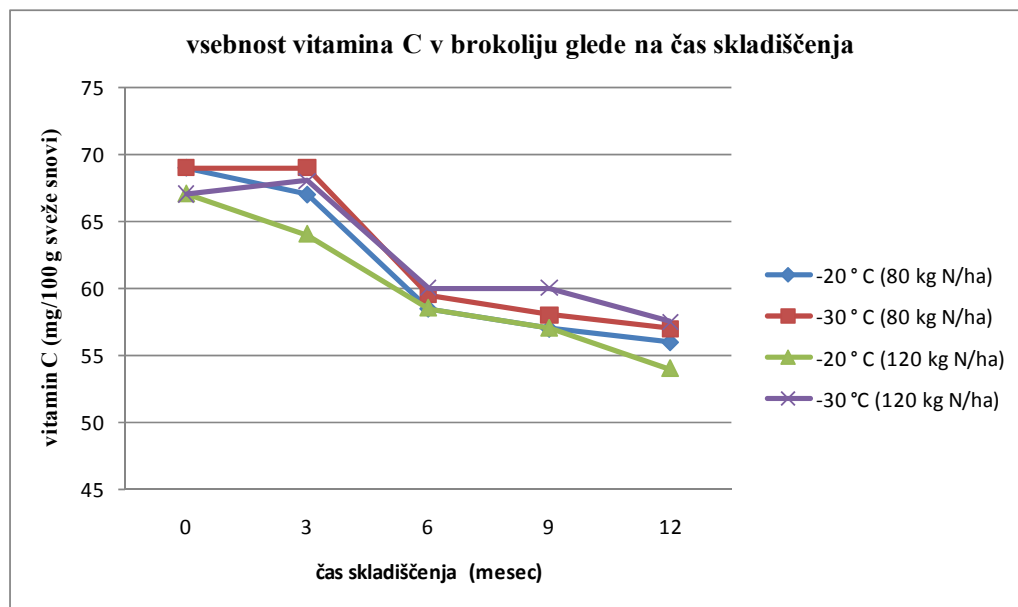
zelenjava	gnojenje (kg N/ha)	suha snov (%)	sveža snov		
			vitamin C (mg/1000 g)	N-NO <sub>3</sub> (mg/1000 g)	N-NO <sub>2</sub> (mg/1000 g)
brokoli	80	11,5	116,4	55,0	0,15
	120	11,4	116,3	79,4	0,20
cvetača	80	8,7	64,7	98,0	0,28
	120	8,4	60,5	130,5	0,46

### Vitamin C v brokoliju in cvetači

Vsebnost vitamina C je bila v brokoliju skoraj dvakrat tolikšna kot v cvetači (preglednica 10). Podobno relacijo je ugotovil Albrecht in sod. (1991) (Lisiewska in Kmiecik, 1996). Statistično signifikanten učinek gnojenja z dušikom na vitamin C je bil pri cvetači, kljub temu da je bila razlika le 6 % v korist pridelku, ki je bil gnojen z nižjo dozo. Jha in sod. (1973), Nilsson (1980) in Szwonek in Michalik (1991) (Lisiewska in Kmiecik, 1996) so ugotovili, da gnojenje z dušikom ne vpliva na vsebnost vitamina C v cvetači. Maurya in sod. (1992) (Lisiewska in Kmiecik, 1996) pa ugotavlja, da z višjo dozo gnojenja, cvetača vsebuje signifikantno več vitamina C. Razmerje med dehidroaskorbinsko kislino in skupno askorbinsko kislino je majhno v sveži cvetači in brokoliju. Podobno je ugotovil tudi Bushway in sod. (1989) (Lisiewska in Kmiecik, 1996).

Če je večja začetna vsebnost vitamina C višja, so tudi izgube med blanširanjem večje. To tendenco so opazovali tudi pri drugih vrstah zelenjave (Lisiewska in Kmiecik, 1996). Zmanjšanje vitamina C zaradi blanširanja je bilo 41-42 % pri brokoliju in 28-32 % pri cvetači.

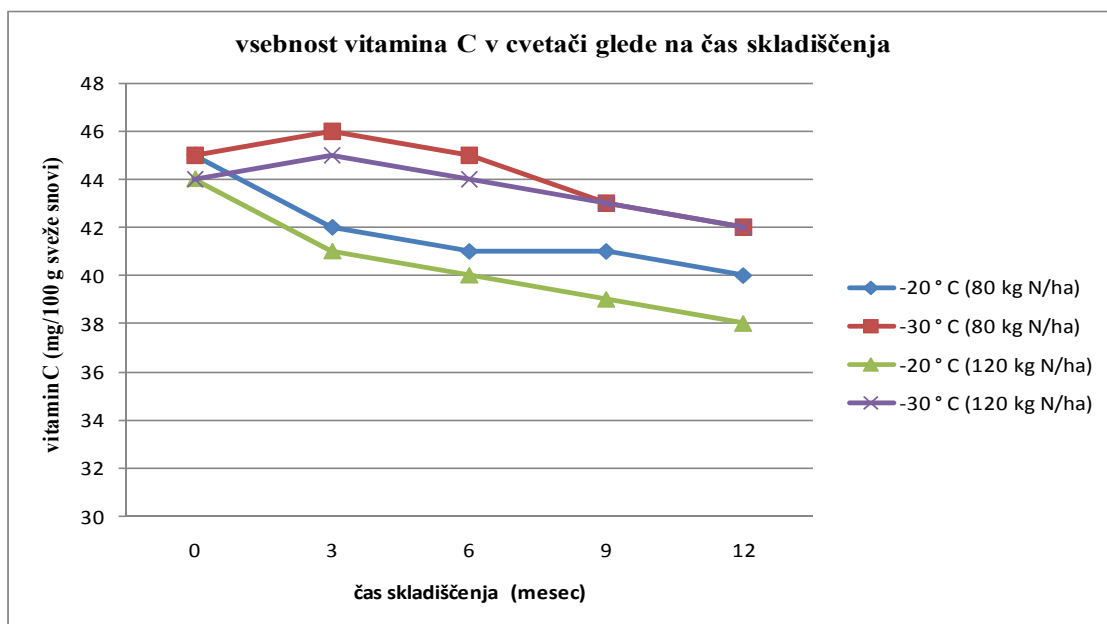
Po blanširanju je bil delež dehidroaskorbinske kisline v vitaminu C 19-27 % pri brokoliju in 2-3 % pri cvetači. Zamrzovanje ni spremenilo stopnje vitamina C, vendar pa je rasel delež dehidroaskorbinske kisline. Takoj po zamrzovanju je bila vsebnost vitamina C 67,2-68,6 mg na 100 g pri brokoliju in 44,0-45,2 mg na 100 g pri cvetači. Pri dveh vrstah, ki sta bili pognojeni z nižji dozo dušika, je bila vsebnost vitamina C neznatno večja. Statistično signifikantno razliko so opazili le med dvema vzorcema brokolija, ki je bil skladiščen 3 mesece in cvetače, ki je bila skladiščena 3 in 6 mesecev. Pri cvetači se je ta tendenca obdržala skozi celotno trajanje skladiščenja, medtem ko se to pri brokoliju ni pokazalo. Izgube vsebnosti vitamina C v 12 mesecih skladiščenja v primerjavi z vsebnostjo vitamina C takoj po zamrzovanju, so 15-18 % pri brokoliju in 6-13 % pri cvetači. Razlike v vsebnosti vitamina C znotraj vrste po dvanajstih mesecih skladiščenja, so zelo majhne: brokoli je vseboval 55-57 mg vitamina C na 100 g sveže mase in cvetača 30-42 mg vitamina C na 100 g sveže mase (Lisiewska in Kmiecik, 1996).



Slika 10: Vsebnost vitamina C v brokoliju glede na čas skladiščenja in količino gnojenja z dušikom (Lisiewska in Kmiecik, 1996)

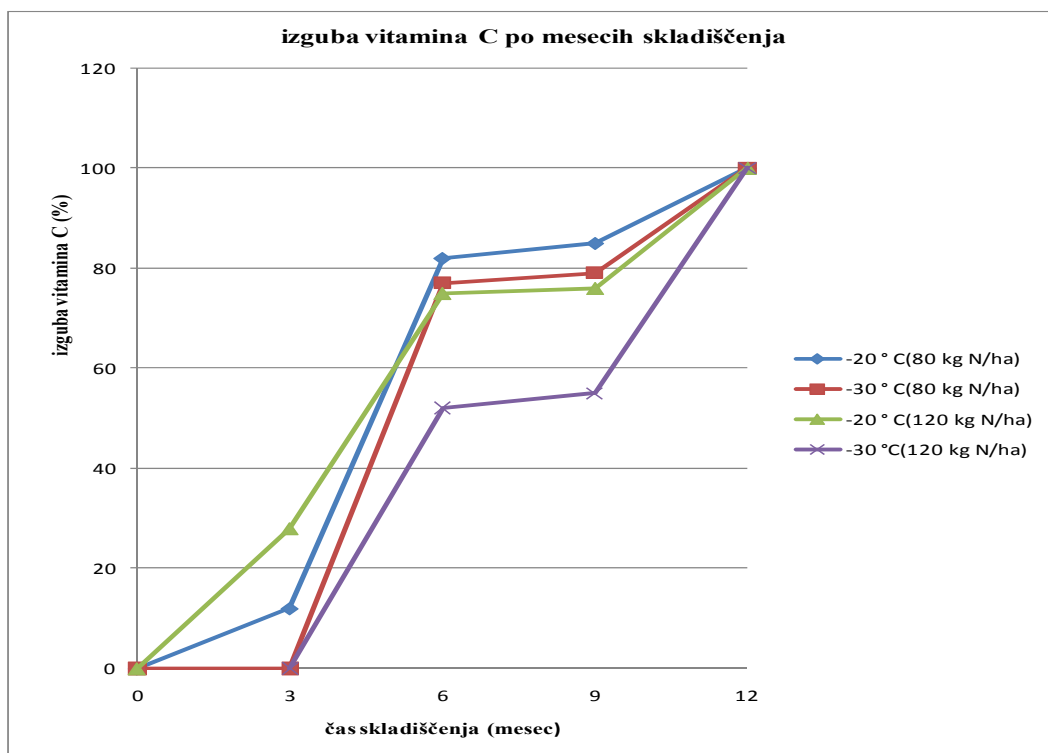
Figure 10: The content of vitamin C in broccoli according to storage time and the amount of nitrogen fertilization (Lisiewska and Kmiecik, 1996)





Slika 11: Vsebnost vitamina C v cvetači glede na čas skladiščenja in količino gnojenja z dušikom (Lisiewska in Kmiecik, 1996)

Figure 11: The content of vitamin C in cauliflower according to storage time and quantity of nitrogen fertilization (Lisiewska and Kmiecik, 1996)



Slika 12: Graf porazdelitve izgube vitamina C (%) po 3, 6, 9 in 12 mesecih v brokoliju (Lisiewska in Kmiecik, 1996)

Figure 12: Graph of distribution of losses of vitamin C (%) after 3, 6, 9 and 12 months in broccoli (Lisiewska and Kmiecik, 1996)

Po dvanajstih mesecih skladiščenja naj bi bile izgube vsebnosti vitamina C 100 %. Izgube naj bi bile odvisne od temperature skladiščenja in vrste. Vsebnost vitamina C v brokoliju se v treh mesecih skladiščenja pri -30 °C ne spremeni, vsebnost v cvetači pa se ne spremeni v šestih mesecih, medtem ko so pri -20 °C izgube vsebnosti vitamina C približno enako razporejene skozi vseh dvanajst mesecev.

Če primerjamo vsebnost vitamina C takoj po zamrznitvi in vsebnost po dvanajstih mesecih skladiščenja, so te izgube 15-18 % pri brokoliju in 6-13 % pri cvetači. Izgube skozi celoten proces zmrzovanja so glede na sveži material 51-53 % in 32-37 %. Pri obeh vrstah so izgube manjše ob skladiščenju pri -30 °C, največje razlike ne presežejo 7 %. V času skladiščenja je delež dehidroaskorbinske kisline in vitamina C 2-34 %.

Izgube vsebnosti vitamina C, ki so tukaj ocenjene, se ne da primerjati z drugimi študijami, zaradi različnih kultivarjev, temperature in časa skladiščenja (vendar so na splošno manjše kot pri tej študiji (Lisiewska in Kmiecik, 1996).

Blanširanje ene vrste rdeče, dveh belih in dveh zelenih vrst cvetače je pokazalo izgube 31 % glukozinolatov, v povprečju 19 % AA, 15 % fenolov, 15 % antocianov, pri rdeči cvetači pa še precejšno razbarvanje. Enoletno zmrzovanje pa je pokazalo 24 % izgubo AA za vse kultivarje razen za rdečega, ter nekaj izgube fenolov, ni pa pokazalo izgube antocianov in manjši vpliv na barvo cvetače (Volden in sod., 2009).

Hranjenje ohrovta pri 1 °C za 2-6 tednov ni imelo vpliva na antioksidacijsko kapaciteto, skupne fenole, flavonole, zmanjšala pa se je vsebnost vitamina C in topnih sladkorjev. Največje spremembe so se pokazale na ohrovtu, ki je ostal na polju dodatnih šest tednov, ko je bilo že precej zmrzali. V teh rastlinah so se zmanjšali flavonoli, skupni fenoli in antioksidacijska kapaciteta za 25-35 %, vitamin C pa za več kot 50 %, topni sladkorji in suha snov so se povečali približno za 20 % sladkorji in 30 % suha snov (Hagen in sod., 2009).

### **Naravni antioksidanti in antioksidativna aktivnost pri križnicah**

V zadnjih letih se je povečala pozornost zdravemu prehranjevanju. Določene epidemiološke študije dajejo poudarek večjemu uživanju zelenjave, da bi s tem zmanjšali tveganje za obolevnostjo številnih kroničnih bolezni, kot so arterioskleroza in rak. Ti pozitivni efekti naj bi bili na račun sestavin, ki imajo antioksidativno aktivnost. Večina antioksidantov v zelenjavi so vitamini C in E, karotenoidi in fenolne spojine, še posebno flavonoidi.

Med naravnimi antioksidanti se vitamin C smatra kot kazalec kakovosti obdelave hrane, zaradi visoke stopnje topnosti v vodi in nizke obstojnosti med toplotno obdelavo.

Zelenjavo iz rodu Brassica se po spravilu do prodaje in porabe hrani pri sobni temperaturi ali pri nižjih temperaturah. Na splošno zelenjava hitro izgublja askorbinsko kislino pri sobnih temperaturah. Favell (1998) je ugotovil zagotovo hitro izgubo askorbinske kisline med skladiščenjem brokolija po 7 in 14 dneh pri 20 °C, ki je padla na 44 % in na 28 % prvotne količine. Ko so skladiščili brokoli pri 4 °C, se je askorbinska kislina obdržala in ni bilo izgub po 7 dneh, po 21 dneh pa je bila izguba le 20 %.

Brokoli, cvetača in brstični ohrovt so na voljo za uporabo celo leto kot globoko zamrznjena hrana. Pred zamrzovanjem se zelenjava opere, včasih reže, kuha na pari, blanšira v vodi, z namenom, da bi se onespobili encimski sistemi, še posebno oksidativni encimi (polifenol oksidaza, askorbinske oksidaza, peroksidaza). Izgube vitamina C med blanširanjem so

odvisne od vrste zelenjave. Stopnja ohranitve vitamina C je po blanširanju (3 minute, 96 °C) cvetače 84 %, zelja pa okoli 70 %, verjetno zaradi rezanja na manjše kose. Nizko obstojnost vitamina C pri enaki temperaturi sta opazovala Lisiewska in Kmiecik, (1996) in ugotovila, za cvetačo 28-32 % izgubo vitamina C, pri 4 minutah blanširanja in pri 3 minutah blanširanja brokolija 41-42 % izgubo. Podobne rezultate je za brstični ohrovt dobila Czarniecka-Skubina leta 2002 (Podsdek, 2005). Po 4,5 minutah in pri 95 °C blanširanja, nato še zamrzovanja, so bile izgube vitamina C 34 %. Blanširanje brokolija na pari je zmanjšalo koncentracijo askorbinske kisline za 30 % (Podsdek, 2005).

Zelje je pomemben vir antioksidantov, ki je na voljo skozi celo leto. Hounsone s sodelavci (2009) je opazoval spremembe antioksidantov skozi šest mesecev hranjenja zelja v hladilnici v naravnih zračnih pogojih. Zelje so pobrali v novembru in ga hranili do maja. Sveže pobrano zelje je vsebovalo največ askorbinske kisline in piridoksina, vitamini B3, B5 in D2 so bili pod mejo detekcije. Po prvih treh mesecih hranjenja se je pokazala izgiba piridoksina in približno 80 % askorbinske kisline. Na koncu hranjenja pa se je povečala vsebnost askorbinske kisline in vitaminov B3 in B5, kar bi lahko bilo odraz priprave zelja na novo rastno sezono. V sveže pobranem zelju je tudi veliko različnih flavonoidov. Več kot polovica teh se zgublja med pet mesečnim hranjenjem zelja, vendar na koncu hranjenja se poveča vsebnost nekaterih flavonoidov (Hounsone in sod., 2009).

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 MATERIAL

Za vzorčni material smo vzeli vzorce trinajstih različnih vrst zelenjave iz skladišča trgovine Mercator, v Zalogu, po poreklu iz Italije in sicer: solato kristalko, cikorijo, rdeči radič, špinačo, endivijo, zeleno, rukvico, motovilec, solato berivko, listnati peteršilj, cvetačo ter kitajski kapus po izvoru iz Poljske in regrat nabran na travniškem vrtu, kjer se posebej ne gnoji.

Za analizo smo uporabili različne dele zelenjave: stebila, liste, zunanje dele listov.

#### 3.2 NAČRT DELA

Zelenjavo smo prinesli iz hladilnice trgovine Mercator in še isti dan pripravili vzorce tako, da smo uporabili različne dele posamezne zelenjave:

- pri solati kristalki smo vzorčili zunanje liste-zunanji rob, notranje liste-zunanji rob, steblo, povprečje cele glave
- pri cikoriji smo vzorčili zunanje liste-zunanji rob, notranje liste-zunanji rob, steblo, povprečje cele rastline
- pri radiču Verona smo vzorčili zunanje liste-zunanji rob, notranje liste-zunanji rob, steblo, povprečje cele rastline
- pri špinači smo vzorčili listni pecelj, listno ploskev in povprečje cele rastline
- pri endiviji smo vzorčili zunanje liste-zunanji rob, notranje liste-zunanji rob, steblo
- pri rukvici pecelj, listno ploskev, povprečje cele rastline brez koreninic
- pri motovilcu povprečje cele rastline brez koreninic
- pri kitajskem kapusu zunanje liste-zunanji rob, vreteno
- pri solati berivki povprečje celih listov
- pri listnatem peteršilju listno ploskev, peclje
- pri belušni zeleni listno ploskev, steblo, povprečje cele rastline
- pri regratu povprečje nadzemnega dela rastline
- pri cvetači cvet, liste, vreteno

#### 3.3 METODE DELA

##### 3.3.1 Določanje C vitamina v zelenjavi

###### 3.3.1.1 Priprava vzorca

V plastične centrifugirke smo natrgali in zatehtali 8 g posameznega vzorca in dodali 16 g 2 % raztopine metafosforne kisline, ter homogenizirali vzorec z Ultraturaxom T 25, toliko časa, da je zmes postala homogena. Nato smo centrifugirali 15 minut pri 3000 obratih. Nato smo odpipetirali vzorec v tri Eppendorf centrifugirke, ki smo jih dali zamrzniti na  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Odmrznjene vzorce smo najprej centrifugirali na centrifugi Eppendorf 5415 C 15 minut pri 3000 obratih in filtrirali skozi CA Milipore (0,45 $\mu$ m), pripravili smo eno novo eppendorf centrifugirko, iz katere smo z mikropipeto odpipetirali 470  $\mu$ l vzorca v dve viali, ter v eno vialo dodali 940  $\mu$ l metafosforne kisline, v drugo pa 940  $\mu$ l reducenta TCEP, tako da smo dali najprej reducent, nato pa vzorec. Tako pripravljene vzorce smo dobro premešali in nato naredili analizo s HPLC metodo.

Vitamin C definiramo kot seštevek askorbinske kisline in dehidroaskorbinske kisline. S pomočjo reducenta TCEP dehidroaskorbinsko kislino pretvorimo v askorbinsko kislino, ki jo lahko določimo z opisano metodo HPLC.

#### Priprava 2 % metafosforne kisline

Kristale metafosforne kisline smo v talilnici zdrobili v prah in 20 g zatehtali v 400 ml čašo in dodali destilirano vodo. Vse skupaj smo mešali toliko časa, da so se drobcji metafosforne kisline raztopili. Raztopino smo prelili v 1000 ml bučo in dopolnili z destilirano vodo do oznake.

#### Priprava reducenta 10 mM TCEP (tris (2-karboksietil) fosfin hidroklorid)

V 15 ml centrifugirko smo zatehtali 34,4 mg TCEP in raztopili v 12 ml MFK. Vse skupaj smo dobro premešali in dali v hadilnik.

#### 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Pretok mobilne faze: 0,6 ml/min

Volumen injiciranja: 10  $\mu$ l

Detektor : UV – VIS, 245 nm, Knauer

#### Izračun koncentracije askorbinske kisline

S standardi smo določili umeritveno krivuljo

$$y = 0,8485 x$$

x: površina spektroskopskega vrha vzorca pri ustrezni koncentraciji

y: koncentracija askorbinske kisline (mg/l)

S pomočjo umeritvene krivulje smo izračunali vsebnost askorbinske kisline v vzorcu zelenjave, pri predpostavki, da je gostota vzorca enaka 1,0 kg/l, sledi, da je koncentracija askorbinske kisline v mg/l enaka vsebnosti askorbinske kisline v mg/kg:

$$\text{Vsebnost askorbinske kisl.} = \frac{m \cdot y}{m_{vz} \cdot 10} \text{ (mg/100g)}$$

m: masa vzorca zelenjave in 2 %metafosforne kisline (g)

$m_{vz}$ : masa vzorca zelenjave

y: vsebnost askorbinske kisline (mg/1000 g)

### **3.3.2 Določanje vsebnosti nitratov v radiču**

#### 3.3.2.1 Priprava vzorca

Posamezne dele različnih vrst zelenjave smo zatehtali 2,5 g v epruvete in dodali do 20 g destilirane vode s temperaturo 60-70 °C, sesekljali z Ultratourax-om T25 pri 1600 obratih, ostanek vzorca smo izprali s 4 g destilirane vode, ki je ravno tako imela 60-70 °C. Nato smo epruvete segrevali postavili v vodno kopel za 15 minut na 60 -70 °C. Po 15 minutah smo jih ohladili na sobno temperaturo in nato filtrirali preko filtrirnega papirja in filtrat kvantitativno prenesli v epruvete ter zmrznili na – 18 °C do analize. Analizo smo opraili z aparatom AUTONALYZER II pri 520 nm, v laboratoriju za mikrobiologijo, Oddelek za živilstvo.

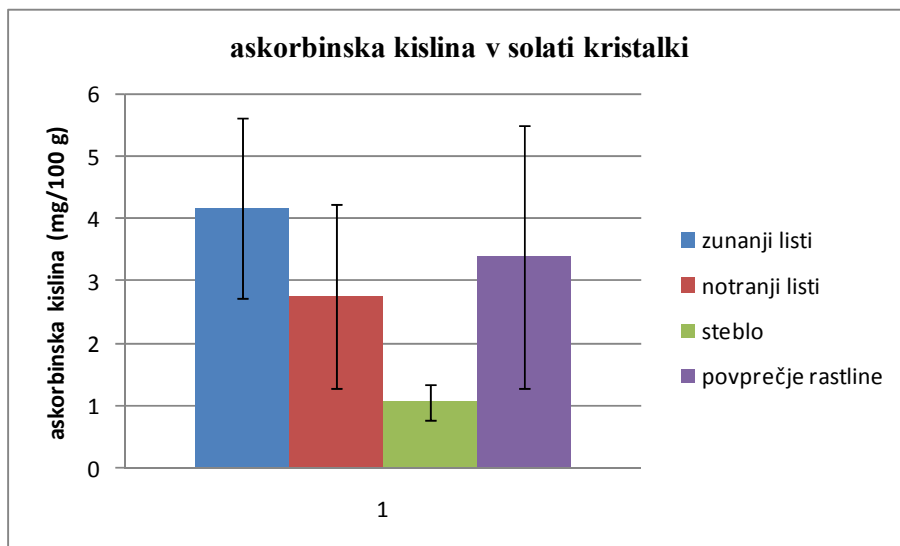
#### 3.3.2.2 Statistična analiza

Rezultati meritev so odani v grafikonih s povprečnimi vrednostmi in s pripadajočo standardno napako. Za izračun aritmetičnih sredin in standardnih odklonov ter grafične predstavitve rezultatov smo uporabili program Microsoft Office Excel 2007.

## 4 REZULTATI

### 4.1 VITAMIN C

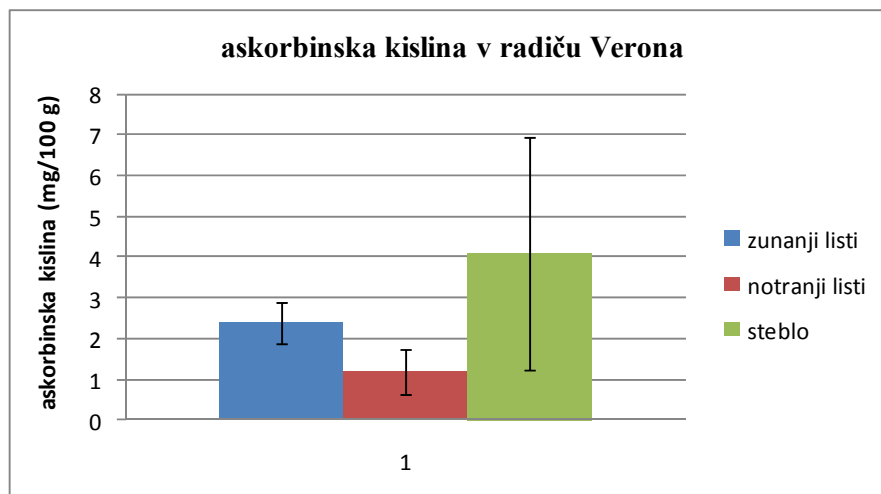
Rezultati vsebnosti vitamina C in askorbinske kisline v posameznih vrstah zelenjave so podani v histogramih.



Slika 13: Vsebnost askorbinske kisline v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih- zunanji rob, v steblo, ter v povprečju solate kristalke (mg/100 g)

Figure 13: Content of ascorbic acid in outer leaves-outer edge, in inner leaves-outer edge and in an average of iceberg lettuce

Slika 13 prikazuje podatke o vsebnosti askorbinske kisline v solati kristalki v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob, ter v steblo v mg/100 g sveže mase. V zunanjih listih se giblje vrednost askorbinske kisline od 2,6 do 5,4 mg na 100 g vzorca; v notranjih listih od 1,5 do 4,4 mg askorbinske kisline na 100 g vzorca, v steblo pa od 0,9 do 1,4 mg askorbinske kisline na 100 g vzorca. Iz tega lahko razberemo, da je največ askorbinske kisline v zunanjih listih solate kristalke.



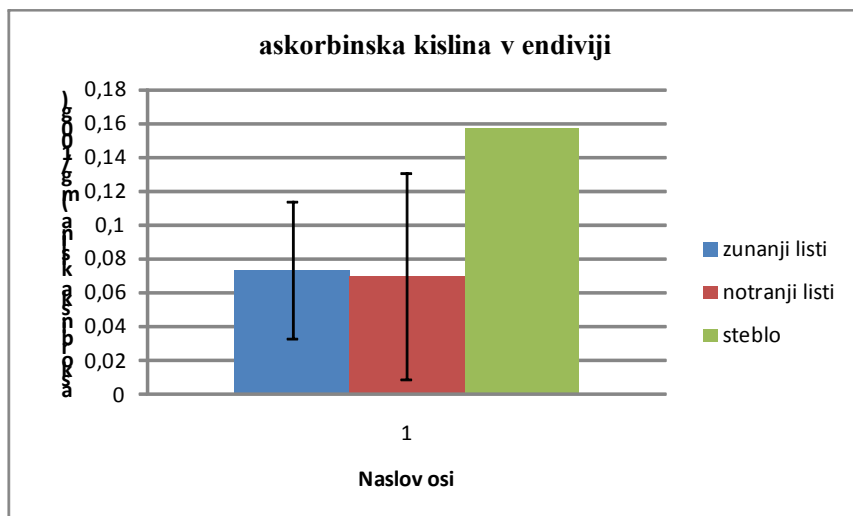
Slika 14: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob in v steblo, v radiču Verona

Figure 14: ascorbic acid content (mg/100 g) in the outer leaves-outer edge, in the inner leaves-outer edge and in the stem of chicory

Slika 14 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v radiču Verona v zunanjih listih–zunanji rob v vrednosti od 2,1 do 2,9 mg na 100 g sveže mase, v notranjih listih–zunanji rob od 0,8 do 1,8 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase, ter v steblo od 1,1 do 6,9 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase. Tu pa se pokaže, da je največ askorbinske kisline v steblo, manj v zunanjih listih in še manj v notranjih listih.

Če primerjamo vsebnost askorbinske kisline v solati kristalki in radiču Verona, lahko vidimo da so vrednosti askorbinske kisline v zunanjih listih, notranjih listih in steblo zelo podobne. Ni bistvenih razlik v posameznih delih rastlin, pri kristalki nekaj manj v steblo, pri radiču pa v notranjih listih.

V naslednji skupini lahko primerjamo endivijo, zeleno, kitajski kapus in berivko.

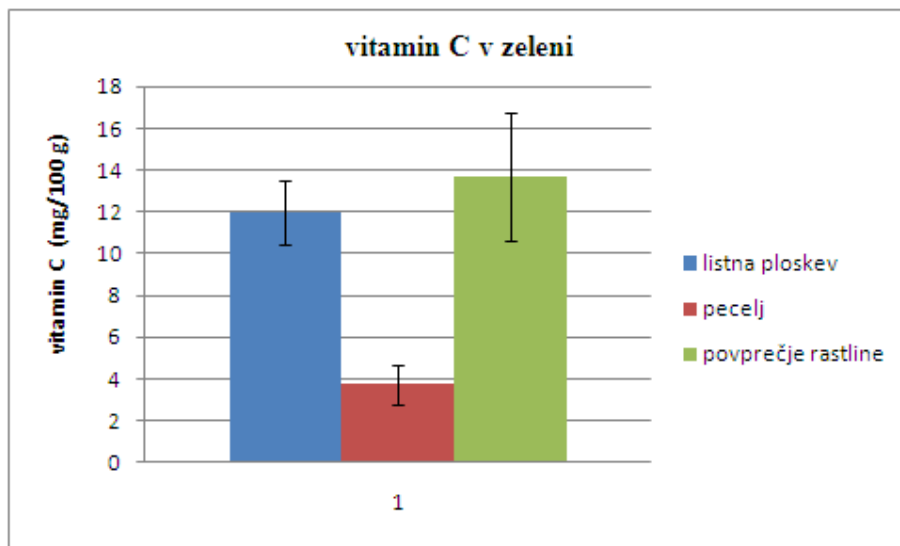


Slika 15: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v endiviji, v zunanjih listih-zunanji rob, v notranjih listih-zunanji rob in v steblo



Figure 15: Ascorbic acid content (mg/100 g) in the endive, in the outer leaves- the outer edge, in the innerleaf-outer edge of the leaf and in the stem

Endivija vsebuje komaj zaznavne količine askorbinske kisline. Zaradi velikih odstopanj med rezultati vsebnosti askorbinske kisline v stebelu endivije, teh nismo mogli prikazati v histogramu.



Slika 16: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v listni ploskvi, v peclju in v povprečju rastline zelene

Figure 16: The vitamin C content in the leaf surface, in the shank and in the average of plant celery

Slika 16 Kot vidimo so tukaj višje vrednosti vitamina C, v listni ploskvi je askorbinske kisline od 10,7 do 13,7 mg na 100 g sveže mase in v peclju od 2,7 do 4,6 mg na 100 g sveže snovi, ter v povprečju cele rastline od 11,8 do 17,2 mg na 100 g sveže mase.

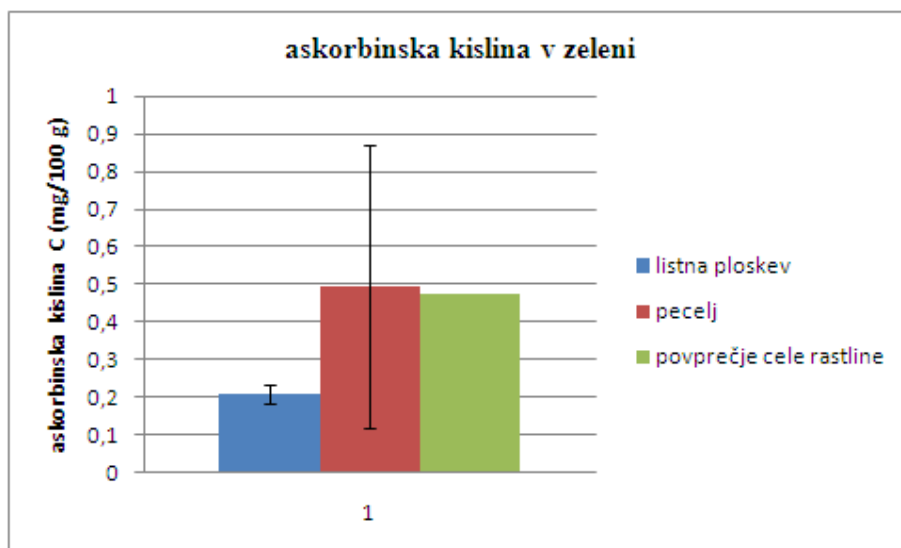
Pri poskusu z zeleno smo uporabili pri pripravi vzorca tudi reducent TCEP. S pomočjo tega postopka pride do redukcije dehidroaskorbinske kisline v askorbinsko kislino. Tako lahko v zelenjavi določimo celokupni vitamin C.

V našem telesu se dehidroaskorbinska kislina pretvori v askorbinsko kislino, zato je vitamin C seštevek askorbinske kisline in dehidroaskorbinske kisline.

Tudi v zeleni je vsebnost vitamina C v preiskovanih vzorcih zelo nizka, nekoliko več vitamina C vsebuje pecelj.

Če primerjamo vsebnosti vitamina C v endiviji in zeleni vidimo, da je vsebnost v obeh dokaj nizka, vendar so vsebnosti desetkrat in več višje v zeleni kot v endiviji. Predvsem v endiviji vitamina C skoraj ni, v zeleni ga je nekaj več v peclju, vendar bi pričakovali višje vrednosti.

Vsebnost celokupnega vitamina C v zeleni je desetkrat višja kot vsebnost askorbinske kisline, večina je bila prisotna v obliki dehidroaskorbinske kisline.



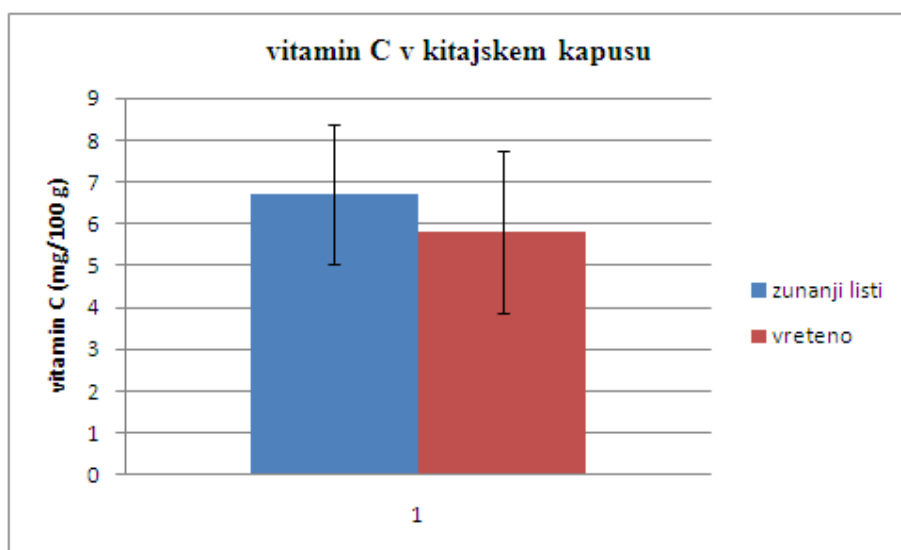
Slika 17: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v zeleni (stebelna), v listni ploskvi, v peclju, v povprečju rastline

Figure 17: Ascorbic acid content in the celery, in the leaf surface, in the stem and in the average plant

Slika 17 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v zeleni, v listni ploskvi v vrednostih od 0,19 do 0,24 mg, v peclju v vrednostih od 0,14 do 0,89 mg, ter v povprečju cele rastline od 0,02 do 1,4 mg vitamina C na 100 g sveže mase. Tudi med vsebnostimi askorbinske kisline v povprečju cele rastline so bila velika odstopanja, zato jih nismo mogli prikazati v histogramu.

Razlika v vsebnosti askorbinske kisline in vitamina C je zelo velika.

Podobno kot pri endiviji in zeleni je tudi pri kitajskem kapusu in berivki. Vitamin C je približno enako razporejen po celi rastlini v kitajskem kapusu, pri berivki smo vzorčili povprečno rastlino in so vsebnosti vitamina C približno enake kot pri kitajskem kapusu.

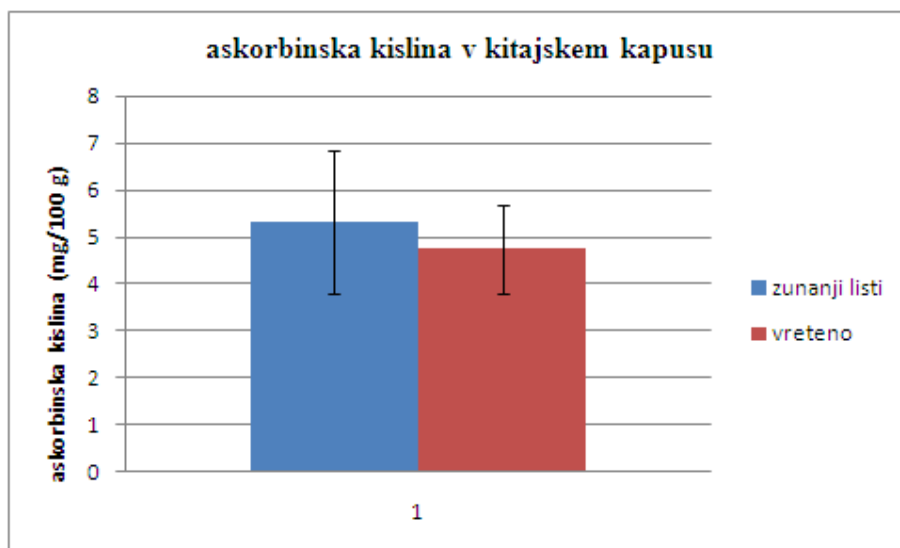


Slika 18: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v zunanjih listih in v vretenu, v kitajskem kapusu

Figure 18: The vitamin C content (mg/100 g) in the outer leaves, in the stalk of the chinese cabbage

Slika 18 prikazuje vsebnost vitamina C v kitajskem kapusu, v zunanjih listih-zunanji rob, ki so od 3,7 do 6,7 mg na 100 g sveže mase, ter v vretenu od 4,0 do 5,8 mg vitamina C na 100 g sveže mase, kar kaže na to, da je vsebnost precej podobna ne glede na del rastline.

Razlika med vsebnostjo vitamina C in askorbinsko kislino v zeleni je minimalna.



Slika 19: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v kitajskem kapusu, v listih in vretenu  
Figure 19: The content of ascorbic acid (mg/100 g) in chinese cabbage, in leaves and stalk

Slika 19 nam v primerjavi s prejšnjo sliko kaže na to da so vrednosti v vretenu in v zunanjih listih zelo podobne. Med vsebnostjo askorbinske kisline in vitamina C v kitajskem kapusu ni velikih razlik.

Preglednica 15: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v solati berivki v povprečju rastline  
Table 15: Ascorbic acid content (mg/100 g) in lettuce berivka of an average plant

ponovitev	vsebnost askorbinske kisline v berivki (mg/100 g)
1	4,22
2	3,82
3	3,97
povprečje	4,00

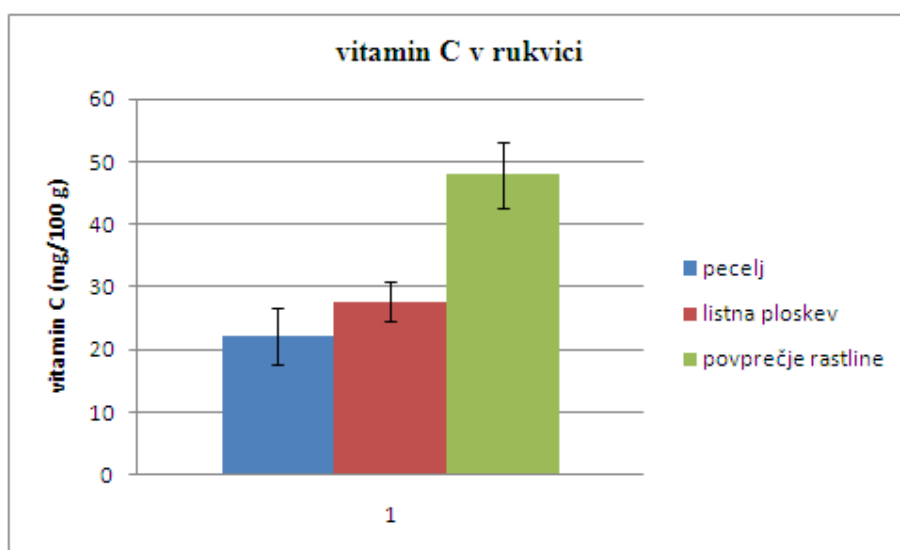
Preglednica 15 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v povprečju cele rastline solate berivke in sicer od 3,8 do 4,2 mg vitamina C na 100 g sveže mase.

Preglednica 16: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v povprečju cele rastline v solati berivki

Table 16: Vitamin C content (mg/100 g) in an average of lettuce berivka

ponovitev	vsebnost vitamina C v berivki (mg/100 g)
1	8,32
2	6,19
3	7,00
povprečje	7,17

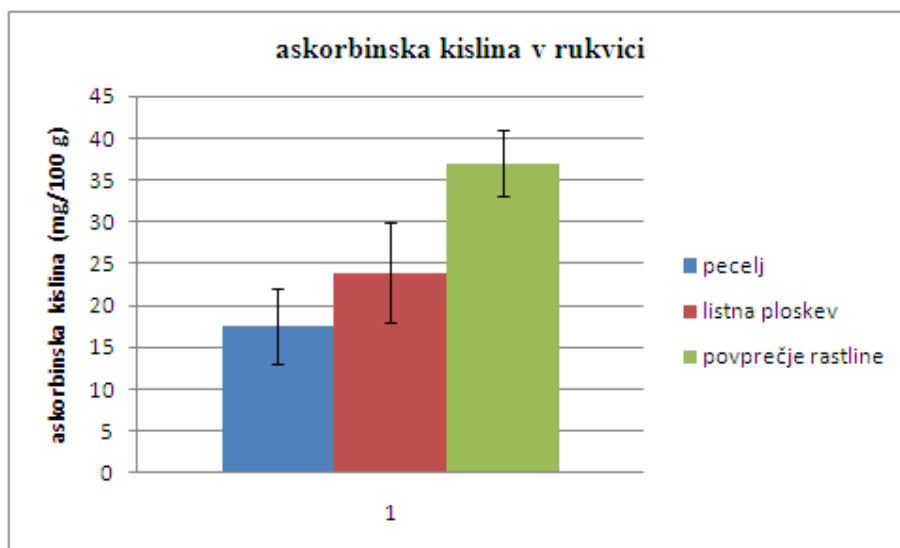
Preglednica 16: zopet pokaže večjo vsebnost vitamina C s takojšnjim dodatkom reducenta v vzorec solate berivke za razliko od prejšnjepreglednice, ki se giblje od 6,2 do 8,3 mg na 100 g sveže mase. Vsebnost askorbinske kisline v berivki je enkrat manjša kot vsebnost vitamina C.



Slika 20: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v rukvici, v peclju, listni ploskvi in povprečju rastline

Figure 20: The content of vitamin C (mg/100 g) of rocket salad, in the stem, in the lamina and in the average of hole plant

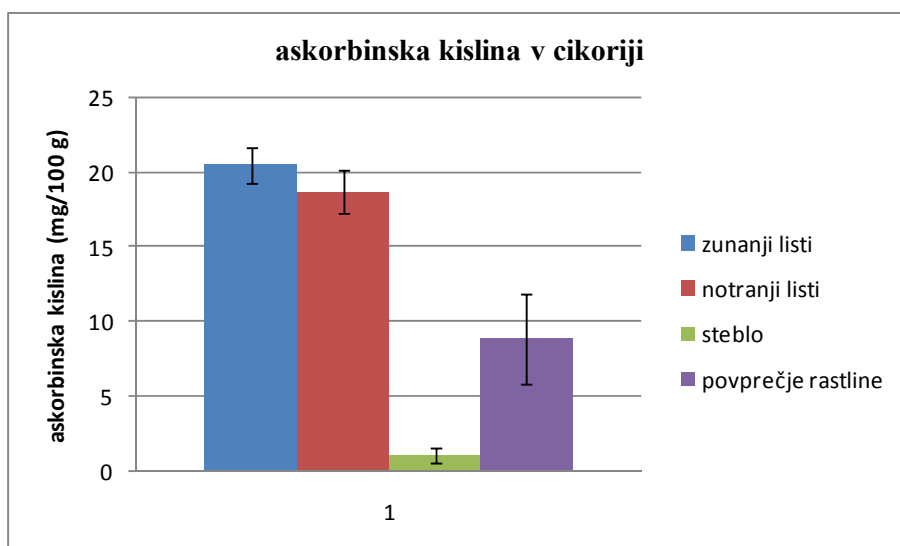
Slika 20 nam prikazuje vrednosti vitamina C v rukvici, ki so v peclju od 19,01 do 25,43 mg, v listni ploskvi pa od 24,44 do 30,65, ter v povprečju cele rastline od 43,61 do 53,87 mg vitamina C na 100 g sveže mase.



Slika 21: Askorbinska kislina (mg/100 g) v peclju, v listni ploskvi in v povprečju rastline rukvice

Figure 21: ascorbic acid content (mg/100 g) in the stem. In the leaf surface and in the average of plant rocket salad

Slika 21 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v rukvici, v peclju od vrednosti 14,3 do 20,6 mg in v listni ploskvi od 17,4 do 29,3 mg ter v povprečju cele rastline 34,4 do 41,4 mg na 100 g sveže snovi.



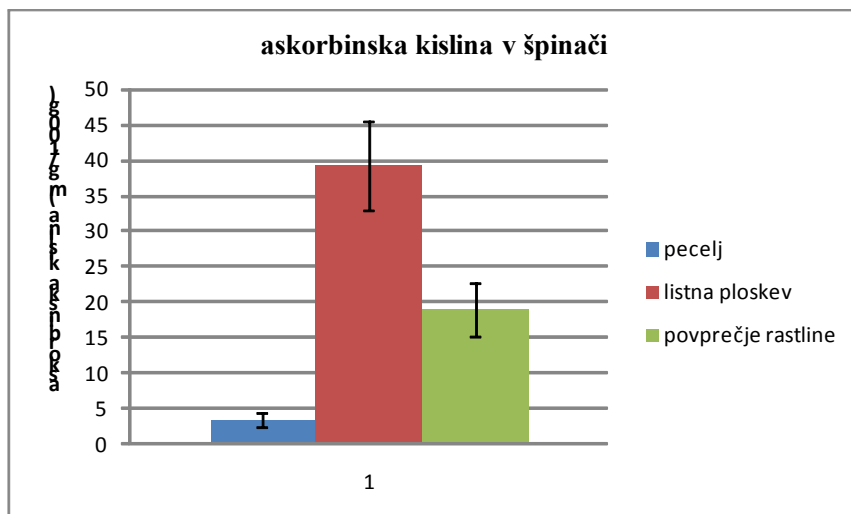
Slika 22: Vsebnost askorbinske kisline v cikoriji, v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih- zunanji rob, v steblo, ter v povprečju rastline cikorije v mg/100 g sveže mase

Figure 22: The content of ascorbic acid in the chicory, in the outer leaves-outer edge, in the inner leaves-outer edge, in the stem and in average of plant chicory (mg/100 g)

Slika 22 prikazuje vrednosti askorbinske kisline v cikoriji, v zunanjih listih-zunanji rob v vrednostih od 19,6 do 21,9 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase, v notranjih listih-

zunanjji rob od 17,4 do 20,2 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase in v stebelu od 0,6 do 1,6 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase. Iz grafa vidimo, da je največ askorbinske kisline v zunanjih listih, zelo podobno v notranjih listih in najmanj v stebelu.

Cikorija in rukvica imata precej podobno vsebnost askorbinske kisline, ki jo je največ v listni ploskvi, vsebnost je približno od nekaj več kot 17 mg/100 g pa do 30 mg/100 g.



Slika 23: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v peclju, v listni ploskvi, v povprečju rastline špinače

Figure 23: Ascorbic acid content (mg/100 g) in the stem, in leaf surface, in the average of spinach plant

Slika 23 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v špinači, v peclju v vrednostih od 2,4 do 4,3 mg askorbinske kisline na 100 mg sveže mase, v listni ploskvi od 34,4 do 46,4 mg in v povprečju cele rastline od 15,1 do 22,6 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase. Vidimo, da je največ askorbinske kisline v listni ploskvi špinače, kar predstavlja večinski delež rastline, v stebelu špinače pa ga je zelo malo.

Preglednica 17: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v povprečju rastline motovilca  
Table 17: Ascorbic acid content (mg/100 g) in the average plant corn salad

ponovitev	vsebnost askorbinske kisline v motovilcu (mg/100 g)
1	43,16
2	29,58
3	33,14
povprečje	35,29

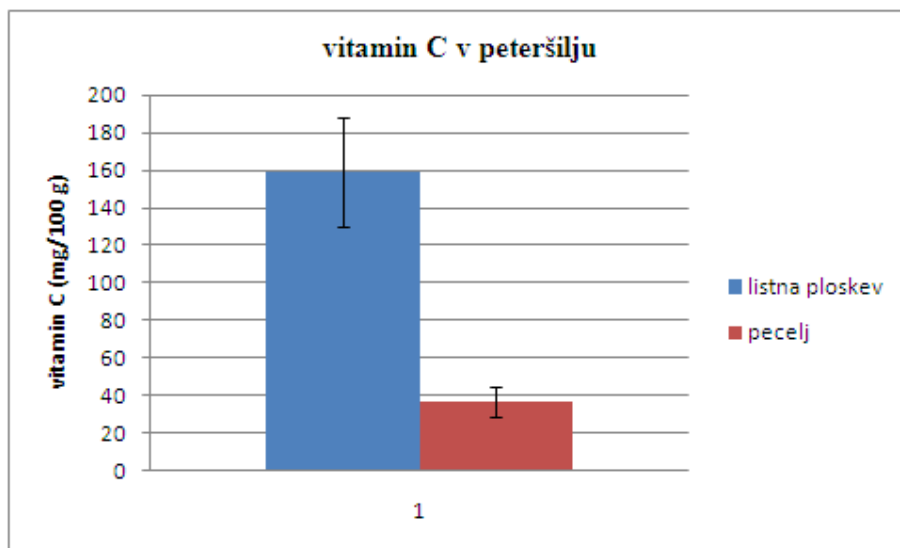
Preglednica 17 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v povprečju cele rastline motovilca, katere vrednosti se gibljejo od 29,58 do 43,16 mg na 100 g sveže mase.

Preglednica 18: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v povprečju rastline motovilca

Table 18: Vitamin C content (mg/100 g) in the average of plant corn salad

ponovitev	vsebnost vitamina C v motovilcu (mg/100 g)
1	48,08
2	36,30
3	38,11
povprečje	40,83

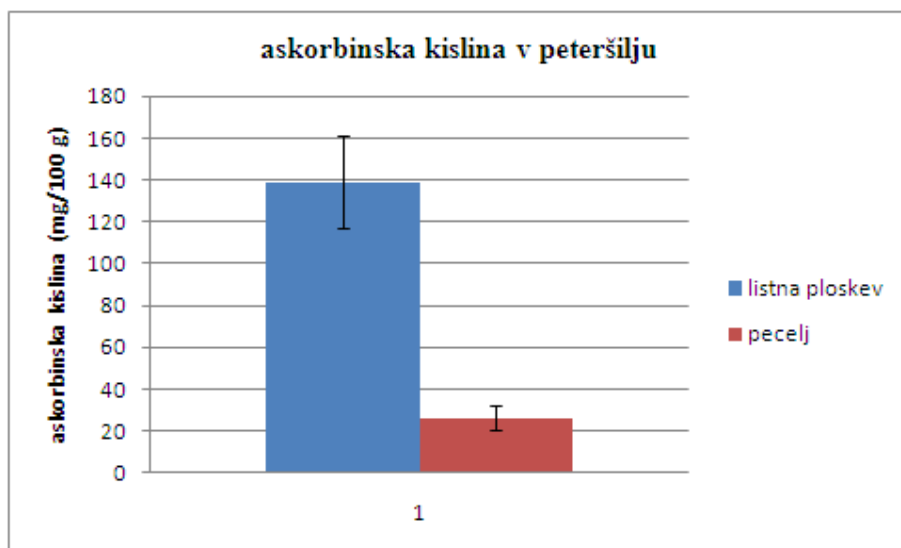
Preglednica 18 nam kaže podatke o vsebnosti vitamina C v mg na 100 g sveže mase v povprečju cele rastline motovilca ob takojšnjem dodatku reducenta v vrednostih od 36,3 do 48,1.



Slika 24: Vsebnost vitamin C (mg/100 g) v listih in v stebelu peteršilja

Figure 24: The content of vitamin C (mg/100 g) in the leaves and in the stem of parsley

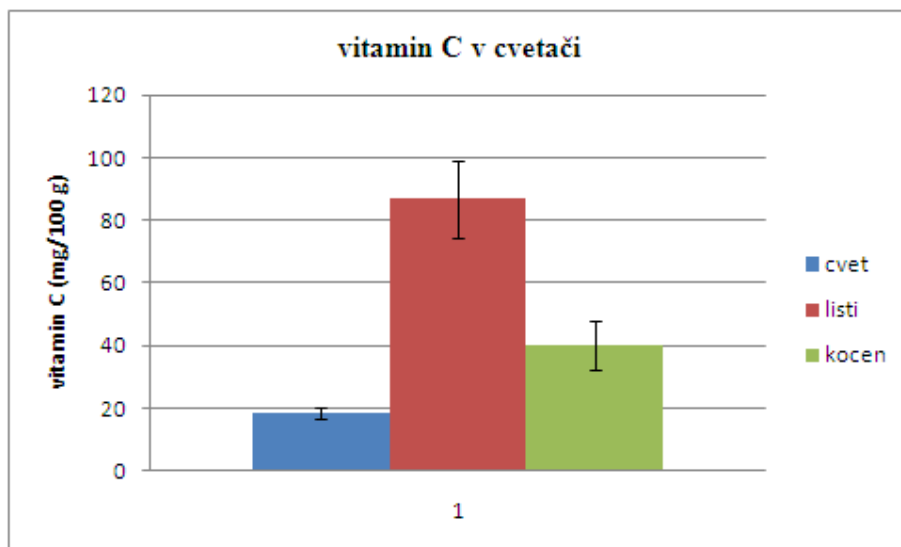
Slika 24 kaže vsebnosti vitamina C v peteršilju in sicer v listni ploskvi od 130,1 do 187,9 mg in v peclju od 28,5 do 44,4 mg na 100 g sveže mase.



Slika 25: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v listni ploskvi in v peclju peteršilja s takojšnjim dodatkom reducenta

Figure 25: The content of ascorbic acid (mg/100 g) in the leaf surface and in the stem of parsley

Slika 25 nam kaže vsebnost askorbinske kisline v peteršilju in sicer v listni ploskvi od 115,4 do 158,5 mg in v peclju od 20,7 do 31,9 mg na 100 g sveže mase. Torej so glavni vir vitamina C v peteršilju listi, veliko manj ga je v pecljih.



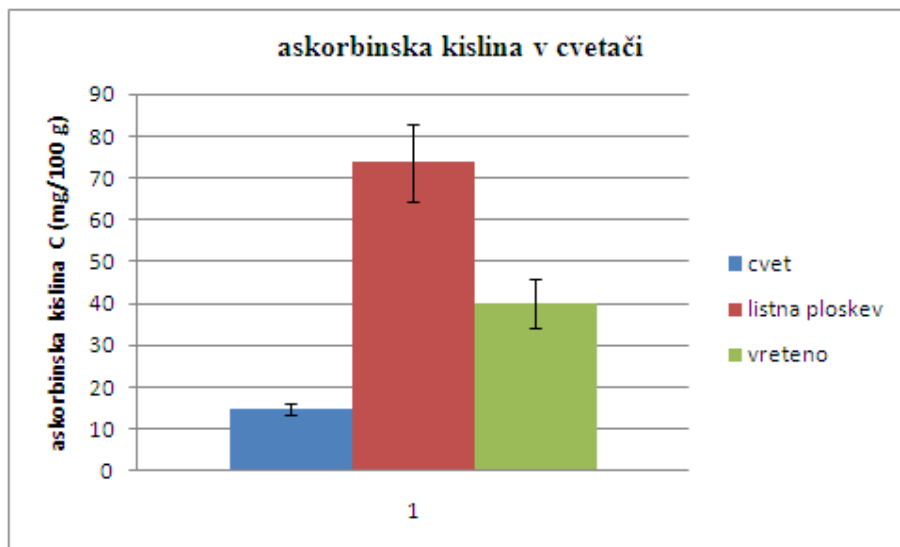
Slika 26: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v cvetu, v listni ploskvi in v vretenu v cvetači

Figure 26: The vitamin C content (mg/100 g) in the flower, in the leaf surface and in the stem of cauliflower

Slika 26 prikazuje vsebnosti vitamina C in sicer v cvetu cvetače od 16,40 do 20,00 mg, v listini ploskvi od 78,33 do 101,04 mg, ter v vretenu od 31,51 do 46,82 mg vitamina C na 100



g sveže mase. Kot lahko vidimo v cvetači ni velikih razlik med vsebnostjo vitamina C in askorbinsko kislino.



Slika 27: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v cvetači v cvetu, v listni ploskvi, v vretenu

Figure 27: The ascorbic acid content (mg/100 g) in the flower, in the leaf surface and in the stem of cauliflower

Slika 27 prikazuje vsebnost askorbinske kisline v cvetači, v cvetu od 13,54 mg do 16,19 mg, v listni ploskvi od 67,32 do 84,31 mg, ter v vretenu od 33,81 do 45,22 mg askorbinske kisline na 100 g sveže mase, torej je največ askorbinske kisline v listni ploskvi in manj v vretenu, najmanj pa v cvetu.

V peteršilju so meritve pokazale najvišje vsebnosti vitamina C, prav tako pa tudi v cvetačnih listih, špinači ter motovilcu.

Preglednica 19: Vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g) v povprečju rastline regrata

Table 19: The content of ascorbic acid (mg/100 g) in the average of dandelion

ponovitev	askorbinska kislina v regratu (mg/100 g)
1	0,89
2	13,58
3	/
povprečje	7,24

Preglednica 19 predstavlja vsebnost askorbinske kisline v regratu, v povprečju cele rastline, v vrednostih od 0,89 do 13,58 mg vitamina C na 100 g sveže mase.

Tretjega vzorca ni, ker je prišlo do poškodbe vzorca.

Preglednica 20: Vsebnost vitamina C v regratu povprečje rastline s takojšnjim dodatkom reducenta

Table 20: The vitamin C content in the average of plant dandelion

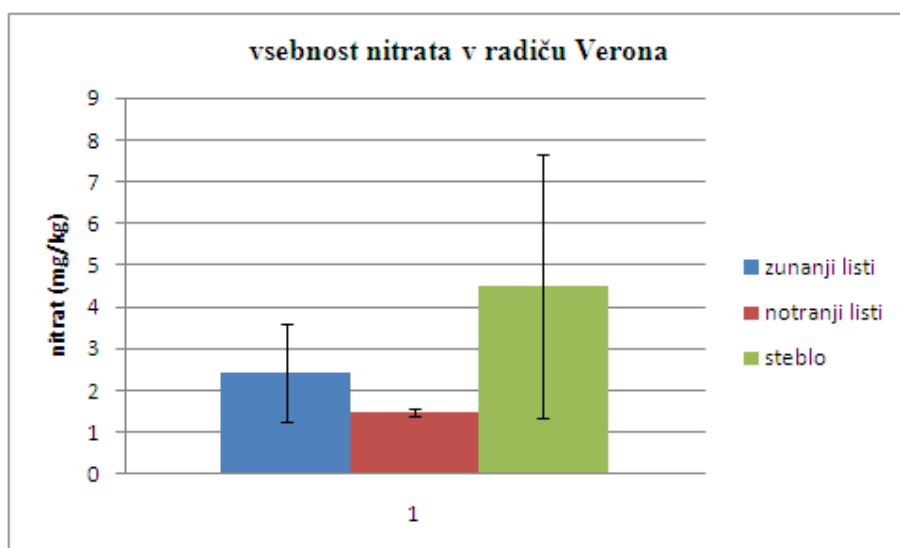
ponovitev	vitamin C (mg/100 g)
1	28,11
2	24,35
3	16,01
povprečje	22,82

Preglednica 20 podaja višje vsebnosti vitamina C v primerjavi s prejšnjo tabelo in sicer v povprečju rastline regrata od 16,00 do 28,11 mg na 100 g sveže mase.

Regrat je bil nabran v naravi in odstopa od ostalih meritev.

## 4.2 NITRATI

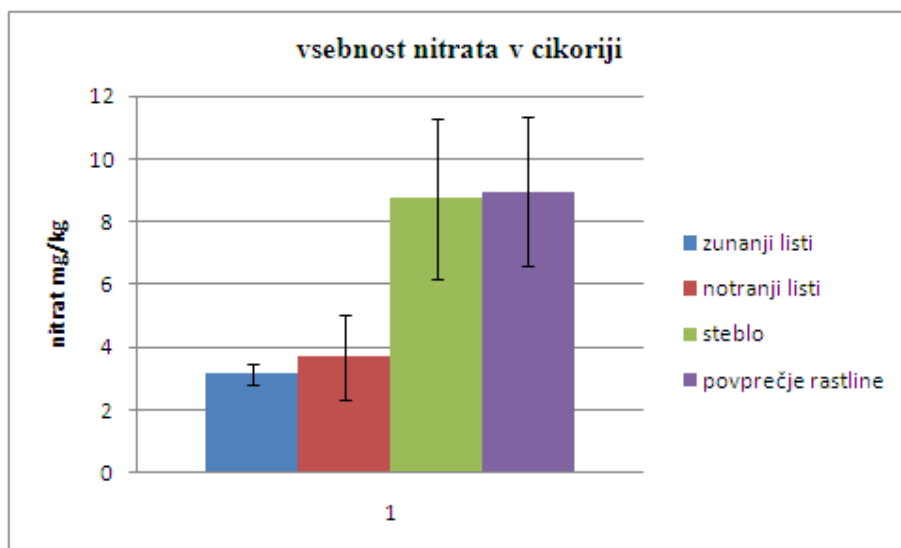
Meritve so pokazale najmanjše vsebnosti nitrata v radiču, cikoriji, zeleni, cvetači in regratu.



Slika 28: Vsebnost nitratov (mg/kg) v rdečem radiču, v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob in v steblo

Figure 28: Nitrate content (mg/kg) in the chicory Verona, in the outer leaves-outer edge, in the inner leaves-outer edge and in the stem

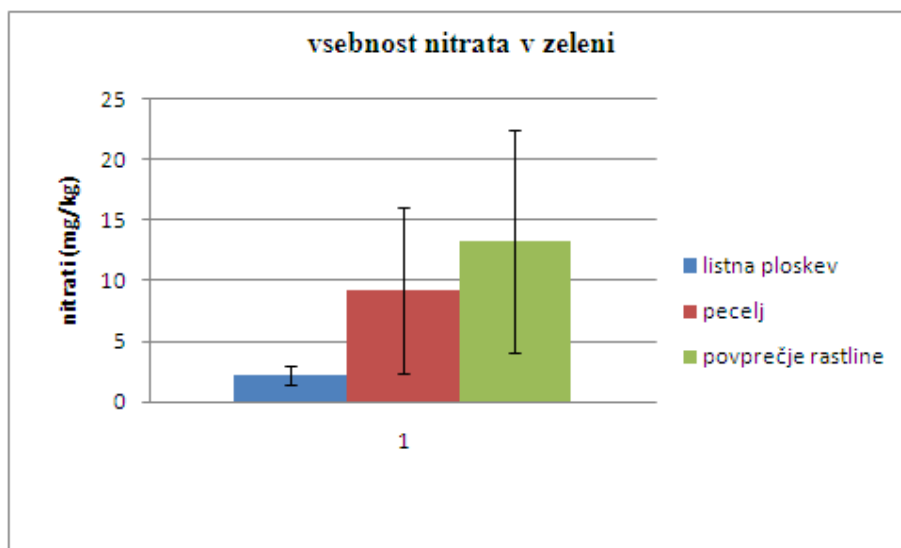
Nitrati so v radiču razporejeni precej enakomerno. Nekoliko več sicer v zunanjih listih in v steblo, vendar so precej podobne vsebnosti tudi v notranjih listih, kar je razvidno v grafu, da so stolpci precej podobne višine, malo bolj odstopa le steblo.



Slika 29: Vsebnost nitrata v cikoriji (mg/kg), v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob, v steblo in v povprečju cele rastline cikorije

Figure 29: Nitrate content in the chicory (mg/kg), in the outer leaves-outer edge, in the inner leaves-outer edge, in the stem and in the average of plant

Kot je razvidno iz grafa, je zadnji stolpec, ki prikazuje vsebnost nitrata v steblo, najvišji in je vrednost od 6,5 do 11,5 mg/kg, v notranjih in zunanjih listih pa je vsebnost nitrata približno enaka od 2,5 do 3,5 mg/kg.



Slika 30: Vsebnost nitratov v zeleni (mg/kg), v listni ploskvi, v peclju in v povprečju cele rastline

Figure 30: Nitrate content in the celery (mg/kg), in the leaf surface, in the stem and in the average of plant

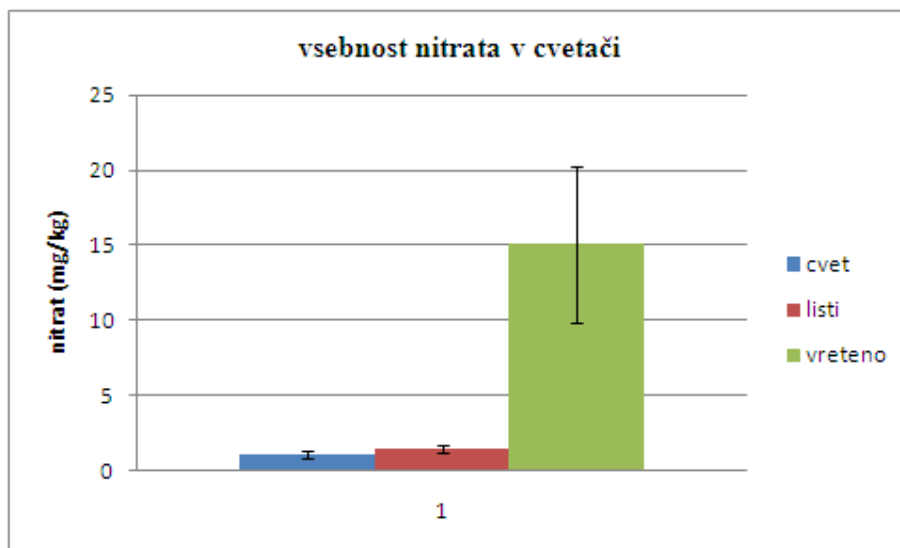
V zeleni je največ nitratov v peclju, manj ga je v listni ploskvi. V peclju je vsebnost nitrata od 9,2 do 16,1 mg/kg, v listni ploskvi pa od 1,3 do 2,9 mg/kg, povprečje rastline odstopa in kaže najvišjo vsebnost nitratov od 3,56 do 21,87 mg/kg.

Preglednica 21: Vsebnost nitratov v regratu (mg/kg), v povprečju cele rastline

Table 21: Nitrate content in the dandelion (mg/kg), in the average of plant

ponovitev	vsebnost nitrata v regratu (mg/kg)
1	1,82
2	2,32
3	1,69
povprečje	1,94

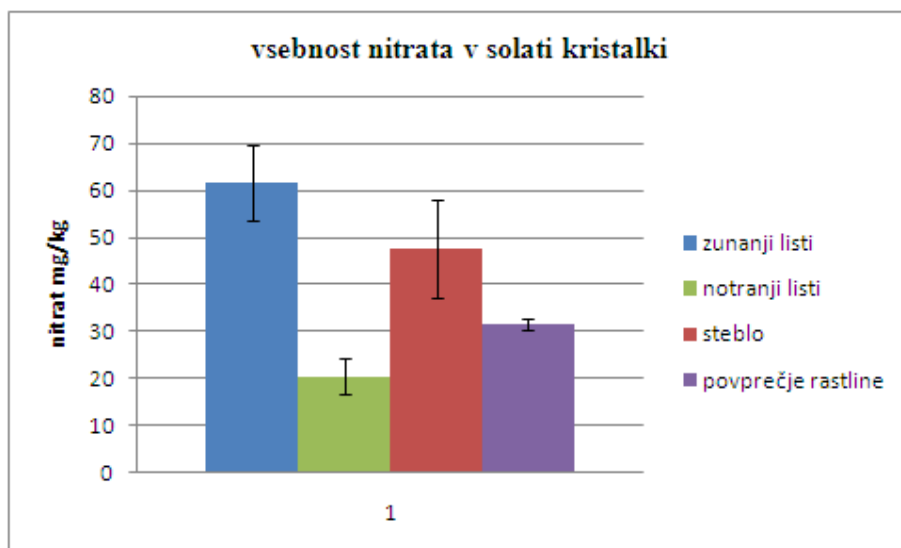
Tudi v regratu, je dokaj nizka vsebnost nitratov in sicer v povprečju rastline od 1,7 do 2,3 mg/kg sveže snovi.



Slika 31: Vsebnost nitratov v cvetači (mg/kg), v cvetu, v listih in v vretenu izraženo v mg/kg  
Figure 31: Nitrate content in the cauliflower (mg/kg), in the flower and in the stem

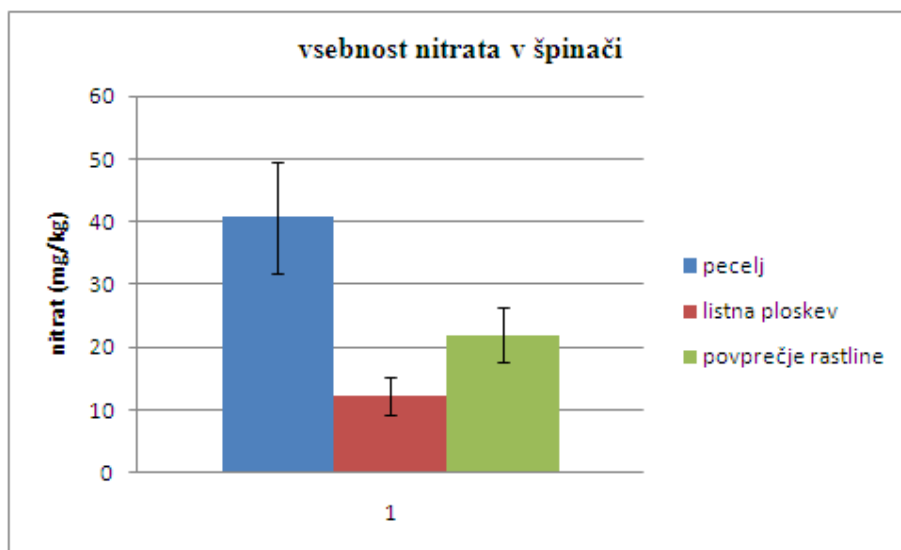
V cvetači kot vidimo je največja vsebnost nitrata v vretenu od 9,2 do 18,8 mg/kg sveže snovi, kar je precej več kot v listih in v cvetu, kjer se vsebnost giblje med 0,9 in 1,6 mg/kg sveže snovi.

Radič, cikorija, zelena, cvetača in regrat imajo približno enake vsebnosti nitrata, le pri zeleni ga je nekaj več peclju in pa v cvetači v vretenu. V tej vrsti zelenjave so rezultati pokazali dokaj nizke vsebnosti nitratov. Nekaj več jih je v solati kristalki, špinači, endiviji, motovilcu, kitajskem kapusu, berivki in peteršilju. Peteršilj ima največ vitamina C in bi pričakovali tudi najmanjšo vsebnost nitrata, ki pa vendarle ni najnižja.



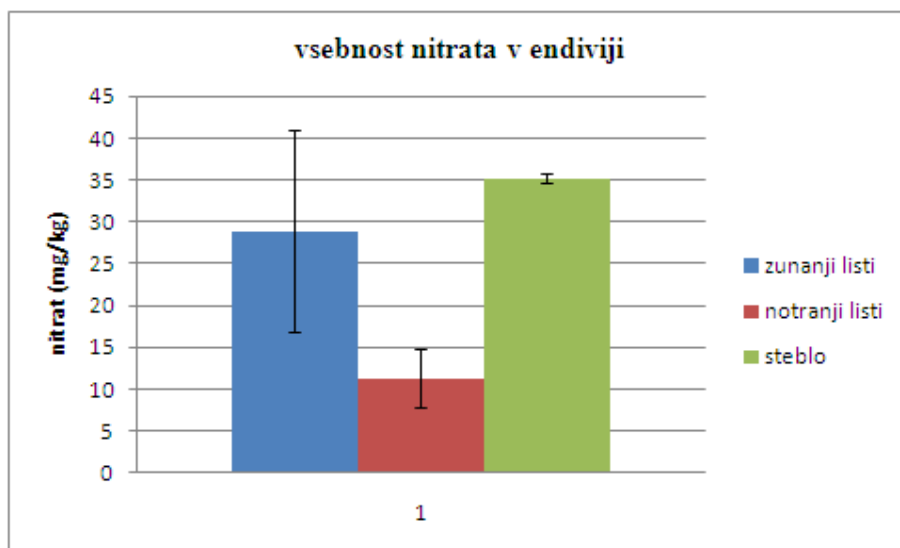
Slika 32: Vsebnost nitrata v solati kristalki (mg/kg), v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih-zunanji rob, v stebelu ter v povprečju cele rastline  
Figure 32: Nitrate content in iceberg lettuce (mg/kg), in the outer leaves-outer edge, in the inner leaves-outer edge, in the stem and in the average of plant

Pri solati kristalki je največ nitrata v zunanjih listih in malenkost manj v stebelu, še manj pa v notranjih listih, kar bi lahko pojasnili tudi s tem, da je manj svetlobe v sredini glavice in s tem zmanjšana asimilacija dušika.



Slika 33: Vsebnost nitratov v špinaci (mg/kg), v peclju, listni ploskvi, ter v povprečju cele rastline  
Figure 33: Nitrate content in the spinach (mg/kg), in the stalk, in the leaf surface and in the average of plant

Največ nitrata se kopiči v peclju od 30,6 do 47,3 mg/kg sveže mase, v listni ploskvi pa le od 9,7 do 15,6 mg/kg sveže mase, v peclju pa je najvišja vsebnost nitratov.



Slika 34: Vsebnost nitratov v endiviji (mg/kg), v zunanjih listih-zunanji rob, notranjih listih – zunanji rob in v steblo

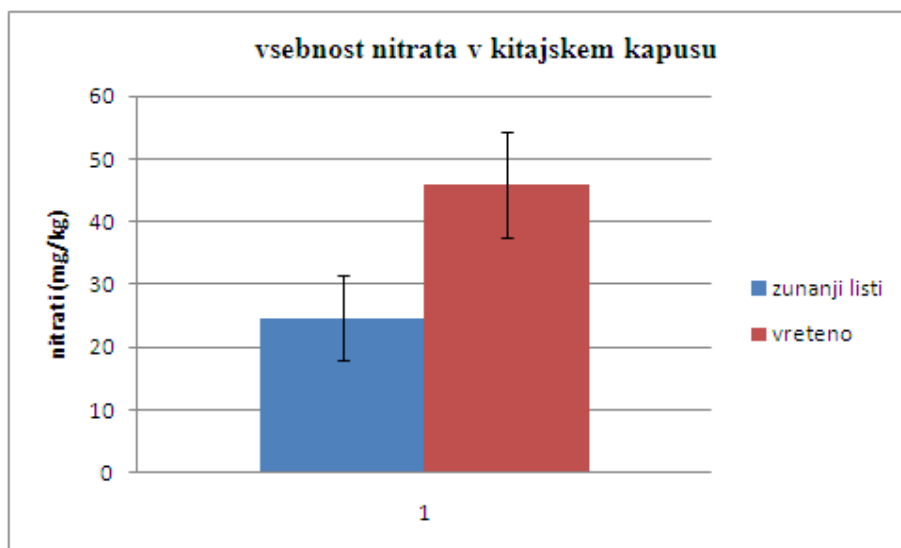
Figure 34: Nitrate content in the endive (mg/kg), in the outer leaves-outer edge, in the inner leaves-outer edge and in the stalk

V endiviji se največ nitratov kopiči v steblo in zunanjih listih-zunanjem robu, kjer jih je nekaj manj, najmanj pa jih je v notranjih listih-zunanjem robu. V steblo se količine gibljejo med 34,5 in 35,7 mg/kg sveže snovi, v zunanjih listih-zunanjem robu pa od 18,4 do 42,0 mg/kg sveže snovi in manj v notranjih listih-zunanjem robu: od 8,8 do 15,2 mg/kg sveže snovi.

Preglednica 22: Vsebnost nitratov v motovilcu (mg/kg), v povprečju cele rastline  
Table 22: Nitrate content in the corn salad (mg/kg), in the average of whole plant

ponovitev	vsebnost nitrata v motovilcu (mg/kg)
1	20,58
2	22,87
3	28,25
povprečje	23,9

V motovilcu je nitrata v povprečju rastline od 20,6 do 28,3 mg/kg sveže snovi.



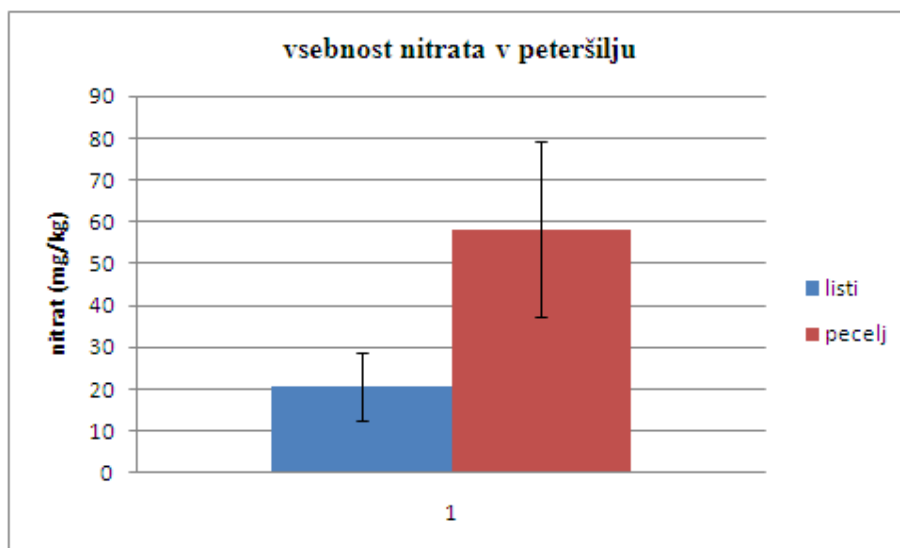
Slika 35: Vsebnost nitratov v kitajskem kapusu (mg/kg), v zunanjih listih in v vretenu  
Figure 35: Nitrate content in the chinese cabbage (mg/kg), in the outer leaves and in the stem

Tudi v kitajskem kapusu je najvišja vsebnost nitratov v vretenu in manj v zunanjih listih. V vretenu jih je od 36,9 do 53,9 mg/kg sveže snovi, v zunanjih listih pa manj in sicer od 19,4 do 32,3 mg/kg sveže snovi.

Preglednica 23: Vsebnost nitratov v solati berivki (mg/kg), v povprečju cele rastline  
Tabel 23: Nitrate content in the lettuce berivka (mg/kg), in the average of whole plant

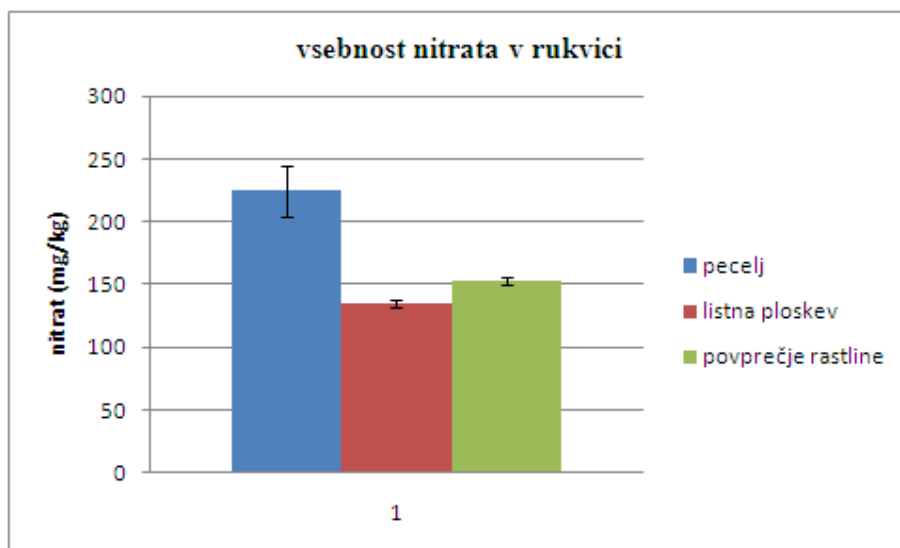
ponovitev	vsebnost nitratov v povprečju solate berivke
1	70,63
2	59,35
3	53,81
povprečje	61,26

V povprečju cele rastline solate berivke je vsebnost nitratov od 53,8 do 70,6 mg/kg sveže snovi.



Slika 36: Vsebnost nitratov v peteršilju (mg/kg), v listih in v peclju  
Figure 36: Nitrate content in the parsley (mg/kg), in the leaves and in the stalk

Tudi v peteršilju je najvišja vsebnost nitratov v peclju in sicer od 34,1 pa celo do 72,3 mg/kg sveže snovi, v listini ploskvi pa manj, to je od 11,2 do 26,6 mg/kg sveže snovi.



Slika 37: Vsebnost nitratov v rukvici (mg/kg), v peclju, v listni ploskvi in v povprečju cele rastline  
Figure 37: Nitrate content in the rocket salad (mg/kg), in the stalk, leaf surface and average plant

Vsebnost nitratov v rukvici močno odstopa od vsebnosti nitratov v drugih vrstah zelenjave, saj je v rukvici najvišja. Kot je razvidno je nitratov veliko tako v peclju kot v listni ploskvi rukvice, kar se kaže tudi na povprečju cele rastline. V peclju je vsebnost od 201,7 do 242,7 mg/kg sveže snovi, v listni ploskvi delu pa manj in sicer od 131,9 do 137,9 mg/kg sveže snovi.



Kot so pokazali rezultati, je v vseh vrstah zelenjave najvišja vsebnost nitratov v pecljih oziroma v steblih in nato nekaj manj v zunanjih listih, še manj pa v notranjih listih.

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. Zgornji del radiča dobiva med rastjo več svetlobe kot spodnji in bi lahko rekli, da so vrednosti nitrata v spodnjem delu radiča višje. Tudi žilnega sistema je več v spodnjem delu kot v zgornjem (Habjan Dovč, 2006). S tem v povezavi bi lahko sklepali podobno za vso analizirano zelenjavo.

#### 4.3 PRIMERJAVA VSEBNOSTI NITRATOV IN VITAMINA C

Pri vsaki analizirani vrsti zelenjave smo za lažjo ponazoritev izračunali razmerje med vsebnostjo nitrata v mg/kg in vsebnostjo askorbinske kisline v mg/100 g.

Pričakovali bi, da naj bi zelenjava, ki vsebuje več Vitamina C, vsebovala manj nitrata in obratno. Askorbinska kislina naj bi povečala aktivnost in sintezo encima nitrat reduktaze, s tem se zmanjša vsebnost nitratov v rastlini (Habjan Dovč, 2006).

Ker je dehidroaskorbinska kislina že delno oksidirana, vzamemo za primerjavo askorbinsko kislino.

Znatno vsebnost nitrata (nad 10 mg/kg) vsebujejo: rukvica, solata kristalka, berivka, špinača, endivija, kitajski kapus, motovilec in peteršilj. Manj kot 10 mg nitrata/kg sveže mase pa vsebujejo cikorija, radič 'Verona', zelena, regrat in cvetača.

Rukvica vsebuje veliko nitrata v peclju 224,45 mg nitrata/kg in tudi vsebnost askorbinske kisline je le 17,5 mg/100 g., zato je dokaj neugodno razmerje zaradi višje vsebnosti nitrata. V listih rukvice pa je manj nitrata in več askorbinske kisline, kar je bolj ugodno za uživanje.

Solata kristalka, berivka, špinača in endivija imajo poleg velike vsebnosti nitrata tudi malo askorbinske kisline, predvsem v zunanjih listih in stebelu, kar pripomore k neugodnem razmerju med vsebnostjo nitrata in vsebnostjo askorbinske kisline. Najslabše razmerje je pri endiviji, vendar vsebnosti nitrata niso visoke.

Peteršilj pa ima nasprotno ne glede na to da ima znatno vsebnost nitrata zelo veliko askorbinske kisline v listih, zato je negativni vpliv nitrata manjši. Listi se najbolj uporabljajo v prehrani, vendar pa peteršilja ne uživamo v večjih količinah.

Cikorija, radič 'Verona', zelena, regrat in cvetača ne vsebujejo znatnih količin nitrata. Zelena ima sicer manjše količine nitrata, vendar vsebuje tudi askorbinske kisline zelo malo, zato nima prav ugodnega razmerja, predvsem v peclju je kar precej nitrata in zelo malo askorbinske kisline. Najnižje vsebnosti nitrata so pri cvetači, v listih in v cvetu. Cvetača vsebuje nizke količine nitrata in znatne količine askorbinske kisline, kar je s prehranskega vidika zelo ugodno.

Preglednica 24: Razmerje nitrat v mg/kg in askorbinska kislina v mg/100 g v posameznih vrstah zelenjave in v posameznih delih

Table 24: Relation between nitrate (mg/kg) and ascorbic acid (mg/100 g) in different types of vegetables and in different parts of vegetables

zelenjava	razmerje nitrat (mg/kg)/askorbinska kislina (mg/100 g)
<b>rukvica</b>	
pecelj	224,45/17,50=12,83
listna ploskev	134,56/23,87=5,64
<b>solata kristalka</b>	
zunanj listi	61,52/4,17=14,75
notranji listi	20,37/2,76=7,38
steblo	47,47/1,06=44,78
<b>berivka</b>	
povprečje cele rastline	61,26/4,00=15,32
<b>špinača</b>	
pecelj	40,75/3,51=11,61
listna ploskev	12,32/39,23=0,31
<b>endivija</b>	
zunanj listi	28,87/0,07=412,43
notranji listi	11,29/0,07=161,29
steblo	35,23/0,16=220,19
<b>kitajski kapus</b>	
zunanj listi	24,61/5,34=4,61
vreteno	45,85/4,74=9,67
<b>motovilec</b>	
povprečje cele rastline	23,90/35,29=0,68
<b>peteršilj</b>	
listna ploskev	20,44/139,08=0,15
pecelj	58,16/26,18=2,22
<b>cikorija</b>	
zunanj listi	3,15/20,47=0,15
notranji listi	3,69/18,65=0,20
steblo	8,74/1,05=8,32
<b>radič Verona</b>	
zunanj listi	2,41/2,39=1,01
notranji listi	1,50/1,18=1,27
steblo	4,50/4,08=1,10
<b>zelena</b>	
listna ploskev	2,25/0,21=10,71
pecelj	9,22/0,50=18,44
<b>regrat</b>	
povprečje cele rastline	1,94/7,24=0,27
<b>cvetača</b>	
cvet	1,42/14,71=0,10
listna ploskev	1,10/73,77=0,01

vreteno	15,09/40,06=0,38
---------	------------------

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

#### 5.1.1 Nitrati

Vsebnosti nitratov in nitritov so v različnih vrstah zelenjave precej različne. Najnižje vsebnosti so bile določene v radiču, cikoriji, zeleni, peteršilju, regratu in cvetači; nekaj več v zunanjih listih-zunanji rob in nekaj manj v stebelu, vendar razlike niso velike. V zunanjih listih-zunanji rob so te vrednosti v povprečju od 1,2 do 3,4 mg/100 g sveže mase; v notranjih listih-zunanji rob pa od 1,4 do 5,2 mg/100 g sveže snovi. Nekoliko večje vsebnosti so v solati kristalki, špinači, endiviji, motovilcu, kitajskem kapusu in berivki. Vrednosti v zunanjih listih-zunanji rob se gibljejo od 6,9 do 42,0 mg/100 g sveže snovi, v stebelu pa od 9,0 do 53,9 mg/100 g sveže snovi. Glede vsebnosti nitratov in nitritov izstopa rukvica, ki ima v peclju od 201,0 do 242,0 mg/100 g sveže snovi, v listni ploskvi pa 131,0-137,0 mg/100 g sveže snovi.

Primerjali smo vsebnost nitrata glede na vsebnost vitamina C. Ugotovili smo da je v večini različnih vrst zelenjave razmerje nitrat/vitamin C v zunanjih listih večje ali pa približno enako kot v notranjih listih (solata kristalka ima, cikorija, radič Verona, endivija). Izstopa endivija, kjer je to razmerje celo 412,43 v korist nitrata v zunanjih listih, v notranjih pa 161,29, v stebelu pa 220,19. To pomeni, da je nitrata dosti več kot vitamina C.

Pri razmerju nitrat/vitamin C v listnih ploskvah pri špinači, zeleni, rukvici, peteršilju in cvetači smo ugotovili, da je to manjše od nič, kar pomeni da je manj nitrata kot vitamina C v listnih ploskvah.

V stebelu ali vretenu različnih vrst zelenjave je v vseh primerih razen pri cvetači razmerje nitrat/vitamin C večji od nič, kar pomeni, da je večja vsebnost nitrata kot vitamina C. Tudi tu odstopa endivija, pri kateri je to razmerje največje in sicer 220,19 v korist nitrata, v cvetači pa jeto razmerje 0,38, kar pomeni več vitamina C kot nitrata.

Na sprejem nitrata vplivajo notranji in zunanji dejavniki. Sprejem dušika se zmanjša ob zmanjšani jakosti osvetlitve in s tem posledično zmanjšani asimilaciji. Zaradi zmanjšanega sprejema nitrata, se zmanjša tudi aktivnost za redukcijo nitrata, kar povzroči povečanje akumulacije nitrata v rastlini (Habjan Dovč, 2006).

Koncentracija nitratov v zelenjavi je odvisna od bioloških lastnosti rastlin, svetlobnih pogojev, vrste tal, temperature, vlažnosti, gostote rastlin na polju, tehnološke zrelosti rastlin, rastne dobe, časa spravila pridelka, časa skladiščenja ter vira dušika (Tamme in sod., 2006).

Zelenjava, ki zraste v ogrevanih rastlinjakih, vsebuje več nitratov kot zelenjava, ki je zrasla na nepokritih površinah, ker ima manj svetlobe in se več gnoji z dušikovimi mineralnimi gnojili (Thomson in sod., 2007).

V rastlini lahko nastaja neravnovesje med sprejemom nitrata v rastlino in njegovo redukcijo. Nestalna razporeditev nitrat in nitrit reduktaze v rastlinskih celicah je še en pomemben faktor, ki se kaže v višji vsebnosti nitratov v določenih delih zelenjave (Shao-Ting in sod., 2007).

Na vsebnost nitratov in nitritov, ki jih določamo v zelenjavi lahko vplivajo naslednji faktorji:

- temperatura – nitrati in nitriti niso obstojni pri visokih temperaturah
- pogoji kuhanja, ki lahko vpliva na pH vode vzorca in izpostavljenosti atmosferskemu kisiku
- pH vode – nitrit se pretvori v dušikovo kislino ali dušikov oksid pri kislem pH
- vzorci zelenjave lahko močno variirajo in vsebujejo substance, ki motijo, kot sta železo in magnezij.

Stopnja nitrita v zelenjavi lahko naraste v času skladiščenja po pravilu pridelka zaradi aktivnosti bakterij in/ali prisotnosti nitrat reduktaze, še posebno če skladiščimo pri sobni temperaturi ali pri višjih temperaturah (Hsu in sod., 2009), kar bi lahko pojasnilo tudi naše rezultate analiz, ki dokazujejo nizko vsebnost nitratov v analizirani zelenjavi, saj je bila vzorčena zelenjava hranjena v hladilnici.

Kultivar in datum spravila pridelka lahko vplivata na stopnjo vsebnosti nitrata in nitrita v zelenjavi (Amr in Hadidi, 2001), kar tudi lahko pojasnjuje odklone naših rezultatov analiz nitrata od pričakovanih.

Na vsebnost nitrata v rastlini vplivajo: sestava tal, gnojenje (količina, oblika, čas), temperatura, vlaga, postopek skladiščenja, čas pobiranja pridelka, vrsta rastline, raznolikost, organ rastline, metode pobiranja pridelka, sevanje razpoložljiva svetloba, donos, bolezn, zrelost (Habjan Dovč, 2006).

Preglednica 25: Vpliv osvetljenosti na akumulacijo nitrata v solati (Zhou in sod., 2000)

Table 25: The impact of the illumination on the accumulation of nitrate in lettuce (Zhou et al., 2000)

intenziteta osvetljenosti (W/m <sup>2</sup> )		čas (ure)		
		0	12	24
89	nitrat (mg/kg)	3250	3170	2576
179	nitrat (mg/kg)	3230	2600	2270

Preglednica 26: Vpliv vremena na akumulacijo nitrata v listnati zelenjavi (Ze-Yi in sod., 2000)

Table 26: The impact of weather on the accumulation of nitrate in leafy vegetables (Ze-Yi et al., 2000)

zelenjava	nitrat (mg/kg)	
	oblačno in deževno	sončno
oljna ogrščica	2211 (1172-3294)	1207 (753-1734)
špinača	1945 (1085-2467)	1053 (388-2007)
zelena solata	222 (161-263)	132 (22-208)
gorjušica	897 (608-1048)	203 (146-360)
koriander	1444 (629-3484)	250 (105-362)

V zgornjih dveh tabelah podatki kažejo, da večja intenziteta in daljši čas osvetljenosti zmanjšata akumulacijo nitrata v zelenjavi. Aktiven sprejem nitrata je odvien 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 in s tem ohranja osmotski tlak celic. Rastlina sprejema nitrat zaradi osmoze, ko je na razpolago malo ali nič svetlobe, zato so vsebnosti nitrata višje zjutraj kot popoldne (Habjan Dovč, 2006).

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

25% zaužitega nitrata se v ustni votlini reducira do nitrita s pomočjo bakterij in nitrat reduktaze. V želodcu sodeluje v procesu nastajanja nitrozaminov.

Preglednica 27: Vsebnost nitratov izražena v mg/kg v zelenjavi, pridelani v sezoni od novembra do marca in v sezoni od aprila do oktobra, v Koreji (Chung in sod., 2003)

Table 27: Nitrate content expressed mg/kg in vegetables grown in season from november to march and in season from april to october, Koreja (Chung et al., 2003)

zelenjava	povprečje obeh sezon(mg/kg)	zima (november-marec)			poletje (april-oktober)		
		št.vzorcev	povprečje (mg/kg)	razpon (mg/kg)	št.vzorcev	povprečje (mg/kg)	razpon (mg/kg)
kitajski kapus	1740	15	1291	131-3249	25	2009	208-5490
radič	1878	15	1494	789-2643	25	2108	766-4570
solata	2430	15	1933	247-7439	25	2728	884-4488
špinača	4259	15	3334	427-7439	25	4814	195-7793
sojini kalčki	56	15	63	15-193	25	52	2-158
čebula	23	15	14	4-49	25	29	1-123
mezga iz buč	639	15	654	174-1690	25	629	182-2340
mlada čebula	436	15	392	10-1364	25	463	4-1676
kumare	212	15	267	83-580	25	180	1-649
krompir	452	15	294	2-977	25	546	34-5521
korenje	316	15	373	6-971	25	282	1-1158
česen	124	15	116	3-211	25	129	1-462
zel.paprika	76	15	95	2-559	25	65	1-225
zelje	725	15	730	29-1498	25	722	1-1788
drobnjak	5150	15	1020	863-9323	25	5828	3016-9638

Iz tabele je razvidno, da je vsebnost nitratov v zelenjavi v zimskem obdobju od novembra do marca večja kot v poletnem obdobju od aprila do oktobra. Večja je v vseh vzorcih zelenjave, kar potrjuje dejstvo, da je v sezoni ko je več sonca in osvetljenosti, manjša akumulacija nitrata. Podobno velja tudi za nitrit, kar lahko vidimo v naslednji tabeli, kjer pa so razlike

nekoliko manjše. Vzorci zelenjave, ki smo jih analizirali, so bili vzorčeni v hladilnici od 28.2. do 18.4. v istem letu.

Preglednica 28: Vsebnost nitritov izražena v mg/kg v različnih vrstah zelenjave pridelana v sezoni od novembra do marca in v sezoni od aprila do oktobra, v Koreji (Chung in sod., 2003)  
Table 28: Nitrate content expressed in mg/kg in different types of vegetables grown in season from november to october and in season from april to october, Koreja (Chung et al., 2003)

zelenjava	povprečje obeh sezon(mg/kg)	Zima (november do marec)			poletje (april do oktober)		
		št.vzorcev	povprečje (mg/kg)	razpon (mg/kg)	št.vzorcev	povprečje (mg/kg)	razpon (mg/kg)
kitajski kapus	1,1	15	1,0	ND-2,7	25	1,7	ND-14,3
radič	0,8	15	0,7	ND-2,5	25	1,0	ND-3,5
solata	0,6	15	0,6	ND-2,9	25	0,7	ND-4,6
špinača	1,0	15	0,5	ND-1,8	25	1,2	ND-5,1
sojini kalčki	0,9	15	0,8	ND-3,3	25	0,9	ND-5,7
čebula	0,3	15	0,3	ND-1,5	25	0,2	ND-2,2
mezga iz buč	0,6	15	0,6	ND-3,6	25	0,5	ND-2,7
mlada čebula	0,3	15	0,4	ND-2,9	25	0,2	ND-2,2
kumare	0,3	15	0,3	ND-1,4	25	0,2	ND-1,5
krompir	0,5	15	0,6	ND-2,7	25	0,3	ND-3,4
korenje	0,4	15	0,5	ND-1,8	25	0,2	ND-2,9
česen	0,2	15	0,4	ND-2,0	25	0,1	ND-0,5
zelena paprika	0,4	15	0,6	ND-3,4	25	0,2	ND-1,5
zelje	0,4	15	0,4	ND-3,6	25	0,3	ND-2,2
drobnjak	0,9	15	0,2	ND-5,3	25	0,8	ND-3,7

ND-nedoločljivo (izven meja določljivosti)

Preglednica 29: Primerjava vsebnosti nitratov in nitritov izraženih v mg/kg, v različnih vrstah zelenjave po nekaterih državah (Chung in sod., 2003)

Table 29: Comparison of nitrate and nitrite expressed in mg/kg in different types of vegetables in some countries (Chung et al., 2003)

zelenjava	Koreja		Japonska		Vel. Britanija		Nizo zemska	Nemčija	Belgija	Singapur	EU
	nitrat (mg/kg)	nitrit	nitrat (mg/kg)	nitrit (mg/kg)	nitrat (mg/kg)	nitrit (mg/kg)	nitrat (mg/kg)	nitrat (mg/kg)	nitrat (mg/kg)	nitrat (mg/kg)	nitrat (mg/kg)
kit. kapus	1740	1,1	1040	0,7			3800				
radič	1878	0,8	1060	0,4	2600	0,3	3410	780-2400	2136	1170	1100-1510
solata	2430	0,6			2330	0,6	3600	750-5500	2782	1470	907-4674
špinaca	4259	1,0	3560	7,0	2470	3,8	3400	900-5400	2297	4570	390-3383
sojini kalčki	56	0,9									
čebula	23	0,3	2,3	ND	235	1,1			59	35	80-210
mezga iz buč	639	0,6			550	0,8				80	410
mlada čebula	436	0,3	145	ND							
kumare	212	0,3	384	0,4	151	0,8		60-400	344	250	23-242
krompir	452	0,5	713	0,8	150	0,9		46-130	154	140	35-200
korenje	316	0,4	193	0,4	274	1,2		60-900	278	10	115-271
česen	124	0,2	455	1,0							
zel. paprika	76	0,4	98,5	6,0							
zelje	725	0,4			712	0,8		3100		930	
drobnjak	5150	0,9	4410	6,4							
repa					9040			4800		130	970-2870

Preglednica 30: Vsebnost nitratov in nitritov (mg/kg) v vzorcih zelenjave na slovenskem tržišču

Table 30: The content of nitrates and nitrites (mg/kg) in samples of vegetables on the Slovenian market

zelenjava	nitрати in nitriti (mg/kg)			
	zun.listi	notr.listi	vreteno	povprečje
radič	1,2-3,6	1,4-1,6	2,2-8,1	
solata kristalka	53,6-69,7	16,3-24,0	35,5-54,2	
endivija	18,4-42,0	8,8-15,2	34,5-35,7	
zelena	1,4-2,9		2,3-16,2	3,6-21,9
kitajski kapus	19,4-32,3		36,9-53,9	
berivka				53,8-70,6
rukvica	131,9-137,9		201,7-242,7	149,0-155,2
cikorija	2,8-3,4	2,5-5,1	6,5-11,5	
špinača	9,7-15,6		30,6-47,3	17,0-24,7
motovilec			20,6-28,3	
peteršilj	11,2-26,2		34,1-72,3	
cvetača	1,1-1,6	1,0-1,4	9,2-18,9	
regrat				1,7-2,3

Preglednica 31: Akumulacija nitrata in nitrita v različnih delih zelenjave, izraženo v mg/kg (Ze-Yi in sod., 2000)

Table 31: Accumulation of nitrate and nitrite in different parts of vegetables, expressed in mg/kg (Ze-Yi et al., 2000)

zelenjava	del zelenjave	št. vzorcev	nitrat (mg/kg)		nitrit (mg/kg)	
			razpon	povprečje	razpon	povprečje
kitajski kapus	korenine	9	2479-2716	2629	0,22-0,28	0,25
	vreteno	9	1637-3000	2513	0,09-0,98	0,41
	zunani listi	9	1844-2877	2430	N.D.-1,03	0,51
	notranji listi	9	841-1375	1170	0,04-0,45	0,30
cvetača	listi	3	2073-2492	2290	0,95-1,45	1,15
	cvet	3	448-556	497	0,01-0,09	0,06
solata	steblo	6	1110-1478	1263	0,09-0,26	0,18
	listi	6	580-1454	896	0,01-0,45	0,21
špinača	pecelj	6	1330-4600	2682	0,01-0,29	0,17
	korenine	6	992-2950	1591	0,07-0,34	0,26
	listna ploskev	6	474-1681	1111	0,07-0,73	0,28
zelena	list	9	119-1589	1003	0,01-0,65	0,22
	korenine	9	69-947	491	0,01-0,45	0,27
radič	korenina	1	-	2153	-	0,09
	listi	1	-	2121	-	0,81

N.D. : ni določljivo



Akumulacija nitrata in nitrita je različna v različnih delih zelenjave. Običajno je vsebnost nitrita v koreninah in steblih dosti večja kot v listih in cvetovih. Večja vsebnost je običajno tudi v zunanjih listih kot v notranjih listih (Ze-Yi in sod., 2000). Tudi naši rezultati so pokazali, da je vzunanjih listih in v vretenu oziroma listnih pecljih več nitratov kot v notranjih listih.

Preglednica 32: Vsebnost nitratov v pridelkih, pridelanih v Sloveniji v letih 1996-2002 (Sušin in sod., 2006)

Table 32: Nitrate levels in crops grown in Slovenia during the years 1996-2002 (Sušin et al., 2006)

vrtnina	število vzorcev	povprečje nitrata (mg/kg)	razpon nitrata (mg/kg)
solata	151	1074	21-3986
zelje	52	881	112-1864
stročji fižol	32	298	82-675
korenje	65	264	7-1042
krompir	202	158	2-704
silažna koruza	60	122	1-946
jagode	30	94	9-360
kumare	30	93	4-245
žito	31	49	12-231
grozdje	51	5,6	0,5-19
paradižnik	30	4,3	2-12
breskve	35	4,0	do 12
jabolka	124	3,3	0,2-15
hruške	31	2,8	1,4-4,5

Če primerjamo izmerjene vrednosti nitratov v vzorcih zelenjave na slovenskem tržišču z vrednostmi nitratov v vzorcih zelenjave pridelane v Sloveniji, so vsebnosti v vzorcih znotraj meja, ki so jih izmerili v slovenskih pridelkih.

V evropski uniji (Commission Regulation EC 2002) so določili maksimalne mejne vrednosti za vsebnost nitrata le za špinačo 2000-3000 mg/kg sveže snovi odvisno od časa spravila pridelka in načina nadaljnje predelave za konzerviranje ali zmrzovanje in za solato 2000-4000 mg/kg sveže snovi odvisno od časa spravila pridelka in ali je bila pridelana na prostem ali na pokriti površini. Te mejne vrednosti so uzakonili tudi v Sloveniji leta 2003.

V Uredbi komisije (ES) številka 1881/2006 z dne 19.12.2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih je v 19. odsatvku zapisano, da je zelenjava glavni vir vnosa nitratov v človeško telo. Znanstveni odbor za hrano je v mnenju z dne 22. Septembra 1995 navedel, da je skupni vnos nitratov običajno precej pod dopustnim dnevnim vnosom 3,66 mg/kg telesne teže. Vseeno je priporočil nadaljevanje prizadevanj za zmanjšanje izpostavljenosti nitratom s hrano in vodo. V uredbi so tudi določili mejne vrednosti nitrata v mg/kg za špinačo (svežo oziroma konzervirano) in solato (gojeno v rastlinjaku oziroma na prostem) ter žitne kašice za dojenčke in majhne otroke. Za solato se te vrednosti nitrata gibljejo med 2000 in 4500 mg/kg.

Sprejemljivi dnevni vnosi nitrata (ADI) je svetovna zdravstvena organizacija (WHO) leta 1995 priporočila v količini 3,7 mg/kg telesne teže za nitrat in 0,06 mg/kg telesne teže za nitrit (Bottex in sod., 2008).

Približno polovico populacije prizadenejo kardiovaskularne bolezni in približno 1/3 do 1/4 populacije zboli za rakom. Nedavne raziskave so pokazale, da zaužitje pet porcij sadja in zelenjave na dan, kar približno znaša 400 g, naj bi imelo pozitivne učinke na ljudi, ki so dovzetni za kardiovaskularne bolezni, raka, debelost in diabetes tipa 2. Manjši del Evropejcev zaužije 400 g sadja in zelenjave na dan in še to je v večini sadje, kar je prednost, saj ta vsebuje manj nitratov (okoli 10 mg/kg), ter tako ne presežejo dovoljenega dnevnega vnosa nitratov, razen tistih, ki jedo zelo velike količine surove listnate zelenjave, ki presežejo največji sprejemljivi dnevni vnos, kar pa še ne pomeni tveganje za zdravje (Bottex in sod., 2008).

Eksogeni nitrat dopolnjuje endogeno proizvodnjo nitrata, kot je dušikov oksid, ki nastaja v kislem okolju. Ta ima vlogo pri obrambi pred paraziti in črevesnimi patogeni, ter ima pomembno vlogo pri vnetjih in žilnih regulacijah. Velike količine zaužitih nitratov (1,45 g) so nedavno uravnavali s pesnim sokom in tako zniževali krvni tlak in znake vnetij (Bottex in sod., 2008).

Z zelenjavo zaužijemo tudi dobre stvari kot so makrohranila (prehranske vlaknine), mikrohranila (vitamini) in bioaktivne substance, kar vpliva na dobro splošno zdravstveno stanje (Bottex in sod., 2008).

Če je zelenjava soljena in kuhana pred zaužitjem, se nitrat v zelenjavi, ki jo solimo lahko zmanjša za 45 % in v kuhani zelenjavi za 60-70 % (Ze-Yi in sod., 2000).

Zelenjavi, ki se je cvrla v sojinem olju, se je povečala vsebnost nitratov, verjetno zaradi izgube vlage iz zelenjave ter zaradi velike količine sojinega olja, ki je bilo uporabljeno za cvrenje, saj soja vsebuje dušikove spojine (Chetty in Prasad, 2009).

Nitrati tudi inducirajo korozijo pločevink, zato bi bilo zaželeno, da bi razvili varietete zelenjave, ki bi kopičila manj nitratov (Kulkarni in sod., 2003).

Čprav je zelenjava glavni vir zaužitih nitratov, številne študije kažejo na to, da uživanje zelenjave zmanjšuje pogostost pojava raka, predvsem zaradi vsebnosti antioksidantov (askorbat, tokoferol,  $\beta$ -karoten, fenolne spojine), ki zavirajo dejavnost karcinogenih dejavnikov kot so na primer nitrozamini (Correira in sod., 2010).

Anorganski nitrat človek zaužije v večjih količinah z zdravimi obroki, bogatimi s sadjem in zelenjavo. Prehrana, ki vsebuje nitrat, je bila do nedavnega prikazana kot da ima veliko negativnih učinkov, v bodočih študijah, pa se bo lahko izkazala kot preventiva ali za zdravljenje vrsto bolezni v nasprotju s prejnimi študijami, ki so dokazovale toksičnost nitrata, onesnaževalca pitne vode in nezaželeno komponento, ki vodi do nastanka raka in methemoglobinemije. Tako določenim ljudem, ki imajo povišan krvni tlak in so zboleli za arterosklerozo izboljšuje stanje povečan vnos nitratov, drugi pa zaradi povečnega vnosa nitratov zbolevaljo za rakom na grlu (Gilchrist in sod., 2010).

### 5.1.2 Vitamin C

Vsebnosti vitamina C v zelenjavi so relativno nizke, nekaj višje vsebnosti so pri vzorcih, kjer smo takoj dodali reducent. Najvišjo vsebnost vitamina C je imel peteršilj v listih 115,4-158,5 mg/100 g sveže snovi (s takojšnjim dodatkom reducenta 130,1-187,9 mg/100 g sveže snovi), v steblu pa 20,7-31,9 mg/100 g sveže snovi. Podobne vsebnosti vitamina C so imeli: solata kristalka, radič verona, endivija, zelena, kitajski kapus, solata berivka v zunanjih listih-zunanji rob v povprečju od 0,1- 6,7 mg/100 g sveže snovi (askorbinska kislina 10,7- 13,7 mg/100 g sveže snovi), v notranjih listih-zunanji rob 0,1-4,4, mg/100 g snovi, v peclju 0,9-5,8 mg/100 g sveže snovi. Nekaj višje vsebnosti vitamina C pa so bile v rukvici, cikoriji, špinači, motovilcu, cvetači in regratu: v zunanjih listih-zunanji rob 19,6-46,4 mg/100 g sveže snovi (askorbinska kislina 16,0-48,1 mg/100 g sveže snovi), v notranjih listih-zunanji rob 17,4-84,3 mg/100 g sveže snovi, v steblu oziroma peclju 0,6- 45,2 mg/100 g sveže snovi.

Na obstojnost vitamina C vplivajo različni faktorji kot so svetloba, temperatura, pH, kisik, encimi, kovinski katalizatorji (Santos in Silva, 2008). Izgube vitamina C pri samem zamrzovanju niso velike, večje izgube nastanejo v postopkih pred zamrzovanjem kot je pranje zelenjave, blanširanje, povezano s časom in temperaturo. Po zamrzovanju so zaznavne izgube vitamina C, ki pa so manjše kot v postopkih pred zamrzovanjem (Tosun in Yucecan, 2008).

Pri klementinah, ki so bile shranjene pri -60 °C eno leto niso zaznali signifikantnih sprememb vsebnosti vitamina C, medtem ko so se pri krompirju in ohrovtu pokazale spremembe v vsebnosti že po enem mesecu pri pogojih shranjevanja -60 °C, v inertni atmosferi in zaščitni pred svetlobo (Phillips in sod., 2010).

Preglednica 33: Vsebnost vitamina C oziroma askorbinske kisline (mg/100 g) v raziskanih vzorcih zelenjave na slovenskem tržišču (naša raziskava)

Table 33: Vitamin C or ascorbic acid content (mg/100 g) in the investigated samples of vegetables on the Slovenian market (our study)

zelenjava	askorbinska kislina (mg/100 g)			
	zunanj listi	notranji listi	vreteno	povprečje rastline
radič	2,1-3,0	0,8-1,8	1,1-6,9	
solata kristalka	2,6-5,4	1,5-4,4	0,9-1,4	
endivija	0,05-0,12	0,03-0,14	0,02-0,45	
zelena	0,20-0,24		0,14-0,89	0,02-1,41
kitajski kapus	3,7-6,7		4,0-5,8	
kitajski kapus*	4,9-8,2		3,9-7,8	
solata berivka				3,8-4,2
solata berivka*				6,2-8,3
rukvica	17,4-29,2		14,3-20,7	34,4-41,5
rukvica*	24,4-30,6		19,0-25,4	43,6-53,9
cikorija	19,6-21,3	17,4-20,2	0,6-1,6	
špinača	34,4-46,4		2,4-4,3	15,1-22,6
motovilec				29,6-43,2
motovilec*				36,3-48,1
peteršilj	115,4-158,5		20,7-31,9	
peteršilj*	130,1-187,9		28,5-44,4	
cvetača	67,3-84,33	13,5-16,2	33,8-45,2	
cvetača*	78,3-101,0	16,4-20,0	31,5-46,8	
regrat				0,9-13,6
regrat*				16,0-28,1

\*vitamin C

Preglednica 34: Vsebnost vitamina C (mg/100 g) v treh ponovitvah različne zelenjave (Kobovc, 2000)

Table 34: Vitamin C content (mg/100 g) in three repetitions of different vegetables

zelenjava	povprečna vrednost vitamina C (mg/100 g)		
	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev
maslenka	2,82	5,21	2,08
ledenka	4,52	5,20	4,32
endivija	4,40	1,12	4,57
rdeči radič	5,00	4,05	4,60
zeleni radič	12,09	10,38	-
regrat	16,61	18,71	17,01
zelje	42,87	33,97	54,53
cvetača	55,58	66,25	54,52
špinača	51,37	10,38	74,25
motovilec	88,87	33,80	-
rukvica	109,04	-	-

Če primerjamo vsebnosti vitamina C, ki smo jih izmerili z izmerjenimi vsebnostmi Kobovca, so vrednosti pri Kobovcu nekoliko višje, vendar bistveno ne odstopajo. Naše vrednosti so nižje pri endiviji in rukvici.

### 5.1.3 Povezava med askorbinsko kislino in nitrat

Preglednica 35: Primerjava vsebnosti vitamina C (mg/100 g) in nitratov (mg/kg) v različnih delih zelenjave preiskovanih vzorcev zelenjave na slovenskem tržišču (naša raziskava)

Table 35: Comparison of vitamin C (mg/100 g) and nitrates (mg/kg) in different parts of vegetables on the Slovenian market (our study)

Zelenjava	askorbinska kislina (mg/100g)	nitrat (mg/kg)
radič	2,1-2,9	3,0-3,9
solata kristalka	1,9-5,8	30,7-33,0
endivija	0,1-0,5	32,7-51,4
zelena	0,1-1,4	3,6-21,9
kitajski kapus	3,7-6,7	19,4-70,6
solata berivka	3,8-4,2	53,8-70,6
rukvica	14,3-41,5	149,0-155,2
cikorija	6,6-12,3	6,6-12,3
špinača	15,1-22,6	17,0-24,7
motovilec	29,6-43,1	20,6-28,2
peteršilj	20,7-158,5	11,2-72,3
cvetača	13,5-69,7	1,0-18,9
regrat	0,9-28,13,6	1,7-2,3

Če primerjamo vsebnosti askorbinske kisline in nitratov, lahko opazimo, da je vsebnost nitratov in askorbinske kisline dosti podobna, kar ne bi pričakovali. Predvidevali smo, da bo pri višji vsebnosti nitratov, manjša vsebnost vitamina C in obratno pri višji vsebnosti vitamina C, manjša vsebnost nitratov. Vse količine nitrata so manjše kot količine, ki so jih določili v različnih državah (Koreja, Japonska, Velika Britanija, Evropska unija, Nizozemska). Vsebnost askorbinske kisline pa je tudi dokaj nizka, kar bi lahko pripisali nepravilnemu skladiščenju.

Askorbinska kislina naj bi povečala aktivnost in sintezo encima nitrat reduktaze (Demšar, 2003), s čimer se zmanjšuje vsebnost nitratov v rastlini.

## 5.2 SKLEPI

- Primerjali smo vsebnost vitamina C oziroma askorbinske kisline v trinajstih različnih vrstah zelenjave: solati kristalki, radiču Verona, endiviji, zeleni, kitajskem zelju, solati berivkia, rukoli, cikoriji, motovilcu, peteršilju, cvetači in regratu.
- Ugotovili smo, da je največja vsebnost askorbinske kisline v peteršilju: v listni ploskvi od 115,4 do 158,5 mg/100 g sveže snovi in v stebelu 20,7 - 31,9 mg/100 g. Vitamina C pa v listni ploskvi 130,1 - 187,9 mg/100 g, v steblih pa 28,5 - 44,4 mg/100 g. Precej manj smo našli vitamina C v regratu, špinači, cvetači, motovilcu, cikoriji in rukvici. Vsebnosti se gibljejo od približno od 15 do 40 mg/100 g sveže snovi.
- Najmanj vitamina C smo določili v kitajskem kapusu, solati berivki, solati kristalki, endiviji, radiču Verona in zeleni. Več vitamina C se je nahajalo v listih zelenjave kot v pecljih oziroma v stebelu.
- V vseh trinajstih vrstah zelenjave smo primerjali tudi vsebnosti nitratov. Ugotovili smo, da je v zunanjih listih-zunanji rob več nitratov kot v notranjih listih-zunanji rob, največ pa v pecljih oz steblih.
- Najvišjo vsebnost nitratov smo našli v rukvici in sicer v peclju kar 201,7 - 242,7 mg/kg, v listni ploskvi pa 131,9 - 137,9 mg/kg.
- Najmanjšo vsebnost nitratov smo našli v radiču Verona, cikoriji, zeleni, regratu in cvetači približno od 1,0 - 3,5 mg/kg v listni ploskvi ter v peclju 3,1 - 18,9 mg/kg. Znatna vsebnost nitrata pa je bila v rukvici, solati kristalki, špinači, endiviji, motovilcu, kitajskem kapusu, solati berivki in peteršilju. Vsebnosti so se gibale približno v zunanjih listih-zunanji rob od 18,5 do 68,1 mg/kg, v notranjih listih-zunanji rob od 8,8 do 24,0 mg/kg ter v peclju od 34,5 do 72,3 mg/kg nitrata v sveži snovi, v rukvici pa celo 224 mg/kg.
- Primerjali smo tudi vsebnost nitrata glede na vsebnost askorbinske kisline in ugotovili, da vsebnost nitratov in vitamina C nista v povezavi.
- Pri primerjavi vsebnosti nitrata glede na askorbinsko kislino smo ugotovili, da v večini različnih vrst zelenjave več nitratov kot askorbinske kisline v zunanjih listih, prav tako v notranjih listih, vendar je to razmerje nekoliko manjše. V listnih ploskvah pa je več askorbinske kisline kot nitrata.
- Če zaužijemo zelenjavo z visoko vsebnostjo vitamina C, je negativni vpliv nitratov na naše zdravje manjši

## 6 POVZETEK

### 6.1 POVZETEK

Vitamin C je eden najpomembnejših kvalitetnih faktorjev v prehrani, ki ima biološko aktivnost v človeškem telesu. Poškodbe bioloških struktur, ki jih povzročijo prosti radikali, so pomembne v patofiziologiji srčno žilnih in malignih bolezni. Zato je danes v preventivi teh bolezni izredno veliko zanimanje za vlogo vitaminov, ki so naravni antioksidanti, eden izmed njih je tudi vitamin C.

Na vsebnost vitamina C vplivajo tudi zrelost sadja in zelenjave, odvisno tudi od vrste sadja in zelenjave. Pomembni so tudi pogoji pridelovanja. S povečevanjem gnojenja z dušikovimi gnojili, se manjša vsebnost vitamina C, kar velja za cvetačo, brokoli, različne citruse, nekatere kultivarje krompirja.

Nitrati in nitriti so naravna sestavina v zelenjavi, vodi, kar vse uživamo v vsakdanji prehrani. Zaradi njihovega možnega vpliva na zdravje se posveča pozornost na visoke vnose nitratov v telo, ki povečujejo tveganje za zbolevanje za rakom, methemoglobinemijo, povzroča visok krvni tlak. Nitrat se reducira do nitrita ali pa je prekurzor v endogeni formaciji karcinogenih nitrozaminov. V zadnjem času znanstveniki raziskujejo koristne učinke na zdravje ljudi. Vsebnost nitritov je v sveži zelenjavi navadno nizka, vendar se lahko zelo poveča z nepravilnim shranjevanjem zelenjave.

Človek pridobi nitrate večinoma eksogeno s hrano, prav tako pa se formirajo endogeno. Nitratom smo izpostavljeni predvsem zaradi endogene pretvorbe nitratov v nitrite.

Zelenjava, ki jo uživamo kuhano, tako kuhano na pari ali pa kot sestavino v raznih juhah in drugih jedeh, je imela po taki obdelavi tudi za več kot 75% manj nitratov kot prej.

Čprav zelenjava, kot na primer peteršilj, zelena, solata, špinača, rukvica, radič, akumulira nitrate v večjih količinah, pa tudi znižuje možnost zbolevanja za rakom zaradi vsebnosti antioksidantov kot so askorbat, tokoferol, beta karoten, fenolne spojine, indol, ki preprečujejo nastanek nitrozaminov.

Povečane količine zaužitih nitratov lahko povzroči oksidacijo hemoglobina v methemoglobin in povzroča methemoglobinemijo.

Nitrat sam po sebi ni toksičen za človeka, ki pa se lahko pretvori v toksičen nitrit. Nitritni ioni lahko reagirajo z sekundarnimi amini (proteini v obroku) in tako nastajajo nitrozamini, ki so karcinogeni.

Koncentracija nitratov v rastlinah je odvisna od vrste zelenjave, posameznega dela zelenjave, stadija zrelosti in samih genetskih faktorjev.

Dušikov oksid, ki nastaja v želodcu iz zaužitega nitrata, učinkuje na patogene v črevesju antimikrobno.

Ko pobereмо pridelano zelenjavo, lahko pride v času shranjevanja le te, zaradi delovanja rastlinskih encimov ali mikrobiološke aktivnosti, do povečane akumulacije nitritov.

V nalogi smo raziskovali vsebnost nitratov in nitritov ter vitamina C oziroma askorbinske kisline v različnih vrstah zelenjave in tudi v posameznih delih določene zelenjave. Primerjali smo povezavo vsebnosti nitratov z vsebnostjo askorbinske kisline.

Vzorke zelenjave smo dobili v veleprodajnem skladišču trgovine, razen vzorca regrata, ki je bil pobran na travniku.

Za določanje vitamina C smo vzorce zelenjave najprej homogenizirali v metafosforni kislini, centrifugirali in zamrzili pred nadaljnjo določitvijo s HPLC metodo.

Najvišjo vsebnost askorbinske kisline smo določili v vzorcu peteršilja in sicer v listih od 115,4 do 158,5 mg/100 g, v peclju pa manj od 20,7 do 31,9 mg/100 g sveže snovi, v vzorcu, kjer smo takoj dali reducent in nato vzorec, torej celokupne vrednosti askorbinske kisline in dehidroaskorbinske kisline: v listni ploskvi od 130,1 do 187,9 mg/100 g, v peclju pa od 28,5 do 44,4 mg/100 g. Pričakovali bi, da je v peclju več vitamina C in manj nitratov, ter v listih več nitratov in manj vitamina C. Relativno visoke vsebnosti vitamina C so še v cvetači, motovilcu, špinači, cikoriji, rukvici. Najmanj vitamina C pa smo ugotovili v solati kristalki, radiču Verona, kitajskem kapusu, endiviji, zeleni, solati berivki in regratu.

Nitrate v zelenjavi smo analizirali z merjenjem vsebnosti nitratov in nitritov z avtomatskim aparatom TECHNICON AUTOANALIZER II pri 520 nm.

Vsebnosti nitratov in nitritov so bile nizke v primerjavi z vrednostmi, ki so jih dobili v drugih raziskavah, po drugih državah. Zelenjava je tudi pomemben vir vitamina C, ki je pomemben v človeški prehrani, zato vsebnost nitratov ter nitritov ni razlog, da bi zmanjšali količino zaužite zelenjave. Z listnato zelenjavo zaužijemo določene količine nitratov, vendar zaužijemo tudi antioksidante kot so vitamin C, E, fenolne spojine, ki pa zavirajo nastanek nitrozaminov in ostalih škodljivih vplivov nitratov.

Največ nitratov smo z analizo našli v rukvici, v peclju 201,7 – 242,7 mg/kg; v listni ploskvi 131,9 – 137,9 mg/kg. V solati kristalki, špinači, endiviji, motovilcu, kitajskem kapusu, solati berivki in peteršilju približno 8 do 72 mg/kg. Zelo nizke vsebnosti nitratov pa smo ugotovili v radiču Verona, cikoriji, zeleni, regratu in cvetači. Največje vsebnosti nitratov smo našli v steblih in pecljih, manj v zunanjih listih-zunanji rob in še manj v notranjih listih-zunanji rob. Naše meritve nitratov in vitamina C v primerjavi s podatki iz literature kažejo na to, da zelenjava na našem tržišču vsebuje zelo nizke vrednosti nitratov in tudi relativno nizke vrednosti askorbinske kisline oziroma vitamina C.



## 6.2 SUMMARY

Vitamin C is one of the most important quality factors in the diet, which has biological activity in the human body. Damage to biological structures caused by free radicals, are important in the pathophysiology of cardiovascular and malignant diseases. Therefore, today in the prevention of these diseases is very great interest in the role of vitamins, which are natural antioxidants, one of them is vitamin C.

At the level of vitamin C is also influenced by the maturity of fruits and vegetables, depending on the type of fruit and vegetables. The conditions of cultivation are also important. With increasing in nitrogen fertilization the level of vitamin C is lower, which is the case for cauliflower, broccoli, various citrus fruits, some cultivars of potatoes.

Nitrates and nitrites are a natural component in vegetables, water, which we have in our everyday diet. Because of their potential impact on health focuses attention on high inputs of nitrates in the body that increase the risk for cancer morbidity rate, methemoglobinemia, causing high blood pressure. Nitrate is reduced to nitrite or is a precursor of endogenous formation of carcinogenic nitrosamines. Recently, scientists exploring its beneficial effects on human health. The content of nitrite in fresh vegetables are generally small, but it can be greatly increase with the improper storage of vegetables.

We acquires exogenous nitrates mainly by food. They are also formed endogenously. We are exposed to nitrate due to the endogenous conversion of nitrate to nitrite.

We eat cooked vegetables, boiled to steamed or as an ingredient in various soups and other dishes. After such treatment it has for more than 75% less nitrate than before.

While vegetables, such as parsley, celery, lettuce, spinach, rocket salad, radicchio, nitrate accumulates in large quantities, but also reduces the possibility of cancer morbidity rate due to the presence of antioxidants such as ascorbate, tocopherol, beta carotene, phenolic compounds, indole, which prevent formation of nitrosamines.

Increased amounts of nitrate ingested can cause oxidation of hemoglobin and causes methaemoglobinemia.

Nitrate in itself is not toxic to humans, but can be converted to toxic nitrite. Nitrite ions can react with secondary amines (protein in the diet), and thus formed nitrosamines which are carcinogenic.

Nitrate concentration in plants depends on the type of vegetables, each part of vegetables, stage of maturity and genetic factors alone.

Nitric oxide produced in the stomach from ingested nitrate, effects on the intestinal microbial pathogens.

During storage of vegetable can accumulation of nitrite increased by the action of plant enzymes or microbial activity.

In this work we investigated the content of nitrates and nitrites and vitamin C in different types of vegetables and also in different parts of certain vegetables. We compared the connection of nitrate and nitrite content of vitamin C.

Vegetable samples were obtained at wholesale warehouse, shops, except the sample of dandelion, which has been collected on the lawn.

For the determination of vitamin C samples were first homogenized vegetables in metaphosphoric acid, than centrifuged and frozen before further determination by HPLC method.

The highest content of vitamin C were determined in the leave of parsley from 115.4 to 158.5 mg/100 g, the shank is less than 20.7 to 31.9 mg/100 g fresh matter, in the sample where we immediately give a reducing agent and then the sample values are even higher: in the lamina from 130.1 to 187.9 mg/100 g in the shank and from 28.5 to 44.4 mg/100 g. We would expect that in the shank more vitamin C and less nitrates and nitrates in the leaves more or less of vitamin C. Relatively high levels of vitamin C are found in cauliflower, motovilcu, spinach, chicory, rocket salad, too. Less vitamin C were found in lettuce iceberg, Verona radicchio, Chinese cabbage, endive, celery, lettuce and dandelion.

Nitrate in vegetables was analyzed by measuring with an automatic apparatus TECHNICON AUTOANALIZER II at 520 nm.

Content of nitrate and nitrite were low in comparisson with values obtained in other studies in other countries. Vegetables are an important in human nutrition and it is reach source of vitamin C, so nitrate and nitrite is not a reason to reduce the amount of consumed vegetables. With leafy vegetables we consume a certain amount of nitrate, but it is also consumed antioxidants such as vitamin C, E, phenolic compounds, which inhibit the formation of nitrosamines and other adverse effects of nitrates.

Most nitrates are found in the rocket salad, the stalk from 201.7 to 242.7 mg / kg; the lamina from 131.9 to 137.9 mg/kg. The content of nitrtate was around 8 to 72 mg/kg in iceberg lettuce, spinach, endive, corn salad, chinese cabbage, lettuce and parsley. Very low levels of nitrates were found in Verona radicchio, chicory, celery, dandelion and cauliflower. The highest concentrations of nitrates were found in stems and petioles, and less in the outer leaves, the outer edge, and even less in the inner-outer edge of the leaf. Our measurements of nitrate and vitamin C compared with literature data show that in our market vegetables contain very low levels of nitrogen and the relatively low levels of ascorbic acid or vitamin C.

## 7 VIRI

- Amr A., Hadidi N. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO<sub>3</sub>) and nitrite (NO<sub>2</sub>) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *Journal of food Composition and Analysis*, 14: 59-67
- Bavec F. 1988. Genotipske karakteristike i prinos hibrida kukuruza u zavisnosti od gustine sklopa u uslovima Podravlja (Slovenija). *Savremena poljoprivreda*, 36: 476-481
- Belitz H. D., W. Grosch 1999. *Food chemistry*. 2<sup>nd</sup> ed. Berlin, Springer – Verlag: 378-391
- Bjorne H., Witzberg E., Lundberg J.O. 2006. Intra-gastric generation of antimicrobial nitrogen oxides from saliva- Physiological and therapeutic considerations. *Free Radical and Biology & Medicine*, 41: 1404-1412
- Bor J.-Y., Chen H. Y., Yen G. C. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 1680-1686
- Bottex B., Dorne J.L.C.M., Carlander D., Benford D., Przyrembel H., Heppner C., Kleiner J., Cockburn A. 2008. Risk-benefit health assesment of food- food fortification and nitrate in vegetables. *Trends in Food Science & Tecnology*, 19: S113-S119
- Chen B.-M., Li S.-H., Wang G.-X., Song H.-X., Wang X.-N. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three laefy vegetables. *Plant Science*, 167: 635-643
- Chetty A.A., Prasad S. 2009. Flow injection analysis of nitrate- N determination in root vegetables: Study of the effects of cooking. *Food Chemistry*, 116: 561-566
- Choi S.Y., Chung M.J., Lee S.J., Shin J.H., Shung N.J. 2007. N- nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic. *Food Control*, 18: 485-491
- Chung S. Y., Kim J.S., Kim M., Hong M.K., Lee J.O., Kim C.M., Song I.S. 2003. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. *Food Additives and Contaminants*, 20: 621-628
- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. 2006. *Official Journal of the European Union*, 49, L364: 5-24
- Conte A., Conversa G., Scrocco C., Brescia I., Laverse J., Elia A., Del Nobile M.A. 2008. Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce. *Postharvest Biology and Technology*, 50: 190 – 196
- Correia M., Barroso A., Barroso M.F., Soares D., Oliveira M. B. P. P., Delerue-Matos C. 2010. Contribution of different vegetable types to exogeneous nitrate and nitrite exposure. *Food Chemistry*, 120: 960-966

Černe M., Vrhovnik I. 1992. Vrtnine, vir zdravja in naša hrana. Ljubljana, Kmečki glas: 219 str.

Ćustić M., Horvatić M., Butorac A. 2002. Effects of nitrogen fertilization upon the content of essential amino acids in head chichory (*Cichorium intybus* L. var. *Foliosum*). *Scientia Horticulturae*, 92: 205-215

Debenjak P., Debenjak D. 2004. Referenčne vrednosti za vnos hranil. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 215 str.

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.

Duncan C., Li H., Dykhuizen R., Frazer R., Johnston P., MacKnight G., Smith L., Lamza K., McKenzie H., Batt L., Kelly D., Golden M., Benjamin N., Leifert C. 1997. Protection against oral and gastrointestinal diseases: importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 118 (4): 939-948

Ellis G., Adatia I., Yazdanpanah M., Makela S.K. 1998. Nitrite and nitrate analyses: A clinical biochemistry perspective. *Clinical Biochemistry*, 4: 195 – 220

Favell D.J. 1998. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food Chemistry*, 62: 59-64

Follett J. R., Follett R.F. 2008. Relationship of environmental nitrogen metabolism to human health. Nitrogen in the environment: sources, problems and management 2nd ed. J. L. Hatfield and R. F. Follett (Eds.). Elsevier Incorporation: 71 – 104

Fowden L. 1981. Non-protein amino acids of plants. *Food Chemistry*, 3: 201-211

Furlan T. 2007. Izbor sortimenta solate (*Lactuca sativa* L.) za gojenje v neogrevanem prostoru. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 9-9

Gangolli S. D., van den Brandt P. A., Feron V. J., Janzowsky F. C., Koeman J. H., Speijers G. J. A., Spiegelhalder B., Walker R., Wishnok J. S. 1994. Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *European Journal of Pharmacology: Environmental Toxicology and Pharmacology Section* 292: 1-38

Gago B., Landberg J. O., Barbosa R. M., Laranjinha J. 2007. Red wine dependent reduction of nitrite to nitric oxide in the stomach. *Free Radical Biology and Medicine*, 43: 1233-1242

Giannakourou M.C., Taoukis P.S. 2003. Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry*, 83: 33-41

Gilchrist M., Winyard P. G., Benjamin N. 2010. Dietary nitrate-good or bad?. *Nitric Oxide, Biology and Chemistry Official Journal of Nitric Oxide Society*, 22 (2): 104-109

- Habjan Dovč M. 2006. Vsebnost vitamina C in nitrata v radiču. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 68 str.
- Hagen S. F., Borge G. I. A., Solhaug K. A., Bengtsson G. B. 2009. Effect of cold storage and harvest date on bioactive compounds in curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala*). *Postharvest Biology and Technology*, 51: 36-42
- Halliwell B. 2008. The wanderings of a free radical. *Free Radical Biology & Medicine*, 46: 531-542
- Holt E. M., Steffen L. M., Moran A., Basu S., Steinberger J., Ross J. A., Hong C.-P., Sinaiko A. R. 2009. Fruit and vegetable consumption and its relation to markers of inflammation and oxidative stress in adolescents. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 3: 414-419.
- Hounsome N., Hounsome B., Tomos D., Edwards-Jones G. 2009. Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 173-179
- Hsu J., Arcot J., Lee N. A. 2009. Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry*, 115: 334 – 339
- Hunter J.K., Fletcher J. M. 2002. The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3: 399-406
- Ierna A. 2009. Influence of harvest date on nitrate contents of three potato varieties for off-season production. *Journal of food Composition and Analysis*, 22, 6: 551-555
- Jaworska G. 2005. Nitrates, nitrites, and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. *Food Chemistry*, 93: 395-401
- Kalt W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*, 77: 11-19
- Kmiecik W., Lisiewska Z. 1999. Effects of pretreatment and conditions and period of storage on some quality indices of frozen chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Food Chemistry*, 67: 61-66
- Kobovec T. 2000. Določanje vsebnosti vitamina C v različnih vrstah zelenjave. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 60 str.
- Kulkarni S. G., Chauhan A. U., Ramana K. V. R. 2003. Nitrate and nitrite in some important South Indian vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, 40, 5: 518-520.

Leszczynska T., Filipiak-Florkiewicz A., Cieslik E., Sikora E., Pisulewski P. M. 2009. Effects of some processing methods on nitrate and nitrite changes in cruciferous vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 315 – 321

Lin K., Wu Y., Shen W. 2009. Interaction of total N- nitroso compounds in environment and in vivo on risk of esophageal cancer in the costal area, China. *Environment International*, 35: 376-381

Lisiewska Z., Kmiecik W. 1996. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chemistry*, 57: 267-270

Lisiewska Z., Kmiecik W. 1997. Effect of freezing and storage on quality factors in Hamburg and leafy parsley. *Food Chemistry*, 60, 4: 633-637

Ljubisavljević M. 1989. Zrnati proizvodi u prometu. Beograd, Nolit: 37–47

Markec M. 2002. Vsebnost nitratov v kitajskem kapusu in zelju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 49 str.

Martinez – Sanchez A., Allende A., Bennett R. N., Ferreres F., Gil M. I. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology*, 42: 86 – 97

Medić-Šarić M., Buhač I., Bradamante V. 2002. Vitamini in minerali resnice in predsodki. Ptuj, IN OBS Medicus: 342 str.

Mihajlović B.M. 1997. Zdravljenje s sadjem in zelenjavo. Ljubljana, Kmečki glas: 364 str.

Mihičičinac M. 2007. Pridelek različnih tipov solate (*Lactuca sativa* L.) v gojitvenih ploščah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 10-10

Moreno D. A., Carvajal M., Lopez- Berenguer C., Garcia- Viguera C. 2006. Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1508-1522

Mirvish S. S. 1995. Role of N-nitrosocompounds (NOC) and N-nitrosation in etiology of gastric, esophageal, nasopharyngeal and bladder cancer and contribution to cancer of known exposures to NOC. *Cancer Letters*, 93: 17-48

Myshkin A. E., Konyaeva V. S., Gumargalieva K. Z., Moiseev Y. V. 1996. Oxidation of ascorbic acid in the presence of nitrites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 2948-2950

Olivera D. F., Vina S. Z., Marani C. M., Ferreyra R. M., Mugridge A., Chaves A. R., Mascheroni R. H. 2008. Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. *gemmifera* DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 84: 148 – 155

Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1994. Pridelovanje zelenjave na vrtu. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 241 str.

Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2003. Integrirano pridelovanje zelenjave. Ljubljana, Kmečki glas: 294 str.

Osvald J. Kogoj-Osvald M. 1999. Gojenje zelja. Gojenje zelenjavnic za domače potrebe in trženje. Šempeter pri gorici, Osvald: 36 str.

Pavlou G. C., Ehaliots C. D., Kavvadias V. A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 111: 319-325

Pennington J. A. T. 1998. Dietary exposure models for nitrates and nitrites. *Food Control*, 9: 385 – 395

Phillips K. M., Tarrago-Trani M. T., Gebhardt S. E., Exler J., Patterson K. Y., Haytowitz D. B., Pehrsson P. R., Holden J. M. 2010. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 253-259.

Pietraforte D., Castelli M., Metere A., Scorza G., Samoggia P., Menditto A., Minetti M. 2006. Salivary uric acid at the acidic pH of the stomach is the principal defence against nitrite – derived reactive species: Sparing effects of chlorogenic acid and serum albumin. *Free Radical Biology & Medicine*, 41: 1753 – 1763

Podsedeck A. 2005. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie-Food Science and Technology*, 40: 1-11

Požar J. 2003. Hranoslovje-zdrava prehrana. Maribor, Obzorja: 190 str.

Prasad S., Chetty A.A. 2008. Nitrate – N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry*, 106: 772 – 780

Proietti S., Moscatello S., Famiani F., Battistelli A. 2009. Increase of ascorbic acid content and nutritional quality in spinach leaves during physiological acclimation to low temperature. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47: 717-723

Ralt D. 2009. Does NO metabolism play role in the effects of vegetables in health? Nitric oxide formation via the reduction of nitrites and nitrates. *Medical Hypotheses*, 73: 794-796

Reinik M., Tamme T., Roasto M., Jukham K., Jurtsenko S., Tenno T., Kiss A. 2005. Nitrites, nitrates and N-nitrosamines in Estonian cured meat products: intake by Estonian children and adolescents. *Food Additives and Contaminants*, 11: 1098-1105

Reinik M. 2007. Nitrates, nitrites, N-nitrosamines and polycyclic aromatic hydrocarbons in food: analytical methods, occurrence and dietary intake. Doctors dissertation. Tartu, University of Tartu: 69 str.

- Renner M. 2006. Vpliv rezanja in kontrolirane atmosfere na vsebnost vitamina C v zelju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 87 str.
- Rodrigues C.M.A., Della Lucia C. M., Azeredo R. M. C., Cota A. M., Santana A. M. C., Pinheiro-San't Ana H. M. 2010. Control of vitamin C losses in vegetables prepared at a food service. *Food Control*, 21, 3: 264-271
- Sanchez C.A., Crump K.S., Krieger R.I., Khandaker N. R., Gibbs J. P. 2005. Perchlorate and nitrate in leafy vegetables of North America. *Environmental Science & Technology*, 24: 9391-9397
- Santamaria P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 10-17
- 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
- Santos P.H.S., Silva M. A. 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables: A review. *Drying Technology*, 26: 1421-1437
- Serpen A., Goekmen V. 2007. Reversible degradation kinetics of ascorbic acid under reducing and oxidizing conditions. *Food Chemistry*, 104: 721-725
- Shao-Ting D., Yong-Song Z., Xian-Yong L. 2007. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. *Agricultural Sciences in China*, 6: 1246-1255
- Song L., Thornalley P.J. 2007. Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 45: 216 – 224
- Stagnari F., Di Bitetto V., Pisante M. 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. *Scientia Horticulturae*, 114: 225 – 233
- Stopar D., Odić D., Mahne I. 2005. Praktikum iz mikrobne ekologije za študente biologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 18-18
- Sun-Ju K., Gensho I. 2007. Effect of storage temperature and duration on glucosinolate, total vitamin C and nitrate contents in rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 966-973
- Sušin J., Kmecl V., Gregorčič A. 2006. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996-2002. *Food Additives and Contaminants*, 23, 4: 385-390
- Šubelj V. 2000. Kopičenje in poraba nitrita v procesu nitrifikacije in denitrifikacije pri znižanem tlaku kisika in visokih koncentracijah amonijskega dušika. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Enota medoddelčnega študija mikrobiologije: 51str.



Tamme T., Reinik M., Roasto m., Juhkam K., tenno T., Kiis A. 2006. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. *Food Additives and Contaminants*, 23, 4: 355-361

Thomson B. M., Nokes C. J., Cressey P. J. 2007. Intake and risk assesment of nitrate and nitrite from New Zeland foods and drinking water. *Food Additives and Contaminants*, 24: 113-121

Tosun B. N., Yucececan S. 2008. Influence of commercial freezing and storage on vitamin C content of some vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 316-321

Tsouvaltzis P., Gerasopoulos D., Siomos A.S. 2007. Effects of base removal and heat treatment on visual and nutritional quality of minimally processed leeks. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 158-164

Ugrinović K. 2006. Kaj jemo, ko jemo rukolo. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 1-1  
<http://www.kvarkadabra.net/article.php/rukola> (februar 2010 )

Umar A.S., Iqubal M., Abrol Y. P. 2007. Are nitrate concentrations in leafy vegetables within safe limits. *Current Science*, 92: 355-360

Uredba komisije (ES) št.1881/2006 z dne 19.12.2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. *Uradni list Republike Slovenije*, 2, 27: 3585-3586

VanVelzen A. G., Sips A. J. A. M., Schothorst R. C., Lambers A. C., Meulenbert J. 2008. The oral bioavailability of nitrate from nitrate – rich vegetables in humans. *Toxicology Letters*, 181: 177 – 181

Vardjan F. 1987. Vrtno zelenjadarstvo. Ljubljana, ČZP, Kmečki glas: 291 str.

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

Vina S.Z., Chaves A.R. 2006. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 94: 68-74

Volden J., B. Bengtsson G., Wicklund T. 2009. Glucosinolates, L-ascorbic acid, total phenols, anthocyanins, antioxidant capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. *Botrytis*); effects of long term freezer storage. *Food Chemistry*, 112: 967-976

Ze-Yi Z., Ming-Jian W., Ju-Si W. 2000. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Reviews International*, 16, 1: 61-76.

Yu-Ping S., Cheng-Chun C., Roch-Chui Y. 2009. Antioxidant activity of lactic – fermented Chniese cabbage. *Food Chemistry*, 115: 912-917

Wachtel–Galor S., Wing Wong K., Benzie F.F I. 2008. The effect of cooking on Brassica vegetables. *Food Chemistry*, 110: 706 – 710

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marjanu Simčiču in doc. Dr. Nini Kacjan Maršić za znanje in pomoč pri izdelavi magistrske naloge. Zahvaljujem se Tomažu Požrlu za tehnično pomoč in za vso moralno oporo ter spodbudne besede, ko sem imela občutek, da ne gre več.

Zahvala gre tudi Sonji Čerpič za pomoč pri izvedbi analiz.

Predvsem pa hvala moji družini, ki je imela potrpljenje z menoj skozi ves čas podiplomskega študija. Hvala Jože, Lea in Žiga.

Tudi vsem mojim sodelavcem, ki ste sodelovali pri mojih prizadevanjih, se zahvaljujem za spodbudne besede.