

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Darko GARJETOVIĆ

**VSEBNOST MAŠČOBNIH KISLIN, SLADKORJEV IN
VITAMINA C V KULTIVARJIH ZELJA
(*Brassica oleracea* L.)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2006

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Darko GARJETOVIĆ

**VSEBNOST MAŠČOBNIH KISLIN, SLADKORJEV IN VITAMINA C V
RAZIČNIH KULTIVARJIH ZELJA
(*Brassica oleracea* L.)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DETERMINATION OF FATTY ACIDS, SUGARS AND VITAMIN C
CONTENT IN A DIFFERENT SPECIES OF CABBAGE
(*Brassica oleracea* L.)**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomska naloga je bila opravljena na Katedri za tehnologije rastlinskih živil Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomske naloge določila doc. dr. Rajka Vidriha, za recenzentko pa prof. dr. Terezijo Golob.

Mentor: doc. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Terezija Golob

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat avtorjevega lastnega raziskovanega dela.

Darko Garjetović

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 635.34:543.631(043)=863
KG zelje/sveže zelje/*Brassica oleracea* L./kemijska sestava/maščobne kisline/sladkorji/vitamin C
AV GARJETOVIĆ, Darko
SA VIDRIH, Rajko (mentor)/ GOLOB, Terezija (recenzentka)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2006
IN VSEBNOST MAŠČOBNIH KISLIN, SLADKORJEV IN VITAMINA C V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA (*Brassica oleracea* L.)
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP X, 56 str., 19 pregl., 22 sl., 79 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Namen naloge je bil določiti vsebnost maščobnih kislin, sladkorjev in vitamina C v zelju. Uporabili smo 18 kultivarjev zelja in sicer: Vestri F1, Pandion F1, Tucana F1, Hermes F1, Atria F1, Erfurtsko rdeče, Holandsko pozno, Fieldwiner F1, Hinova F1, Destiny F1, Parel F1, Maestro F1, Huzaro F1, Tropicana F1, Rona F1, Ombrios F1, Slava, Caco. Rezultati analiz so pokazali, da so prevladujoče maščobne kisline v zelju palmitinska (20,78-31,31 mg/100 g), stearinska (2,88-8,39 mg/100 g), arihidinska (1,40-4,38 mg/100 g), oleinska (7,58-26,16 mg/100 g), linolna (9,56-61 mg/100g), γ -linolenske (0,45-2,44 mg/100 g), α -linolenske (10,70-26,95 mg/100 g), gadoleinske (1,68-5,32 mg/100 g), eikozadienojska kislina (1,38-5,67 mg/100 g), dihomog γ -linolenska (0,91-8,26 mg/100 g), eikozatrienojska kislina (0,94-4,32 mg/100 g). Rezultati analiz sladkorjev so pokazali, da kultivarji zelja vsebujejo veliko saharoze (0-754,3 mg/100g), glukoze (2022,7-3049,6 mg/100 g) ter fruktoze (1214,9-2273,9 mg/100 g). Ugotovili smo, da zelje vsebuje veliko vitamina C (36,3-67,6 mg/100 g).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDK 635.34:543.631(043)=863
C cabbages/fresh cabbage/*Brassica oleracea* L./chemical composition/fatty acids/sugars/vitamin C
AU GARJETOVIĆ, Darko
AA VIDRIH, Rajko (supervisor) / GOLOB, Terezija (reviewer)
PP SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY 2006
TI DETERMINATION OF FATTY ACIDS, SUGARS AND VITAMIN C CONTENT IN A DIFFERENT SPECIES OF CABBAGE (*Brassica oleracea* L.)
DT Graduation Thesis (University studies)
NO X, 56 p., 19 tab., 22 fig., 79 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The main objective of the thesis was to determine the fatty acids composition, the content of sugars and vitamin C in the different cultivars of the cabbage. Following 18 cultivars were used: Vestri F1, Pandion F1, Tucana F1, Hermes F1, Atria F1, Erfurtsko rdeče, Holandsko pozno, Fieldwiner F1, Hinova F1, Destiny F1, Parel F1, Maestro F1, Huzaro F1, Tropicana F1, Rona F1, Ombrios F1, Slava, Caco. Cabbage cultivars contained the following fatty acids: palmitic (20,78-31,31 mg/100 g), stearic (2,88-8,39 mg/100 g), arihidic (1,40-4,38 mg/100 g), oleic (7,58-26,16 mg/100 g), linoleic (9,56-61 mg/100g), γ -linoleinc (0,45-2,44 mg/100 g), α -linoleinc (10,70-26,95 mg/100 g), gadoleinic (1,68-5,32 mg/100 g), eikosadienoic acid (1,38-5,67 mg/100 g), dihomog γ -linoleinc (0,91-8,26 mg/100 g), eikosatrienoic acid (0,94-4,32 mg/100 g). The cultivars of cabbage contained a larger portion of sucrose (0-754,3 mg/100 g), glucose (2022,7-3049,6 mg/100 g) and fructose (1214,9-2273,9 mg/100 g). Cabbage cultivars contained relatively large amount of ascorbic acid (36,3-67,6 mg/100 g).

KAZALO VSEBINE

	stran
Ključna informacijska dokumentacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VIII
Kazalo slik.....	IX
Okrajšave in simboli.....	X
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN DELA.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 ZGODOVINA IN IZVOR ZELJA.....	2
2.1.1 Botanična razvrstitev zelja.....	3
2.2 RAZŠIRJENOST PRIDELOVANJA ZELJA.....	3
2.2.1 Slovenija.....	3
2.2.2 Svet.....	4
2.2 SORTIMENT ZELJA.....	4
2.4 ŽIVLJENSKI PROCESI ZELJA PO OBIRANJU.....	5
2.4.1 Dihanje.....	5
2.5 SKLADIŠČENJE ZELJA.....	6
2.6 KULTIVARJI ZELJA.....	7
2.6.1 Zelje cv. Vestri F1.....	7
2.6.2 Zelje cv. Pandion F1.....	7
2.6.3 Zelje cv. Tucana F1.....	8
2.6.4 Zelje cv. Hermes F1.....	8
2.6.5 Zelje cv. Atria F1.....	9
2.6.6 Zelje cv. Erfurtsko rdeče.....	9
2.6.7 Zelje cv. Holandsko pozno.....	10
2.6.8 Zelje cv. Fieldwiner F1.....	10
2.6.9 Zelje cv. Hinova F1.....	11
2.6.10 Zelje cv. Destiny F1.....	11
2.6.11 Zelje cv. Parel F1.....	12
2.6.12 Zelje cv. Maestro F1.....	12
2.6.13 Zelje cv. Huzaro F1.....	13
2.6.14 Zelje cv. Tropicana F1.....	13
2.6.15 Zelje cv. Rona F1.....	13
2.6.16 Zelje cv. Ombrios F1.....	14
2.6.17 Zelje cv. Slava.....	14
2.6.18 Zelje cv. Caco.....	14

2.7	POMEN ZELJA.....	15
2.7.1	Zdravilna vrednost	15
2.7.2	Pomen zelja v prehrani.....	15
2.7.3	Hranilna vrednost.....	15
2.8	AMINOKISLINE.....	17
2.9	MINERALNE SNOVI.....	18
2.10	VITAMINI.....	18
2.11	ORGANSKE KISLINE.....	19
2.12	ŽVEPLO VSEBUJOČE SNOVI.....	19
2.13	PREHRANSKA VLAKNINA.....	19
2.14	MAŠČOBNE KISLINE.....	20
2.14.1	Prehransko fiziološki pomen maščobnih kislin, funkcionalno živilo	22
2.14.2	Metode določanja maščobnih kislin	24
2.14.3	Viri najpomembnejših maščobnih kislin	24
2.15	SLADKORJI.....	25
2.15.1	Zgradba ogljikovih hidratov	25
2.15.2	Vrste ogljikovih hidratov	26
2.15.3	Lastnosti ogljikovih hidratov	27
2.15.4	Določanje sladkorjev	27
2.15.4.1	Določanje sladkorjev s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC).....	27
2.15.4.2	Določanje sladkorjev s plinsko kromatografijo (GC).....	28
2.15.4.3	Določanje sladkorjev s tankoplastno kromatografijo (TLC).....	28
2.15.4.4	Kvantitativna tankoplastna kromatografija (QTLC).....	28
2.16	VITAMIN C.....	29
2.16.1	Definicija in biološki pomen vitaminov	29
2.16.2	Nomenklatura	29
2.16.3	Struktura L-askorbinske kisline	29
2.16.4	Biosinteza L-askorbinske kisline	31
2.16.5	Vitamin C v živilih	31
2.16.6	Fizikalne lastnosti L-askorbinske kisline	32
2.16.7	Izguba vitamina C	32
2.16.8	Biokemijska vloga vitamina C	33
2.16.9	Metode določanja vitamina C	33
3	MATERIALI IN METODE DELA	35
3.1	MATERIAL	35
3.2	NAČRT DELA	35
3.3	ANALITSKE METODE	35
3.3.1	Priprava in shranjevanje vzorcev	35
3.3.2	Določanje maščobnih kislin kot metilnih estrov v zelju	36
3.3.3	Plinska kromatografija	36
3.3.4	Določanje sladkorjev s HPLC metodo	37
3.3.5	Določanje vitamina C s pomočjo HPLC metode	37
3.3.6	Statistična analiza	38

4	REZULTATI	40
4.1	VSEBNOST MAŠČOBNIH KISLIN V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA....	41
4.2	VSEBNOST SLADKORJEV V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA.....	44
4.3	VSEBNOST VITAMINA C V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA.....	45
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	46
5.1	RAZPRAVA.....	46
5.2	SKLEPI.....	48
6	POVZETEK	49
7	ZAHVALA	50
8	VIRI	51

KAZALO PREGLEDNIC

	stran
Preglednica 1: Botanična razvrstitev zelja (Černe, 1998).....	3
Preglednica 2: Kemijska sestava zelja (Hribar, 2002).....	16
Preglednica 3: Nekatera za prehrano pomembna makrohranila v g/100 g očiščenega zelja (Černe in Vrhovnik, 1992).....	16
Preglednica 4: Kemijska sestava belega in rdečega zelja (Souci in sod., 2000).....	16
Preglednica 5: Maščobnokislinska sestava zelja (Peng, 1974).....	17
Preglednica 6: Vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze v kultivarjih Heckla in Predikant (Wennberg in sod., 2006).....	17
Preglednica 7: Količina aminokislin v mg /100 g očiščenega zelja (Černe, 1998).....	17
Preglednica 8: Za prehrano pomembni elementi v mg/ 100 g očiščenega zelja (Černe, 1998).....	18
Preglednica 9: Vsebnost nekaterih vitaminov v mg/100 g očiščenega zelja (Černe, 1998).....	18
Preglednica 10: Vsebnost kislin v mg/100 g svežega zelja (Černe, 1998).....	19
Preglednica 11: Vsebnost glukozinolatov v kapusnicah v mg/kg (Hermann, 1992; Vogel, 1996).....	19
Preglednica 12: Vsebnost vlaknine v svežem belem zelju in po 7- dnevnem kisanju (Boslov in sod., 1991; Vogel; 1996).....	20
Preglednica 13: Najpogostejše nasičene maščobne kisline (Perkins, 1991).....	21
Preglednica 14: Najpogostejše nenasičene maščobne kisline prisotne v naravi (Min in Bradley, (1992).....	22
Preglednica 15: Fizikalne lastnosti vitamina C (Bender, 1993).....	32
Preglednica 16: Maščobnokislinska sestava različnih kultivarjev zelja (mg/100 g).....	41
Preglednica 17: Maščobnokislinska sestava različnih kultivarjev zelja (mg/100 g).....	42
Preglednica 18: Vsebnost saharoza, glukoze in fruktoze v različnih kultivarjih zelja.....	44
Preglednica 19: Vsebnost vitamina C v različnih kultivarjih zelja.....	45

KAZALO SLIK

Slika 1:	Zelje kultivarja Vestri F1 (Hibridna zelja za kisanje/skladiščenje: Vestri F1, 2006).....	7
Slika 2:	Zelje kultivarja Pandion F1 (Belo zelje: Pandion F1, 2006)	7
Slika 3:	Zelje kultivarja Tucana F1 (Povrče: Tucana F1, 2006).....	8
Slika 4:	Zelje kultivarja Hermes (Matotan, 2004).....	8
Slika 5:	Zelje kultivarja Atria F1 (Hibridna zelja za kisanje/skladiščenje: Atria F1, 2006).....	9
Slika 6:	Zelje kultivarja Erfurtsko rdeče (Povrče: Erfurtski crveni kupus, 2006).....	9
Slika 7:	Zelje kultivarja Holandsko pozno (Povrče: Holandski kasni, 2006).....	10
Slika 8:	Zelje kultivarja Fieldwiner F1(Bejo Zaden B.V.: cv. Fieldwiner F1 2006).....	10
Slika 9:	Zelje kultivarja Hinova F1 (Bejo Zaden B.V.: cv. Hinova F1, 2006).....	11
Slika 10:	Zelje kultivarja Destiny F1 (Matotan, 2004).....	11
Slika 11:	Zelje kultivarja Parel F1 (Matotan, 2004).....	12
Slika 12:	Zelje kultivarja Maestro F1 (Matotan, 2004).....	12
Slika 13:	Zelje kultivarja Huzaro F1 (Matotan, 2004).....	13
Slika 14:	Zelje kultivarja Tropicana F1 (Rada, 2006).....	13
Slika 15:	Zelje kultivarja Rona F1 (The scientific-advisory Center “seed of SVS”, 2006).....	13
Slika 16:	Zelje kultivarja Ombrios F1 (Bejo Zaden B.V.: cv. Hinova F1, 2006).....	14
Slika 17:	Zelje kultivarja Slava F1 (Povrče: Kupus cv. Slava F1, 2006).....	14
Slika 18:	Strukturna formula glukoze in fruktoze (Karlson, 1980).....	25
Slika 19:	Strukturna formula disaharidov(Kodele in sod., 1997).....	26
Slika 20:	Oksidacija L-askorbinske kisline (Basu in Dickerson, 1996).....	29
Slika 21:	Biosinteza L-askorbinske kisline (Goodhart in Shils, 1980).....	31
Slika 22:	Reakcija 2,6-diklorofenolindofenola z L-askorbinsko kislino (Basu in Schorach, 1982).....	34
Slika 22:	Povprečna vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze.....	44

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AK	L- askorbinska kislina
ATP	adenozin trifosfat
cv.	kultivar
$C_6H_8O_6$	vitamin C
$FADH_2$	flavin adenein dinukleotid
GC	plinska kromatografija
H^+	vodikov proton
HDL	lipoprotein visoke gostote
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
HPO_3	hidrogen fosfat
LDL	lipoprotein nizke gostote
MK	maščobne kisline
NAD^+	nikotinamid adenin dinukleotid
NADH	nikotinameidadenin di nukleotid fosfat
OH	ogljikovi hidrati
QTLC	kvantitativna tankoplastna kromatografija
TLC	tankoplastno kromatografijo
VMK	višja maščobna kislina
SZO	svetovna zdravstvena organizacija
LSM	ocenjena srednja vrednost
SEM	standardna napaka

1 UVOD

Zelje (*Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *capitata*) je vrtnina, ki spada v skupino kapusnic in jo lahko z biološkim kisanjem predelamo v kislo zelje ali pa uživamo presno kot solato.

Nekdaj so bile kapusnice izredno pomembne v prehrani, ker so bile v zimskih mesecih skoraj edine vrtnine. Že zgodaj so odkrili njihov pomen za zdravljenje različnih bolezni pa tudi za preprečevanje pojava skorbuta. Tako je denimo angleški raziskovalec in pomorščak Cook vzel na tri letno plovbo 6 ton kislega zelja. Ta način predelave so poznali že stari Slovani še pred našim štetjem. Naši predniki so se od oktobra do aprila vsak dan hranili s kislim zeljem. Tudi zdaj je kislo zelje cenjeno živilo predvsem v zimskem času. S širjenjem pridelovanja drugih kapusnic se je povečala tudi njihova izbira, kar je vplivalo na večjo pestrost v prehrani (Černe, 1998).

Po hranilni vrednosti so zelje oziroma kapusnice uvrščene med vrtnine z nižjo energijsko vrednostjo, a je vendar bogato z vitamini, minerali in vlakninami. Ker vsebuje precej vlaknin, pospešuje prebavo in iztrebljanje. Zelje vsebuje malo ogljikovih hidratov (škroba, sladkorjev), zato je priporočljivo za diabetike. Zelje (kuhano, presno in kisano) pospeši črevesno delovanje in tek; zaradi acetilholina širi ožilje in znižuje krvni pritisk. Je bogato z vitamini, kot so: karoten (0,70 mg/100 g), B₁, B₂, C, E in K (4 mg/100 g). Bogato je tudi z mineralnimi snovmi, zlasti s kalijem (475 mg/100 g), kalcijem (50 mg/100 g) in fosforjem (47 mg/100 g) vsebuje tudi veliko magnezija in natrija (31 mg/100 g) (Vardjan, 1987).

Vse kapusnice so bogate z beljakovinami, največ jih je v cvetači, karotena pa je največ v rdečem zelju (Vardjan, 1987).

Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) predlaga, da bi dnevno zaužili najmanj 500 g sveže zelenjave, predvsem zaradi visoke vsebnosti antioksidantov, pa tudi zaradi manjše vsebnosti maščob, večje vsebnosti vlaknin, vitaminov in mineralov.

1.1 NAMEN DELA

Namen raziskave je bil:

- Določiti vsebnost višjih maščobnih kislin v različnih kultivarjih zelja;
- Določiti vsebnost reducirajočih sladkorjev v različnih kultivarjih zelja;
- Določiti vsebnost vitamina C v različnih kultivarjih zelja;
- Ugotoviti, ali obstaja med različnimi kultivarji razlika v vsebnosti analiziranih parametrov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZGODOVINA IN IZVOR ZELJA

Zelje spada v skupino kapusnic, te pa izvirajo iz Sredozemlja, predvsem iz Male Azije, kjer uspevajo številne samorasle križnice. Te se nahajajo tudi ob obalah Atlantika, zato nekateri menijo, da izvirajo iz obeh območij.

Kapusnice so poznali že Kelti, nekateri predvidevajo, da so jih ti začeli širiti po Evropi. Po nekaterih virih samorasle križnice, ki rastejo ob obalah Danske, Anglije in Francije veljajo za podivjane gojene vrste.

V Egiptu kapusnic niso uživali, ker so tam zrasle rastline, ki so imele pekoč okus. Kapusnice so poznali že stari Grki. Aristotelov učenec Tefrast (371-286 pr. n. š.) je opisal tri vrste kapusnic; to so kodrolistne, gladkolistne in samorasle, ki so zelo pekoče. Te tri vrste so predhodniki kodrlistnega ohrovta, ohrovta in zelja. V stari Grčiji so kapusnice sejali julija in jih pobirali naslednjo pomlad, kar je v Sredozemlju še zdaj običajen način pridelovanja.

Med starimi Rimljani je Kato (234-149 pr.n.š.) kapusnice razdelil v naslednje tipe: z mehurjastimi listi, gladkimi listi in debelim stebлом, majhne rastline s pekočim okusom. Slednje spominjajo na tip, ki ga je opisal že Teofrast. Kolumela, ki je bil najpomembnejši starorimski agronom in je živel v prvem stoletju našega štetja, je kapusnice poimenoval *Brassicas*.

Nekateri grški avtorji so kapusnice poimenovali »krambe«, drugi pa »raphanos«, vendar obe besedi označujeta isti pomen. Rimljani so kapusnice poimenovali »brassica« ali pa »cauli«. Zelje je beseda provansalskega izvora, iz besede »zel«, stari Prusi so ga imenovali »salijan«, baltiško ime pa je »zale«. Ostali izrazi izvirajo iz latinske besede »caput, capitis«, kar pomeni glava. Tako v srbohrvaščini zelje imenujejo kapus ali kupus (Černe, 1998).

Kapusnice so nekoč pripravljali surove ali kuhane. Surove so namakali v kisu, poganjke so hranili v kisu in brez dostopa zraka. Načina kisanja kapusnic s soljo, da bi se razvila mlečna kislina, še niso poznali. Ta način pridelave so začeli uporabljati stari Slovani.

Vzgoja kapusnic je bila domena samostanov, ki so jih sprva vzgajali v zdravilne namene, šele kasneje za hrano. V zahodni Evropi so se razvile številne populacije zelja, iz teh pa krajevne sorte. Nekatere teh krajevnih sort pridelujejo še dandanes. V starih opisih je zelje vedno okroglo, šele v 18. stoletju so vzgojili zelje s pokončnimi glavami. V ZDA so zelje začeli pridelovati nemški, danski in nizozemski priseljenci, ki so ga prinesli iz Evrope. Te stare sorte so bile pomembne za žlahtnjenje vseh poznejših sort. Že leta 1828 so v ZDA poznali 18 sort zelja za kisanje; ta postopek so v Ameriki uvedli nemški priseljenci (Černe, 1998).

2.1.1 Botanična razvrstitev zelja

Preglednica 1: Botanična razvrstitev zelja (Černe, 1998).

oddelek	Spermatophytina (<i>Angiospermae</i>)	kritosemenke	
razred	Magnoliatae (<i>Dicotyledoneae</i>)	dvokaličnice	
podrazred	<i>Dilleniineae</i>	kaparales	
družina	Brassicaceae (<i>Cruciferae</i>)	kapusnice	
rod	<i>Brassica</i>	kapus	
vrsta	<i>Brassica oleracea</i> L		
podvrsta	<i>Brassica oleracea</i> L. <i>ssp. oleracea</i> convar. <i>capitata</i> (L.) <i>Alef. var. capitata</i> f. <i>alba</i> DC		belo zelje
	<i>Brassica oleracea</i> L. <i>ssp. oleracea</i> convar. <i>capitata</i> (L.) <i>Alef. var. capitata</i> f. <i>rubra</i> DC		rdeče zelje

Poleg zelja spadajo v rod *Brassicca* (kapus) in vrsto *Brassicca oleracea* L. (kapusnice) tudi: ohrovt, brstični ohrovt, cvetača, brokoli, kolerabica in druge (Osvald in Kogej-Osvald, 1994).

2.2 RAZŠIRJENOST PRIDELOVANJA ZELJA

2.2.1 Slovenija

Zelje je naša najbolj razširjena vrtnina. V Sloveniji pridelujemo zelje na 3000 ha kot glavni in na 1000 ha kot strniščni posevek. Pridelki glavnega in poznejšega posevka kapusnic so bili pred drugo svetovno vojno zelo skromni, od leta 1950 pa so se začeli večevati, kar pripisujemo intenzivnejšemu gnojenju, uspešnejšemu varstvu posevkov, uvajanju intenzivnejših in rodovitnejših sort. Tako smo po letu 1975 začeli uvajati hibride, kar je vplivalo na zmanjševanje posajenih površin in povečanje povprečnih hektarskih pridelkov. Že v letu 1996 smo dosegli zadovoljiv hektarski pridelek (Černe, 1999).

Največ zelja porabimo za predelavo v kisló zelje, ki ga uporabljamo vso zimo.

2.2.2 Svet

V številnih državah sta belo in rdeče zelje najpomembnejši vrtnini, takoj za paradižnikom. V svetu je z zeljem posejanih 2,5 milijonov hektarjev površin. Površine, ki so posejane z zeljem se na leto povprečno povečujejo za okrog 110.000 hektarjev (Matotan, 2004).

Svetovna proizvodnja zelja je okrog 55 milijonov ton na leto. Približno polovica svetovne pridelave se nahaja na področju bližnjega vzhoda, največji pridelovalec pa je Kitajska. V Evropi največ zelja pridelujejo na Poljskem, v Romuniji ter v Srbiji (Matotan, 2004). V zadnjih desetih letih se površine in pridelki zelja v Evropi ne spreminjajo, po svetu pa se oboje celo povečuje (Černe, 1998).

Večina pridelka zelja je namenjena kisanju, del pa tudi sveži porabi, predvsem spomladi in poleti. Včasih je bilo zelje pomembno za prehrano ljudi, saj je bila v zimskih časih praktično edina vrtnina, pa še to v glavnem kisano. Danes moderni način pridelave in skladiščenja omogoča, da je zelje na razpolago ob vseh letnih časih.

2.3 SORTIMENT ZELJA

Izbira ustreznega kultivarja bistveno vpliva na količino in kakovost pridelka, pri čemer moramo upoštevati namen uporabe, zahteve kupcev in zagotovljeni čas prodaje.

Po namenu uporabe razlikujemo:

- sorte za svežo porabo; pomembna je velikost in oblika glave, trdota in barva, debelina lista in izraženost listnih žil, vraščenost vretena, odpornost na pokanje,
- sorte za ribano kislo zelje; pomembna je večja masa in trdota glav, tanjši listi rumenozelene barve, s slabše izraženimi listnimi žilami, krajše vreteno,
- sorte za sarme; izbiramo srednje velike ploščate glave, s tanjšimi listi in slabše izraženimi listnimi žilami, krajšim vretenom,
- sorte za skladiščenje; imeti morajo čvrste glave, ki so odporne proti pokanju in različnim fiziološkim boleznim, z dovolj sušine (Černe, 1998).

V Sloveniji poznamo avtohtone sorte (Ljubljansko, Kašeljско zelje, ...), vendar pri pridelovanju prevladujejo hibridi, saj omogočajo večjo izenačenost pridelka in s tem možnost sočasnega pobiranja, večji pridelek, primernejši so za skladiščenje, bolj so odporni proti boleznim in pokanju, tako da lahko ostanejo dalj časa na polju. Glede na čas pobiranja ločimo (Černe, 1998):

- zgodnje sorte belega zelja (od presajanja do tehnološke zrelosti 50 do 70 dni) in zgodnje sorte rdečega zelja (od presajanja do tehnološke zrelosti 80 do 100 dni),
- srednje zgodnje sorte belega zelja (od presajanja do tehnološke zrelosti 71 do 100 dni),
- srednje pozne sorte belega in rdečega zelja (od presajanja do tehnološke zrelosti 101 do 130 dni),
- pozne sorte belega in rdečega zelja (od presajanja do tehnološke zrelosti več kot 131 dni) oz. zgodnje, poletne, jesenske in ozimne sorte belega zelja ter zgodnje in pozne sorte rdečega zelja (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Sorte lahko delimo po namenu porabe na:

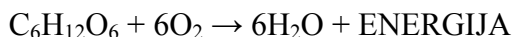
- sorte za direktno prodajo,
- sorte za kisanje in
- sorte za skladiščenje.

Zelje sadimo ali sejemo na dobro pripravljena tla na razmik, ki je primeren za izbrano sorto. Tudi čas sajenja je odvisen od lastnosti sorte in namena pridelovanja. Dobro oskrbovane rastline oblikujejo za sorto značilno glavo. Zelje doseže tehnološko zrelost takrat, ko so glave povsem sklenjene in ko se teme glave pobeli. Takrat je primerno za spravilo. Različne sorte različno dolgo ostanejo v fazi tehnološke zrelosti. Fazi tehnološke zrelosti sledi faza staranja in kvarjenja (nežni svetli listi potemniijo, glave lahko pokajo). Kakovost pridelka je odvisna od sorte, načina gojenja, prehrane rastlin in oskrbe vode in dušika). Posledica neprimerne gojenja je lahko tudi pekoč in grenak priokus (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

2.4 ŽIVLJENSKI PROCESI ZELJA PO OBIRANJU

2.4.1 Dihanje

Je metabolni proces, ki se odvija v vsakem živem organizmu in predstavlja merilo za metabolno aktivnost določenega organizma. Predstavlja oksidativno razgradnjo kompleksnih sestavin tkiv (ogljikovih hidratov, proteinov, lipidov) v preprostejše molekule, kot so ogljikov dioksid in voda, nastaja pa tudi energija ter molekule, ki jih celice potrebujejo za reakcije sinteze (Lee s sod., 1995). Te procese lahko prikažemo s kemijsko reakcijo:



Pri sadju in zelenjavi se nastala energija širi v okolico, majhen delež pa se veže v energijsko bogate spojine.

Pri celičnem dihanju prihaja do razgradnje sladkorjev, ki poteka v več fazah (Lehninger, 1982; Douce s sod., 1987):

- Glikoliza: Najprej pride do razgradnje enostavnih sladkorjev, s pomočjo fosforilizacije in ATP-ja, na dve spojine s tri C atomi. Sledi oksidacija z istočasno redukcijo koencima NAD^+ in FADH_2 .
- Citratni cikel: Poteka samo, če je prisoten kisik. Nastali piruvat vstopi v citratni cikel kot acetil C_6A . Po nizu reakcij izstopijo iz citratnega cikla tri molekule ogljikovega dioksida, štiri molekule NAD^+H^+ in FADH_2 .
- Oksidativna fosforilizacija: NADH iz glikolize in citratnega cikla oddaja elektrone in ti prenesejo s pomočjo prenašalcev elektrone do kisika, kjer se z njimi povežejo in nastane voda. Pri prenosu elektronov se del energije sprosti in ta se shrani kot ATP, ki pa se porabi v reakcijah sinteze.

Glukoza pa se pretvarja po pentoza fosfatni poti, ki predvsem zagotavlja dovolj pentoze za sintezo nukleinskih kislin.

Na hitrost dihanja med skladiščenjem vpliva vrsta dejavnikov (Požrl, 2001):

- Vrsta sadja in zelenjave, kultivar: Med sadne in zelenjavne vrste z bolj intenzivnim dihanjem uvrščamo jagode in gobe, ki se zato skladiščijo krajši čas. Jabolka, čebula, krompir, korenje, zelje imajo slabšo intenziteto dihanja in se zato skladiščijo praktično do naslednjega pridelka.
- Temperatura: Pri višjih temperaturah se poveča intenziteta dihanja in pride do sprožitve določenih reakcij, zato je priporočljivo skladiščiti živila pri nižjih temperaturah, kjer so ti procesi upočasneni (temperatura skladiščenja je odvisna od vrste zelenjave ali sadja, ki ga skladiščimo).
- Sestava atmosfere: Na intenziteto dihanja vplivajo naslednji plini: kisik, ogljikov dioksid in etilen. Sestavljena atmosfera je klasični način podaljševanja skladiščne sposobnosti sadja in zelenjave, ki jih uporabljamo pri skladiščenju v hladilnicah. Ta princip temelji na zniževanju intenzivnosti metabolnih aktivnosti oziroma dihanja. To dosegamo z zniževanjem temperature skladiščenja in z dinamično regulacijo in kontrolo sestave atmosfere. Zniževanje vsebnosti kisika in zviševanje vsebnosti ogljikovega dioksida znižuje intenzivnost dihanja in izločanja etilena. Etilen je hormon, ki vpliva na metabolizem sadja in zelenjave ter pospešuje procese zorenja in staranja. Sestava atmosfere pa mora zagotavljati minimalne pogoje za aerobno dihanje.
- Mehanski stres: Pojavi se predvsem pri mehanično obdelani zelenjavi in sadju, kjer se poveča površina in izboljša difuzija plinov. Pri tem iz sadja in zelenjave izstopa ogljikov dioksid, iz atmosfere pa ima lažji dostop do celic v sadju in zelenjavi kisik. Raziskave kažejo na to, da se zaradi mehanične obdelave sadja in zelenjave pospeši dihanje kar za 3-5 krat (Plestenjak, 1995).
- Vlaga: Pri nizki relativni vlažnosti je hitrost dihanja manjša in s tem so počasnejši tudi metabolni procesi.
- Stopnja zrelosti: V mlajših celicah je intenziteta dihanja večja kot v starejših.
- Substrat, ki je vključen v proces dihanja: Poznano je, da žveplove spojine (npr. vodikov sulfid) pospešujejo dihanje (Hosoki s sod., 1985).

2.5 SKLADIŠČENJE ZELJA

Zelje lahko tudi skladiščimo, in sicer pri temperaturi okrog 0 °C in visoki relativni vlagi (92-98 %), ki preprečuje izgubo vode. Z uporabo kontrolirane atmosfere lahko dosežemo še boljše rezultate pri skladiščenju. Glave zelja lahko skladiščimo tudi do osem mesecev (Černe, 1998).

2.6 KULTIVARJI ZELJA

2.6.1 Zelje cv. Vestri F1



Slika 1: Zelje cv. Vestri F1 (Hibridna zelja za kisanje/skladiščenje: Vestri F1, 2006)

Dozori 110 do 120 dni po presajanju. Razvije zelo izenačene zbite, ploščato okrogle glave. Listi so zelo tanki, prav tako listne žile, in zelo okusni. Pri gostoti 25 000 do 30 000 rastlin/ha, tehtajo glave do 8 kg. Odlično je za kisanje in svežo uporabo.

2.6.2 Zelje cv. Pandion F1



Slika 2: Zelje cv. Pandion F1 (Belo Zelje: Pandion F1, 2006)

Je eden najzgodnejših hibridov zelja za svežo potrošnjo. Dozori 55 dni po presajanju. Habitus je kompakten z izenačenimi glavami. Pandion F1 je hibrid z gladkimi listi, ki zdrži nekaj časa tudi na polju. Svetlo zelene glave so okrogle in ne pokajo. Povprečna teža glav je od 0,8 do 1,5 kg.

2.6.3 Zelje cv. Tucana F1



Slika 3: Zelje cv. Tucana F1 (Povrće: Tucana F1, 2006)

Je zgodnje zelje, ki obrodi približno 60-65 dni po presajanju. Oblikuje rahlo sploščene, zelo izenačene in čvrste zelene glave. Listi so tanki in zelo okusni. Velikost in teža glav sta odvisni tudi od gostote sajenja (40.000 - 70.000 rastlin/ha). Glave tehtajo od 1,5 do 2 kg in ne pokajo. Skladiščimo ga lahko do 14 dni.

2.6.4 Zelje cv. Hermes F1



Slika 4: Zelje cv. Hermes F1 (Matotan, 2004)

Zgoden hibrid, ki dozori približno 60 dni po presajanju. V Sloveniji je že dobro preizkušen. Glave so okrogle, zbite in tehtajo od 1 do 2 kg. Hibrid je namenjen sveži uporabi. Skladiščimo ga lahko približno 14 dni.

2.6.5 Zelje cv. Atria F1



Slika 5: Zelje cv. Atria F1 (Hibridna zelja za kisanje/skladiščenje: Atria, 2006)

Tipičen hibrid za kislo zelje, ki pa je primeren tudi za svežo solato in skladiščenje. Oblikuje izenačene, ploščate sivo zelene glave, ki tehtajo od 4 do 8 kg. Glave so zbite, listi pa izredno tanki in okusni. Pridelek dozori 130 do 150 dni po presajanju in se zelo dobro skladišči. Sadimo do 30 000 rastlin/ha. Hibrid Atria F1 na Primorskem tudi prezimi.

2.6.6 Zelje cv. Erfurtsko rdeče



Slika 6: Zelje cv. Erfurtsko rdeče (Povrče: Erfurtski crveni kupus, 2006)

Srednje zgodnja sorta, dozori 80-90 dni po presajanju. Okrogle majhne in trde temno rdeče glave so primerne za svežo uporabo.

2.6.7 Zelje cv. Holandsko pozno



Slika 7: Zelje cv. Holandsko pozno (Povrće: Holandski kasni kupus, 2006)

Je pozna sorta, ki dozori v 120-125 dnevih po presajanju. Ima pokončno okroglo srednje veliko in srednje trdo glavo, ki je primerna za svežo porabo in skladiščenje.

2.6.8 Zelje cv. Fieldwiner F1



Slika 8: Zelje cv. Fieldwiner F1 (Bejo Zaden B.V.: cv. Fieldwiner F1 2006)

Je hibrid, ki ga ne najdemo v sortni listi RS, zato trženje s semenskim materialom ni dovoljeno. Oblikuje ploščate okrogle glave, ki so v povprečju težke 3,8 kg in rumeno zelene barve. Glava je izredno zbita, z dobro vraslim vretenom. Odporen je proti pokanju. Od presajanja do pobiranja je potrebnih okoli 90 dni. Primeren je za svežo uporabo in kisanje.

2.6.9 Zelje cv. Hinova F1



Slika 9: Zelje cv. Hinova F1 (Bejo Zaden B.V.: cv. Hinova F1, 2006)

Oblikuje ploščate okrogle glave, težke v povprečju 3,6 kg. Glava je srednje globoko položena med listne vehe, listi jo dobro pokrivajo. Vreteno je kratko, saj dosega le 45 % premera glave. Barva glave je modrikasto zelena. Listna rebra so tanka in neizrazita. Dozori približno 140 dni po presajanju. Hibrid je odporen na pokanje in primeren za kisanje in skladiščenje.

2.6.10 Zelje cv. Destiny F1



Slika 10: Zelje cv. Destiny F1 (Matotan, 2004)

Srednje zgodnji hibrid okroglih glav, ki so zelo odporne na pokanje, zato lahko ostanejo na polju daljše obdobje. Dozori približno 75 dni po presajanju. Je razmeroma dobro odporen je na sušo. Glave so težke v povprečju 1,8 kg.

2.7.11 Zelje cv. Parel F1



Slika 11: Zelje cv. Parel F1 (Matotan, 2004)

Zelo zgoden hibrid, odporen na cvetenje, katerega glave so okrogle, izenačene, kompaktne ter odlične kvalitete. Dozori približno 60 dni po presajanju. Hibrid je prilagojen pridelovanju v različnih agroekoloških razmerah.

2.7.12 Zelje cv. Maestro F1



Slika 12: Zelje cv. Maestro F1 (Matotan, 2004)

Je srednje rani hibrid. Glave so okrogle, zelo lepe notranje in zunanje barve. Namenjen je za svežo porabo. Teža glav dosega 1,5 kg. Dozori približno 90 dni po presajanju.

2.7.13 Zelje cv. Huzaro F1



Slika 13: Zelje cv. Huzaro F1 (Matotan, 2004)

Hibrid za najdaljše skladiščenje, izdolženih do okrogloizdolženih glav temno rdeče barve. Dozori približno 140 dni po presajanju.

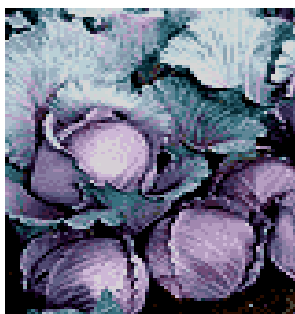
2.7.14 Zelje cv. Tropicana F1



Slika 14: Zelje cv. Tropicana F1 (Rada, 2006)

Srednje zgoden hibrid za poletno pridelavo. Dozori približno 65-75 dni po presajanju.

2.7.15 Zelje cv. Rona F1



Slika 13: Zelje cv. Rona F1 (The scientific-advisory Center “seed of SVS”, 2006)

Pozen hibrid s temno rdečo glavo za skladiščenje in kisanje. Dozori približno 155 dni po presajanju.

2.7.16 Zelje cv. Ombrios F1



Slika 16: Zelje cv. Ombrios F1 (Bejo Zaden B.V.: cv. Hinova F1, 2006)

Srednje zgoden hibrid za poletno pridelavo, odlikuje se z dobro obstojnostjo na njivi. Dozori približno 85 dni po presajanju.

2.7.17 Zelje cv. Slava



Slika 17: Zelje cv. Slava F1 (Povrće: Kupus cv. Slava F1, 2006)

Srednje zgoden hibrid z okroglimi glavami težkimi od 2 do 5 kilogramov, dozori pa v 90 do 120 dneh po presaditvi. Daje zelo dobre pridelke tudi v manj ugodnih rastnih razmerah, primeren je tudi za kisanje. Iz nje so vzgojili številne nove sorte in hibride.

Zelje cv. Caco

Je eden izmed najbolj odpornih novih hibridov belega zelja. Je vsestransko uporaben hibrid, ki se ga lahko uporablja za svežo potrošnjo, zgodnje kisanje, lahko pa se ga tudi skladišči, če ga sejemo in presajamo nekoliko kasneje. Dozori 85 do 95 dni po presajanju. Glave so okrogle oblike in imajo odlično notranjo zbitost kvaliteto listov, ki so zelo tanki. Priporočljiva gostota sajenja je 25.000 do 60.000 sadik/ha, odvisno od nadaljnje uporabe in želene teže glave, ki lahko tehtajo 2 do 6 kg. V tehnološki zrelosti dalj časa zdrži na polju, tudi 4 tedne.

2.8 POMEN ZELJA

2.7.1 Zdravilna vrednost

Kapusnice so nekoč cenili in jih še danes zaradi njihove zdravilne moči. Že od antike velja zelje za zdravilno rastlino. V antični Grčiji in Rimu so ga cenili za zdravljenje gnojnih ran, bolečin v glavi in zobeh ter pri oteklinah. Sok iz svežega zelja so uporabljali kot protistrup pri zastrupitvah z gobami. Sicer pa so jedi iz zelja priporočali pri premagovanju želodčnih ter črevesnih tegoba, revmatičnih težav, tumorjev, astme, bronhitisa, mrzlice, jetike, skorbuta in drugih težav (Černe, 1998).

Zelje vsebuje precej vlaknin, pospešuje prebavo in iztrebljanje, zato ga priporočajo za premagovanje želodčnih in črevesnih težav, predvsem kislo zelje in zelnico. Listi zelja, namočeni v olivno olje, se uporabljajo kot obloge proti opeklinam ter za celjenje ran ter omilijo pike žuželk. Presni sok iz zelja je dober za zdravljenje ran na dvanajsterniku in želodčnih ter črevesnih čirov. Mlečna kislina v kislem zelju preprečuje gnilobne procese v črevesju in pomaga pri izločanju strupenih snovi iz telesa. Acetilholin pospeši gibanje v črevesju, širi žile, zmanjšuje poapnenje žil in znižuje krvni tlak. Za kislo zelje pa je dobro znano, da povečuje tek, preprečuje zgago in prezgodnje staranje, hkrati pa je zdravilo pri boleznih vranice, išiasu, zlatenici, arteriosklerozi ter protinu (Černe, 1998).

2.7.2 Pomen zelja v prehrani

Nekdaj so bile kapusnice izredno pomembne v prehrani, ker so bile v zimskih mesecih skoraj edine vrtnine. Že zgodaj so odkrili njihov pomen za zdravljenje različnih bolezni pa tudi preprečevanje skorbuta. Tako je denimo angleški raziskovalec in pomorščak Cook vzel na triletno plovbo 6 ton kislega zelja. S širjenjem pridelovanja drugih kapusnic se je povečala tudi njihova izbira, kar je vplivalo na večjo pestrost v prehrani.

V zadnje čase je zelje s prehranskega vidika pridobilo na slovesu, saj glukozinolat (substanc, ki jih vsebuje zelje) pripisujejo antikancerogene učinke (Van Duyn in Pivonka, 2000). Med procesom fermentacije se glukozinolati v večini razgradijo (Taipales sod., 2000), tako da jih najdemo v presnem zelju v večjih količinah.

2.7.3 Hranilna vrednost

Energijska vrednost svežega belega zelja je zelo majhna, saj vsebuje 100 g zelja le 105 kJ. Majhno energijsko vrednost imajo tudi rdeče zelje (117 kJ), kislo zelje (92 kJ) in kitajski kupus (51 kJ).

Preglednica 2: Kemijska sestava zelja (Hribar, 2002)

Voda	88-99,4 %
Sladkorji	2,9-8 % pov. 4 %
Surova vlakna (celuloza)	0,5-1,6 %
Beljakovine	1,3-2,7 %
Maščobe	0,15-0,20 %
Kislina (citronska, jabolčna, oksalna)	0,25 %
Pepel	0,4-2,4 %
Askorbinska kislina	50 mg
Žveplove spojine	0,075-0,340 %

V zelju je precej vlaknin in organskih kislin, mineralov in vitaminov.

Preglednica 3: Nekatera za prehrano pomembna makrohranila v g/100 g očiščenega zelja (Černe in Vrhovnik, 1992):

Sestava	Belo zelje	Rdeče zelje	Kislo zelje
Voda (g/100 g)	91,0-95,0	89,5-93,5	88,0-92,0
Surove beljakovine (g/100 g)	0,4-2,2	0,4-2,3	1,0-2,0
Surove maščobe (g/100 g)	0,1-0,2	0,10-0,21	0,20-0,54
Ogljikovi hidrati (g/100 g)	3,3-4,3	3,5-5,2	0,8-0,4
Vlaknine (g/100 g)	1,0-2,5	1,0-2,5	0,8-1,7
Minerali (g/100 g)	0,37-0,80	0,5-0,8	1,4-4,0
Energijska vrednost (KJ)	96-113	93-121	63-92

Za uspešno kisanje mora zelje vsebovati vsaj 3,5 % sladkorja.

Preglednica 4: Kemijska sestava belega in rdečega zelja (Souci in sod., 2000)

	Belo zelje	Rdeče zelje
Palmitinska kislina (mg/100 g)	23-36	27-32
Stearinska kislina (mg/100 g)	1,8-4,0	2,0-2,7
Oleinska kislina (mg/100 g)	2,1	0,7-7,0
Linolna kislina (mg/100 g)	23-30	43-65
Linolenska kislina (mg/100 g)	81-93	30-57
Arahidinska kislina (mg/100 g)	0,5	1,4
Saharoza (mg/100 g)	100-460	150-880
Glukoza (mg/100 g)	1560-2390	1180-1930
Fruktoza (mg/100 g)	1260-2070	840-1670
Vitamin C (mg/100 g)	30-60	40-75

Preglednica 5: Maščobnokislinska sestava zelja (Peng ,1974)

MK	mg/100 g zelja
C16_0	7,5
C18_0	5,4
C18_1	10,8
C18_2	14,0
C18_3	16,9
C20_0	1,1

Preglednica 6: Vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze v kultivarjih Heckla in Predikant (Wennberg in sod., 2006)

	Heckla	Predikant
Saharoza (mg/100 g)	740	620
Glukoza (mg/100 g)	3150	2920
Fruktoza (mg/100 g)	2200	2400

2.8 AMINOKISLINE

Zelje je pomemben vir aminokislin. V njem je veliko treonina, triptofana, lizina, histidina, arginina, izolevcina, levcina ter valina in metionina.

Preglednica 7: Količina aminokislin v mg/100 g očiščenega zelja (Černe, 1998)

	Belo zelje (mg/ 100 g)	Rdeče zelje (mg/ 100 g)
Tirozin	29	-
Treonin	36-41	42
Triptofan	11	12
Lizin	45-96	71
Histidin	21-28	27
Arginin	100-110	110
Izolevcin	36-43	43
Levcin	51-61	61
Valin	34-54	46
Metionin	7-18	14
Cistein	22-33	30
Fenilalanin	22-44	32

2.9 MINERALNE SNOVI

Zelje vsebuje izredno veliko kalija, manj kalcija, magnezija in fosforja, predvsem pa belo zelje vsebuje precejšnje količine žvepla, ki je sestavni del gorčičnih olj, ta pa daje zelju značilen vonj in okus. Kislo zelje, je še posebej bogato z natrijem, ki ga pri sami tehnološki pripravi, soljenju dodamo. Zanimivo pa je tudi to, da ima rdeče zelje manj natrija.

Preglednica 8: Za prehrano pomembni elementi v mg/100 g očiščenega zelja (Černe, 1998).

	Ca	K	P	Mg	S	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	F	I	Co
mg/100 g														
Belo zelje	17-76	177-294	21,4-67	12-25	90	6-20	37	0,4-2,05	0,1	0,06-0,13	0,16-1,5	0,01-0,3	0,0022	0,0076-0,024
Kislo zelje	36-57	140-475	18-94	7-24	-	134-890	-	0,5-0,7	-	0,13	-	0,09	-	-
Rdeče zelje	29-50	245-302	27,5-35	17-26	-	2-9	100	0,4-0,8	0,1	0,06	0,16-1,5	0,012	0,0052	0,007-0,024

2.10 VITAMINI

Vitamini so biološko aktivne snovi, ki delujejo že v majhnih količinah. Uvrščamo jih med prekurzorje koencimskih oblik. Človeški in živalski organizem jih ne more tvoriti, zato jih mora dobiti s hrano.

So naravni antioksidanti, ki preprečujejo poškodbe občutljivih maščob in proteinov. Med naravne antioksidante sodijo predvsem C, E in A vitamin. Vitamine moramo v naš organizem vnašati količinsko zadostno, ker lahko v nasprotnem primeru pride do obolenj. Med biološkim kisanjem se količina vitamina C v zelju zmanjšuje, ter med skladiščenjem se vsebnost vitamina C prav tako zmanjšuje.

Preglednica 9: Vsebnost nekaterih vitaminov v mg/100 g očiščenega zelja (Černe, 1998).

	Vitamin C (mg/100 g)	Karoten (mg/100 g)	Vitamin B1 (mg/100 g)	Vitamin B2 (mg/100 g)	Vitamin B3 (mg/100 g)	Vitamin B5 (mg/100 g)	Vitamin B6 (mg/100 g)	Folna kislina (mg/100 g)	Vitamin H (mg/100 g)	Vitamin E (mg/100 g)	Vitamin K (mg/100 g)
Belo zelje	200-100	0,018-3,12	0,032-0,09	0,031-0,15	0,2-0,56	0,24-0,29	0,094-0,14	0,057-0,095	0,097	-	0,25
Kislo zelje	10-38	0,018-3,12	0,02-0,03	0,04-0,06	0,1-0,2	-	-	0,019	-	-	-
Rdeče zelje	40-73	0,011-0,05	0,04-0,10	0,038-0,07	0,3-0,96	0,3-0,37	0,12-0,21	-	0,002	2-3	

V presnem in kislem zelju so ugotovili vitamin U, ki ga je Chaney po odkritju 1950 leta poimenoval protiulkusni faktor, ta je tudi v kitajskem kupusu (Černe, Vrhovnik, 1992).

2.11 ORGANSKE KISLINE

Pri belem in rdečem zelju je razmerje med jabolčno in citronsko kislino okrog ena, torej vsebujeta ti podvrsti enako količino jabolčne in citronske kisline. Zunanji listi vsebujejo več jabolčne kisline, notranji pa več citronske. Za vse kultivarje zelja velja pravilo, da ne vsebujejo vinske kisline (Černe, Vrhovnik 1992).

Preglednica 10: Vsebnost kislin v mg/100 g svežega zelja (Černe, 1998)

	Jabolčna (mg/100 g)	Citronska (mg/100 g)	Jantarna (mg/100 g)	Fumarna (mg/100 g)	Kina (mg/100 g)	Razmerje jabolčna:citronska (mg/100 g)
Belo zelje	96 - 107	93 - 101	3,8 - 2,7	1,6 - 19	1,5 - 2,5	1,02:1,0
Rdeče zelje	63 - 75	92 - 131	4,4 - 7,4	3,0 - 3,1	2,2 - 2,7	1,0:2,1

2.12 ŽVEPLO VSEBUJOČE SNOVI

Kapusnicam dajejo okus žveplo vsebujoče snovi, predvsem glukozinolati, katerih skupna količina je večja v belem kot v rdečem zelju. Količina glukozinolatov je odvisna od sorte, vrste tal, vremenskih razmer med rastjo in od načina pridelovanja. Zelje vsebuje tudi S-metilcistein, ki med termično obdelavo razpade v dimetildisulfid in daje značilen vonj. Pomemben pa je predvsem zato, ker znižuje nivo holesterola v krvi in tako posledično preprečuje aterosklerozo (Černe, Vrhovnik, 1992). K aromi zelja bistveno prispevajo izotiocianati, tiocianati, sulfidi in dialkoholi.

Preglednica 11: Vsebnost glukozinolatov v kapusnicah v mg/kg (Černe, 1998)

Zelje Glukozinolat	Belo zelje (mg/ kg)	Rdeče zelje (mg/ kg)
2- propenil -	35- 590	6-102
3- metilsulfonilpropil -	46- 270	22-143
4- metilsulfonilbutil -	0- 144	15- 390
Indol -	51- 510	155- 330
skupni	330- 840	410- 1090

2.13 PREHRANSKA VLAKNINA

Prehransko vlaknino sestavlja skupina sestavin, ki imajo zelo pomembno vlogo v sodobni prehrani. Omogočajo lažje odvajanje, znižujejo raven holesterola in vežejo toksične snovi. Znano je, da zelje vsebuje veliko vlaknin, ki delujejo zaradi slabe prebavljivosti neugodno na nekatere preobčutljive ljudi, zelje namreč napenja (lignin).

Kislo zelje cenimo tudi zaradi acetilholina, ki povzroči gibanje črevesja ali peristaltiko in tako na naravni način urejamo prebavo (Černe, Vrhovnik, 1992).

Preglednica 12: Vsebnost vlaknine v svežem belem zelju in po 7-dnevnem kisanju (Černe, 1998)

			7 dni po kisanju			
	Sveže zelje		Zelje		Zelnica	
	g/100 g	%	g/100 g	%	g/100 g	%
Nevtralni saharidi	1,42	69	1,69	63	0,13	72
Uronska kislina	0,46	23	0,69	25	<0,01	2
Lignin	0,17	8	0,32	12	0,05	26
Skupaj	2,05	100	2,70	100	0,10	100

2.17 MAŠČOBNE KISLINE

Maščobne kisline (MK) predstavljajo pomembno strukturno komponento vseh lipidov prehrane. Najpogostejše tvorijo z glicerolom estre v monogliceridih, digliceridih in trigliceridih; prav tako tvorijo estre s fosforno kislino in derivate te kisline ter oblikujejo t.i. fosfolipide. V podobnih kombinacijah se nahajajo še v t.i. glikolipidih, sulfolipidih, sfingolipidih, cereobrozidih. Z naravnimi alifatskimi alkoholi tvorijo voske, s steroli pa sestavljajo sterolne estre. Prisotnost prostih maščobnih kislin v hrani lahko povzroči pojav žarkosti, kar je nezaželena posledica lipolitične aktivnosti (Min in Bradley, 1992).

Najpomembnejše nasičene maščobne kisline so navedene v preglednici 10. Poleg teh je poznano več sto drugih, med katerimi so mnoge laboratorijsko sintetizirane.

Preglednica 13: Najpogostejše nasičene maščobne kisline v živilih (Perkins, 1991)

Sistematično ime kisline	Splošno ime kisline	Kemijska formula	Skrajšana oznaka
Butanojska	Butirična	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	C4:0
Pentanojska	Valerinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CO}_2\text{H}$	C5:0
Heksanojska	Kaprnska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CO}_2\text{H}$	C6:0
Heptanojska	Enantiojska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CO}_2\text{H}$	C7:0
Oktanojska	Kaprilna	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CO}_2\text{H}$	C8:0
Nonanojska	Pelargonska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	C9:0
Dekanojska	Kaprična	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CO}_2\text{H}$	C10:0
Hendekanojska	Undecilinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CO}_2\text{H}$	C11:0
Dodekanojska	Lavrinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	C12:0
Tridekanojska	Tridecilinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CO}_2\text{H}$	C13:0
Tetradekanojska	Miristinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$	C14:0
Pentadekanojska	Pentadecilinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CO}_2\text{H}$	C15:0
Heksadekanojska	Palmitinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	C16:0
Heptadekanojska	Margarinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CO}_2\text{H}$	C17:0
Oktadekanojska	Stearinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	C18:0
Eikozanojska	Arahidinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CO}_2\text{H}$	C20:0
Dokozanojska	Beheninska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{CO}_2\text{H}$	C22:0
Tetrakozanojska	Lignocerinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{CO}_2\text{H}$	C24:0
Heksozanojska	Cerotinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{CO}_2\text{H}$	C26:0
Oktazonojska	Montaninska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{26}\text{CO}_2\text{H}$	C28:0
Triakontanojska	Meliscinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{CO}_2\text{H}$	C30:0
Tritrikontanojska	Psilicinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{31}\text{CO}_2\text{H}$	C33:0

Preglednica 14: Najpogostejše nenasičene maščobne kisline prisotne v naravi (Min in Bradley, 1992)

SISTEMATIČNO IME KISLINE	SPLOŠNO IME KISLINE	KEMIJSKA FORMULA	SKRAJŠANA OZNAKA
Dec-9-enojska	/	$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C10:1
Dodec-9-enojska	/	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C12:1
Tetradec-9-enojska	Miristoleinska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C14:1
Heksadec-9-enojska	Palmitoleinska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C16:1
Oktadec-6-enojska	Petroselinska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}_2\text{H}$	C18:1
Oktadec-9-enojska	Oleinska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C18:1
Oktadec-11-enojska	Vaceninska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_9-\text{CO}_2\text{H}$	C18:1
Oktadeca-9-9:12-dienojska	Linolna	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2-(\text{CH})_6-\text{O}_2\text{H}$	C18:2 n-6
Oktadeca-9:12:15-trienojska	α -linolenska	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CO}_2\text{H}$	C18:3 n-3
Oktadeca-6:9:12-trienojska	γ -linolenska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_3-\text{O}_2\text{H}$	C18:3 n-6
Oktadeca-9:11:13-trienojska	Eleostearinska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}=\text{CH})_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C18:3
Eikosa-9-enojska	Gadoleinska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_9-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$	C20:1
Eikosa-5:8:11:14-tetraenojska	Arahidonska	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_4-(\text{CH}_2)_2-\text{O}_2\text{H}$	C20:4 n-6
Eikosa-5:8:11:14:17-pentaenojska	EPA	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_5-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}_2\text{H}$	C20:5 n-3
Dokoza-13-enojska	Eruična	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{CO}_2\text{H}$	C22:1
Dokoza-7:10:13:16:19-pentaenojska	DPA	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_5-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}_2\text{H}$	C22:5 n-3
Dokoza-13:16:19-heksaenojska	DHA	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_6-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H}$	C22:6 n-3

2.17.1 Prehransko fiziološki pomen maščobnih kislin

Funkcionalna živila so po definiciji (Diplock in sod., 2000): živila, ki so običajna oz. vsakdanja hrana, se uživajo kot del vsakdanje prehrane, so sestavljena iz naravnih komponent, ki so lahko tudi v nenaravnih koncentracijah ali so prisotne v živilih, ki jih navadno ne vsebujejo. Za človeka imajo razen osnovne hranilne vrednosti pozitiven učinek na določeno znano funkcijo organizma ter morejo izboljšati dobro počutje in zdravstveno stanje. S svojo prisotnostjo lahko izboljšajo kakovost življenja z ugodnim vplivom na fizično in psihično stanje ter tako zmanjšujejo tveganje za razvoj kakšne bolezni. Funkcionalna živila spremljajo sporočila porabnikov, ki so znanstveno osnovana in dokazana.

Maščobe so za življenje in zdravje zelo pomembne, nepogrešljive hranljive snovi in nekatere med njimi se zaradi svoje specifične sestave uveljavljajo kot funkcionalna živila oz. kot bistvena sestavina v proizvodnji funkcionalnih živil. Sem spadajo predvsem maščobe, ki so bogate z omega-3 (n-3) maščobnimi kislinami. Živila, ki vsebujejo nasičene maščobne kisline, so lahko funkcionalna živila, če so jim le te odstranjene, ostale maščobne kisline pa so zaradi svojih ugodnih vplivov na fiziološke funkcije in na zdravje potencialno

funkcionalne, z izjemo linolne (n-6) in arahidinske (n-6), ki ju je v naši prehrani običajno preveč (Salobir, 2001).

α -linolenska kislina je glavna predstavnica družine n-3 MK, ki jih v naravi najdemo v zelo omejenih količinah, nahajajo pa se v kloroplastih zelenih rastlin v nekaterih rastlinskih maščobah.

Energijski delež iz zaužitih nasičenih m. ksl. naj bi bil po priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije do 10 %, saj pri večjem vnosu povečuje koncentracijo holesterola v krvi kar je pomeni dejavnik tveganja za bolezni srca in ožilja. Priporočljiv energijski delež nenasičenih MK med 3 % in 10 % je osnovan glede na potrebe po esencialnih MK, ki so zagotovo pokrite, če predstavljajo te kisline vsaj 3 % od skupno zaužite energije hrane. Omejitev, da naj ne bo v hrani več kot 7 % vnosa energije z večkrat nenasičenimi MK, pa izhaja iz povečanja nastanka škodljivih peroksidov maščob oz. prostih radikalov v organizmu, če uživamo veliko večkrat nenasičenih MK.

Preostali, največji energijski delež maščob naj predstavljajo enkrat nenasičene MK in naj bo od 13 % do 27 % vse zaužite energije. Te kisline, predvsem oleinska, so manj podvržene peroksidaciji, znižujejo nivo skupnega holesterola in holesterola nizke gostote (LDL) ter zvišujejo nivo holesterola visoke gostote (HDL):

Večkrat nenasičene (n-6 in n-3) MK so esencialne in so potrebne za izgradnjo in normalno delovanje celičnih membran. So predstopnja nastanka eikozanoidov, to je tkivnih hormonov, ki imajo zelo pomembno vlogo pri uravnavanju intenzivnosti fizioloških procesov, kot so regulacija krčenja gladkih mišičnih vlaken, vplivajo na prepustnost kapilar, regulacijo krvnega tlaka, vplivajo na združevanje trombocitov, na vnetne procese in imunski sistem. Eikozanoidi nastanejo iz treh m. ksl., ki imajo vse po 20 ogljikovih atomov (predpona eicosa), in sicer iz dihomom γ -linolenske (n-6), iz arahidinske (n-6) in iz eikozapenataenojske (EPA, n-3). Iz vsake navedene MK nastane več vrst tkivnih hormonov prostaglandinov, tromboksanov, levkotrienov, ki se med seboj razlikujejo glede na vlogo oziroma intenzivnost delovanja. Koncentracije teh tkivnih hormonov morajo biti med seboj uravnotežene. Ti tkivni hormoni nastajajo ob delovanju istih encimov, imajo pa različno biološko vlogo, zato je medsebojna uravnoteženost njihove sinteze odvisna od ravnotežja v oskrbi organizma z n-3 in n-6 m. MK (Salobir, 2001).

Eikozanoidi, ki nastanejo iz arahidonske kisline, močno pospešujejo zlepljanje trombocitov in s tem koagulacijo krvi, povišajo krvni tlak s stimulacijo krčenja gladkih mišičnih vlaken v steni žil ter močno stimulirajo imunski odziv organizma in vnetne procese. Eikozanoidi iz n-3 MK imajo na iste procese veliko šibkejši učinek.

Med pomembnejše MK uvrščamo konjugirano linolno kislino, natančneje konjugirane dienske derivate linolne kisline, ki se nahajajo v mlečnih in telesnih maščobah prežvekovalcev. Zanje se je izkazalo, da močno inhibirajo aktivnost mutagenih snovi oz. imajo močno antikancerogeno delovanje že v zelo majhnih koncentracijah, in sicer pri vsebnosti manjši od 1 % hrane (Paroidi, 1997).

2.17.2 Metode določanja maščobnih kislin

Metode za določanje maščobnokislinske sestave opisujejo različni avtorji. 99 % analiz maščobnokislinske sestave je narejenih s plinsko kromatografijo. Za določitev maščobnokislinske sestave s plinsko kromatografijo je potrebno pripraviti estre maščobnih kislin. Esterifikacija z metanolom ali etanolom se izvede ob predhodni ekstrakciji maščobnih kislin ali z direktno metodo esterifikacije in situ. Pri obeh načinih je pomembno, da se maščobne kisline vzorca brez izgub prevedejo v njihove estre.

2.14.3 Viri najpomembnejših maščobnih kislin

Nasičene maščobne kisline, ki so v naravi najpogostejše prisotne, so lavrinska, miristinska, palmitinska, stearinska in arahidinska kislina. Pri normalnih pogojih so to kristalne trdne snovi s temperaturo tališča od 40 do 70 °C. Palmitinska in stearinska kislina sta prisotni v vseh maščobah tako rastlinskega kot živalskega izvora. Živalske maščobe vsebujejo poleg palmitinske in stearinske kisline tudi manjše količine nasičenih MK. Z razvejano molekulo in neparnim številom ogljikovih atomov. Lavrinska in miristinska kislina prevladujeta v olju kokosovega oreha in olju palmovih koščic, arahidinska kislina pa je tipična predstavnik mnogih maščob v tropskih rastlinah. Nižje maščobne kisline oz. kisline s krajšo verigo, to je od 4 do 10 ogljikovih atomov (butirična C4:0, kaprična C10:0), so zastopane predvsem v maščobah mleka prežvekovalcev.

Med enkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami je v prehranskih maščobah najbolj pogosto zastopana oleinska kislina. Največ je vsebuje olivno olje, in sicer predstavlja okoli 80 % vseh maščobnih kislin. Palmitioleinska je prav tako zastopana v prehranskih maščobah čeprav v precej manjših količinah kot oleinska.

V maščobah nekaterih semen sta v manjših količinah prisotni eruična in petroselininska kislina, hkrati pa sta značilni kemijski komponenti rastlin rodu križnice in kobulnice. Med dvakrat nenasičenimi MK je najbolj razširjena linolna kislina, ki je značilna za vse rastlinske maščobe, majhna vsebnost le-te pa je živilih živalskega izvora. Je esencialna MK, ki je v prehranskih raziskavah označena kot glavna predstavnik večkrat nenasičenih MK.

Predstavnici trikrat nenasičenih MK sta α -linolenska in γ -linolenska kislina. V maščobah listov in korenin pogostejše najdemo α -linolensko kislino, ki sestavlja tudi mnoge maščobe v semenih rastlin, ki uspevajo v severnejših področjih. Manj razširjena γ -linolensko kislino najdemo v maščobah semen mnogih rastlin, v nekaterih algah, gobah ter nekaterih živalskih tkivih.

V jajcih in drobovini najdemo večje količine arahidonske kisline, ki je izključno živalskega izvora. Eikozapentaenojska (EPA) in dokozaheksaenojska (DHA) kislina sta v omembe vrednih količinah prisotni v mesu bolj ali manj mastnih rib (slaniki, skuše) in v jetrnem olju polenovk in morskega lista (Min in Bradley, 1992).

Poleg omenjenih maščobnih kislin, kislinskih izomer in molekul s podobno sestavo so poznane še mnoge druge MK z bolj kompleksno sestavo, ki se v naravi redko ponavljajo. Le te vsebujejo konjugirane nenasičene sisteme (t.i. puničična kislina), trans oblike dvojnih vezi

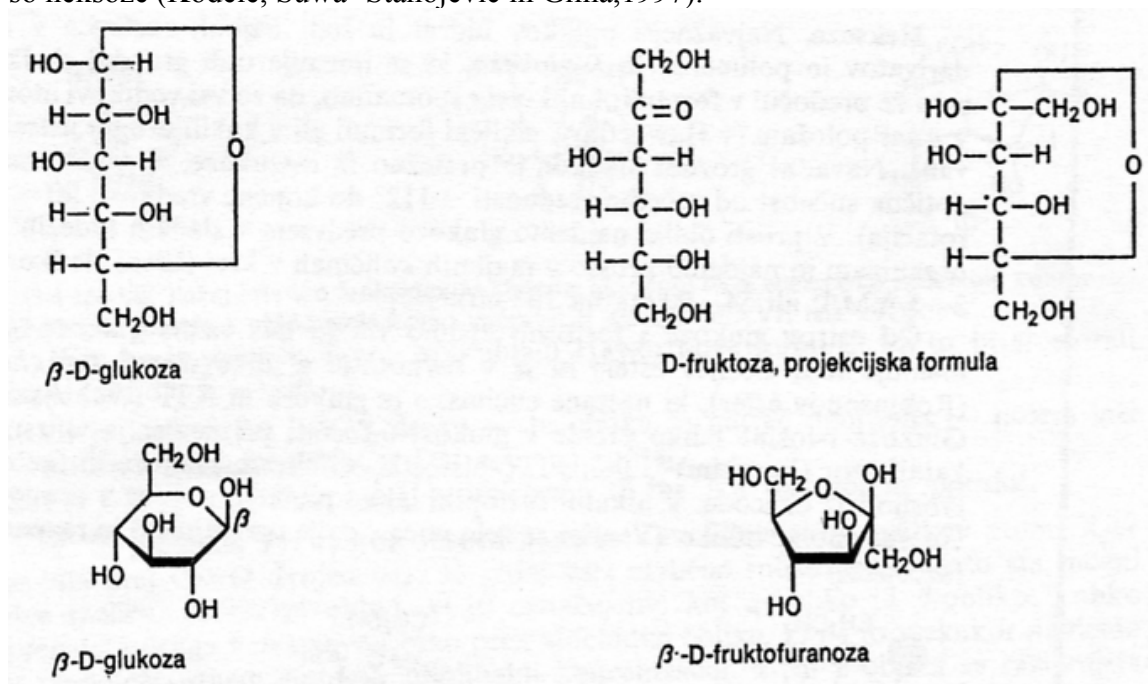
(kolumbinska kislina), trojne vezi (krepenična kislina), homogene obročje (sterkulinska kislina), heterogene obročje (vernolinska kislina) ali nadomestne funkcionalne skupine (ricinoleinska kislina). Nekatere med njimi občasno uživamo s prehranskimi maščobami.

2.15 SLADKORJI

Sladkorji oz. ogljikovi hidrati so razmeroma preproste hranilne snovi, saj so sestavljeni iz treh elementov: ogljika, vodika in kisika. Vodik in kisika sta v razmerju 2:1, kot v vodi. V organizmu se ogljikovi hidrati presnovijo le v vodo in CO₂, zato pravimo, da so zelo čista goriva (Kodele, Suwa- Stanojević in Gliha, 1997).

2.15.1 Zgradba ogljikovih hidratov

Vsi trije elementi ogljik, vodik in kisik, tvorijo osnovno enoto, enostavni sladkor, kemijsko je to lahko aldoza ali ketoza (ima aldehydno –CHO ali ketonsko –CO skupino). Osnovna enota ogljikovih hidratov ima lahko tri, štiri, pet ali šest ogljikovih atomov (trioze, tetraze, pentoze in heksoze). V naši prehrani so pomembni predvsem tisti, ki imajo šest ogljikovih atomov, to so heksoze (Kodele, Suwa- Stanojević in Gliha, 1997).



Slika 18: Strukturna formula glukoze in fruktoze (Karlson, 1980)

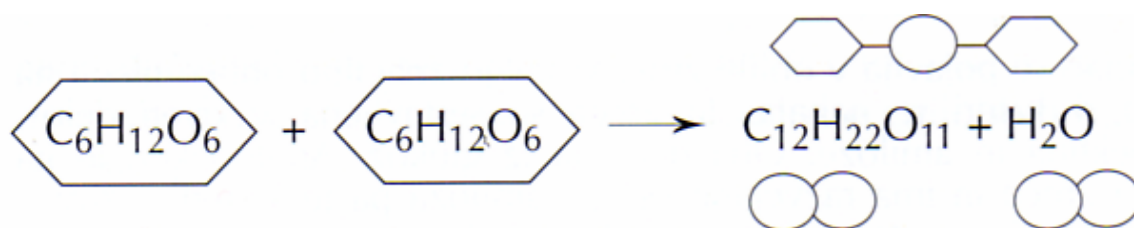
2.15.2 Vrste ogljikovih hidratov

Ogljikovi hidrati predstavljajo skupaj z beljakovinami in maščobami osnovne komponente celic in igrajo pomembno vlogo v bioloških sistemih. Obenem so osnova za izdelavo mnogih živalskih in farmacevtskih proizvodov (Kodele in sod., 1997).

Ogljikovi hidrati so zelo raznolika skupina hranilnih snovi. Delimo jih na enostavne in sestavljene.

- ENOSTAVNI OGLJIKOVI HIDRATI

Enostavne delimo na monosaharide ali enojne sladkorje in disaharide ali dvojne sladkorje.



Slika 19: Strukturna formula disaharidov (Kodele in sod., 1997)

Najvažnejši monosaharidi so glukoza, fruktoza, saharoza in manosa. V prehrani je glukoza v sadju, medu in raznih vrstah zelenjave, v telesu pa jo imenujemo tudi krvni sladkor, ki je končni proizvod razkroja vseh ogljikovih hidratov, ki jih dobimo s hrano.

Galaktoza je sestavina mlečnega sladkorja. Tudi manosa v naravi ni prosta, ampak tvori hemicelulozo. Fruktoza ali sadni sladkor je v medu, sadju in zelenjavi. Najvažnejši disaharidi so saharoza (jedilni sladkor), maltoza (sladni sladkor) in laktoza (mlečni sladkor). Sestavljeni so iz dveh molekul monosaharidov.

- SESTAVLJENI OGLJIKOVI HIDRATI

Sestavljeni ogljikovi hidrati ali polisaharidi so glikogen, škrob in prehranske vlaknine, h katerim prištevamo celulozo, hemicelulozo, pektin in lignin.

Škrob je najpomembnejši polisaharid v prehrani. Sestavljen je iz glukoz, ki se nizajo druga za drugo, in jih povezuje kisikov most. Prehranske vlaknine so v živilih rastlinskega izvora. V rastlinah tvorijo oporno tkivo, zato jih najdemo v steblih, listih, dosti jih je v ovojnica plodov ali pa so sestavine plodov.

Celuloza in hemiceluloza tvorita celične stene rastlin, pektin in lignin pa najdemo v steblih, mesnatih listih in nezrelem sadju. Človeški organizem ne more izkoristiti energije teh oglj. h., ker nima encimov, ki bi razgradili verige na posamezne sladkorje. Vendar pa imajo za zdravo prehrano izredno velik pomen. Vplivajo na počasnejše praznjenje želodca, zato smo dalj časa siti. V črevesju v vodi topna frakcija vlaknine nabrekne, kar povzroči močnejše peristaltično gibanje črevesja. S tem uredi izločanje blata. Imajo tudi izredno absorpcijsko sposobnost.

Vežejo razne črevesne strupe, produkte gnilobnih bakterij in tudi mehanično čistijo črevesno sluznico.

2.15.3 Lastnosti ogljikovih hidratov

- Enostavni ogljikovi hidrati – mono- in disaharidi

Vsi sladkorji so topni v vodi, včasih je to zaželeno, včasih pa ne. Sladkorji so higroskopični in nase vežejo vodo.

Če sladkor suho segrevamo, karamelizira. Karamelni sladkor uporabljamo v slaščičarstvu, kot domače zdravilo, žal pa so v njem tudi rakotvorne snovi, zato ne smemo z njim pretiravati.

Sladkorje, predvsem saharozo, uporabljamo kot konzervanse, ker imajo plazmolitičen učinek. Odtegnejo vodo mikroorganizmom in jim tako preprečijo delovanje. Če pa je sladkorjev manj kot 50 %, pride do alkoholnega vrenja. Vrenje je tudi proces, kjer mlečno kislinske bakterije pretvarjajo mlečni sladkor v mlečno kislino. To je t. i. mlečno kislinsko vrenje (kislo zelje, kislo mleko). Včasih pa je nezaželeno, ker sadje oziroma izdelki postanejo kisli. Tudi zelje ima lahko neprijeten okus in vonj po masleni kislini, saj lahko pride namesto mlečno kislinskega do masleno kislinskega vrenja.

- Sestavljeni ogljikovi hidrati ali polisaharidi

Polisaharidi niso topni v vodi. Če jih namakamo v vodi, vežejo vodo in nabreknejo. V vroči vodi škrob zakleji. Škrobna zrnca najprej nabreknejo, potem se zakleji. Tak škrob je lahko prebavljiv. Na suhi toploti razpade na dekstrine- dolga veriga glukoze razpade na krajše verige, ki so lažje prebavljive. Dekstrini so v vodi topni in lažje prebavljivi kot škrob.

2.15.4 Določanje sladkorjev

Za določanje sladkorjev se uporablja tekočinska kromatografija. Izbira kromatografskega sistema je odvisna od številnih faktorjev.

2.15.4.1 Določanje sladkorjev s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC)

Za ločevanje sladkorjev s HPLC je v večini primerov nujna predpriprava vzorcev, saj so poleg sladkorjev v vzorcu pogosto navzoči tudi proteini in maščobe, ki motijo analizo. Proteinov se moramo nujno znebiti z dializo ali ultrafiltracijo, saj povzročajo znatno povečanje tlaka, če jih ne odstranimo. Drug način priprave vzorca je derivatizacija z različnimi derivatizacijskimi reagenti. Pri HPLC so največ v uporabi amino kolone z izboljšavami, ter silikagelske kolone. Detekcija poteka z merjenjem lomnega količnika na RI detektorjih, polarometričnih in masnih detektorjih. Najboljše rezultate za določanje nederivatiziranih sladkorjev so dobili s separacijo na amino kolonah in detekcijo na osnovi lomnega količnika, za določevanje derivatiziranih sladkorjev pa na UV detektorjih.

2.15.4.2 Določanje sladkorjev s plinsko kromatografijo (GC)

Za komponente, analizirane s GC je nujno, da so hlapne, stabilne pri pogojih dela in da se adsorbirajo na kromatografsko kolono. Tališče vrelišče sladkorjev je tako visoko, da jih je težko destilirat (tudi v vakuumu). Zato je nujno pripraviti hlapne derivate, ki jih lahko neposredno analiziramo s plinskim kromatografom. Pripravimo lahko derivate, kot so acetati, metil etri (oboje so manj v rabi, ker za njihovo porabo potrebna visoka temperatura, ta pa povzroči razpad di- in oligosaharidov) in trimetilsilil estri (TMS). TMS derivati so se pokazali kot primerni, ker dajejo skoraj kompletne derivatizacijske produkte. Za detekcijo TMS derivatov se uporablja FID detektorje (plamenski ionizacijski detektorji).

2.15.4.2 Določanje sladkorjev s tankoplastno kromatografijo (TLC)

Kot stacionarna faza za ločevanje OH se najpogosteje uporablja silikagel. Da se poveča ločljivost, se silikagelske plošče pred uporabo za določanje sladkorjev obdelajo z ustreznimi pufri (fosfatnimi, boratnimi, redkeje z asetanimi) oziroma z anorganskimi solmi. Za uspešno separacijo OH je nujno potrebna ustrezna izbira stacionarne in mobilne faze. Najpogosteje omenjen mobilne faze so:

- acetonitril / voda
- aceton / etanol / voda
- butanol / etanol / voda

v ustreznem volumskem razmerju. Po končanem razvijanju se plošča posuši v toku zraka. V posameznih primerih je potrebno paziti, da pri tem ne pride do razpada komponent in do sekundarne kromatografije v plasti. Tako razvit kromatogram se lahko ovrednoti vizualno ali z denzitometrom. Ker kažejo OH zelo nizko ultravijolično absorpcijo, jih je potrebno ustrezno derivatizirati. Tako dobimo zadovoljivo vidnost le-teh na TLC ploščah.

2.15.4.3 Kvantitativna tankoplastna kromatografija (QTLC)

Med sodobno mikroanalizno metodo sodi tudi QTLC, ki pa še nima ustrezne veljave. Razlogov za to je več, vsi pa izvirajo iz nepoznavanja fenomena ločitve in vrednotenja že razvitih kromatogramov. Izbrana analiza metode mora biti hitra, da je reakcijski čas, to je čas od odvzema vzorca do končne analize in ustrezne spremembe proizvodnega postopka, čim krajši. Istočasno mora biti analiza tudi zanesljiva. »On line«-QTLC je metoda, ki pri velikem številu določitev sodi v ta razred. Mnogokrat se analitiki pritožujejo nad slabo ponovljivostjo in je zato v primerjavi s sodobnejšo HPLC, ne cenijo tako, kar je odraz slabega strokovnega znanja. Ker poteka HPLC v dobro definiranih pogojih: kolona, pretok, mobilna faza, detektor, je sipanje rezultatov manjše kot pri TLC, kjer je vse odvisno od fizikalnih parametrov na posameznem delu plošče. To pomeni, da se lahko z uporabo velikega števila vzporednih določitev na posamezni plošči in večjega števila plošč poljubno približamo pravi vrednosti, kar pri HPLC ni mogoče.

Za pretvorbo vitamina C so dogovorni nekateri encimi. Dva izmed teh encimov sta glutathion dehidrogenaza in askorbat oksidaza. (Basu oin Dickeerson, 1996).

Obe obliki sta v čistem stanju kot bela kristalinična snov, AK vidna v obliki ploščic in DHA v obliki iglic. Čisti suhi kristali askorbinske kisline so, kljub izpostavljenosti na zraku in dnevni svetlobi, stabilni pri sobni temperaturi (Bender, 1993; Ball. 1998).

Mnoge vrste sadja in zelenjave vsebujejo zelo malo DHAK, tako da jo je težko določiti (Bushway s sod., 1989).

Prav tako je potrebno omeniti diastereomera AK, D-izoaskorbinsko kislino in dehidro-D-izoaskorbinsko kislino, ker tudi te oblike najdemo v živilih in sodelujejo v reakcijah oksidacije in redukcije (Bender, 1993).

Začetni produkti oksidacije L-AK je DHAK. DHAK hitro reducira v AK in vrednost DHAK je ocenjena na 75 % vrednost AK do ekvivalentne vrednosti L-AK.

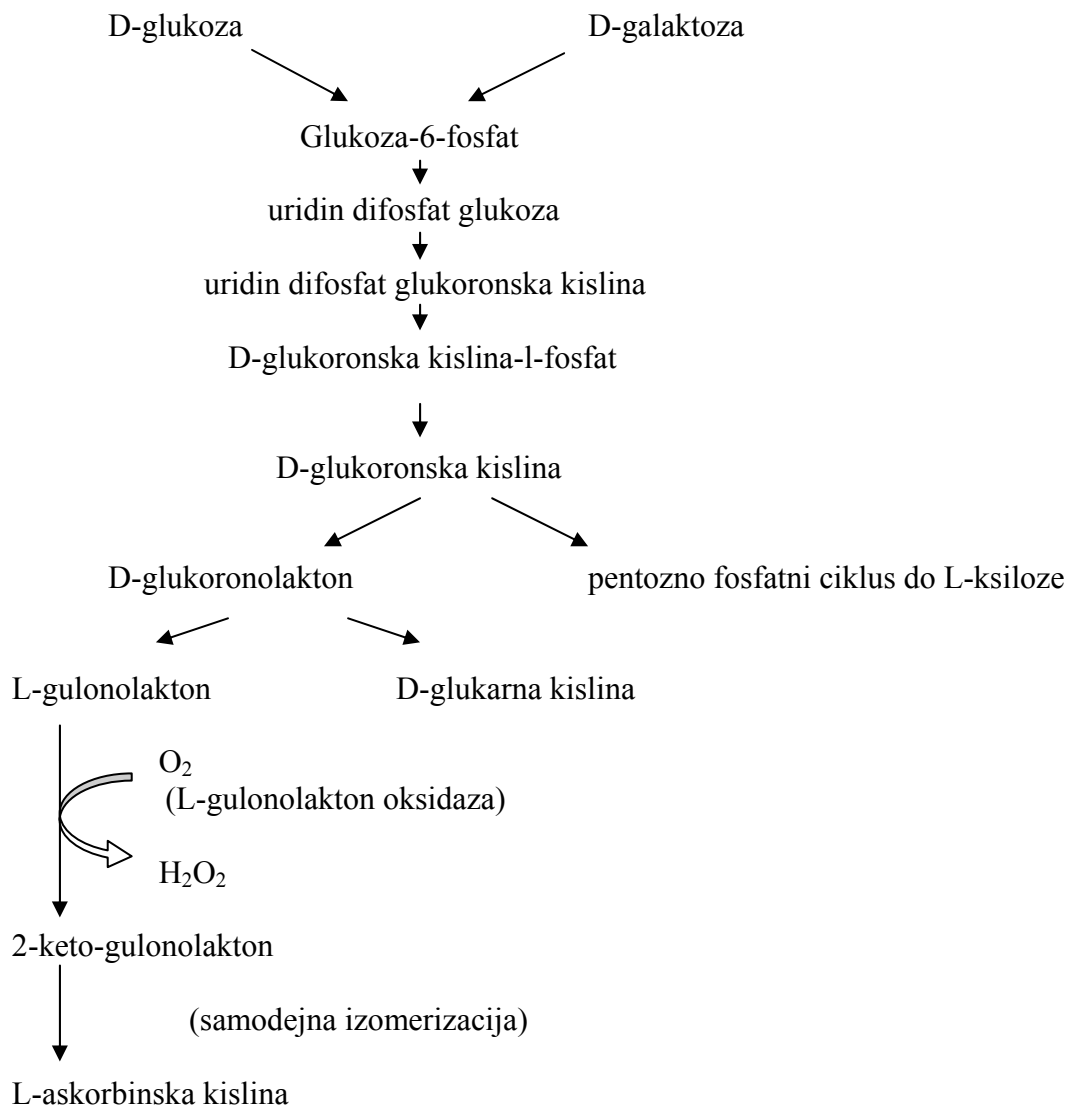
Nekatera predelana živila vsebujejo značilne količine DHAK, čeprav v svežem sadju in zelenjavi prevladuje L-AK. DHAK je izpostavljena hidrolizi do diketo-L-glukonske kisline. Pri tej transformaciji se izgubi celotna vitaminska aktivnost (Matthews in Hall, 1978).

Obstajata dva enantiomerna para: L-AK in D-AK ter L-izoaskorbinska kislina in D-izoaskorbinska kislina. D-AK in L-izoaskorbinska kislina sta brez vitaminske aktivnosti in se ne nahajata v naravi. Prav tako ne najdemo, razen v določenih mikroorganizmih D-izoaskorbinske kisline. Vsebuje le 5 % antiskorbutne aktivnosti L-AK.

L-AK se hitro in reverzibilno oksidira do DHAK, ki je prav tako učinkovita pri preprečevanju skorbuta. DHAK je toksična komponenta, ki raztrga levkocite in eritrocite in povečuje permeabilnost β celic pankreasa, kar se kaže v izgubi inzulina (Ball, 1998).

2.16.4 Biosinteza L-askorbinske kisline

Večina rastlin in živali imajo sposobnost sinteze vitamina C iz D-glukoze ali D-galaktoze preko glukoronske kisline.



Slika 21: Biosinteza L-askorbinske kisline (Goodhart in Shils, 1980)

2.16.5 Vitamin C v živilih

Vitamin C najdemo izključno v živilih rastlinskega izvora. Razen ledvic, nobeno živilo živalskega izvora ne vsebuje vitamina C. Količina vitamina je pogojena z različnimi faktorji, kot so vrsta in del rastline (odvisno od količine sončne svetlobe, ki jo vsak del rastline prejme med rastjo), stopnja zrelosti, klima, sončna svetloba, metode obiranja in skladiščenja. Tako vsebuje npr. glava zelja več vitamina C kot steblo. Kakorkoli že v steblo se ohrani več kot 80 % vitamina C med 10-minutnim kuhanjem, medtem ko v glavah ostane manj kot 60 %.

2.16.6 Fizikalne lastnosti L-askorbinske kisline

Preglednica 15: Fizikalne lastnosti vitamina C (Bender, 1993)

Lastnosti	Značilnosti
Formula	$C_6H_8O_6$
Relativna molekulska masa	176,12
Videz	Bela kristalinična snov, brez vonja
Oblika kristala	Monoklinski, navadno v obliki ploščic, včasih iglic
Temperatura tališča	190-192 °C
Gostota (g/L)	1,65
Optična rotacija	$[\alpha]_D^{25} = +20,5 - 21,5^\circ$ (c = 1 v vodi) $[\alpha]_D^{23} = +48^\circ$ (c = 1 v metanolu)
pH	3 (5 mg/ml), 2 (50 mg/ml)
pK_1	4,17
pK_2	11,57
UV (λ_{max})	245 nm (kisla raztopina) 265 nm (nevtralna raztopina)
Redoks potencial	$E_0' = +0,127$ (pH = 5)
Topnost (1 g L-AK)	V 3 ml vode, v 30 ml alkohola, v 100 ml glicerola, v 20 ml propilen glikola; netopen v etru, kloroformu, benzenu, petroleju, oljih, maščobah in maščobnih raztopinah

2.16.7 Izguba vitamina C

Razlike v izgubi vitamina med različnimi vrstami zelja lahko pripišemo izpostavljeni površini, mehanskim poškodbam, vsebnosti sulfhidrilnih komponent kot njihovim različnim encimskim aktivnostim (Favell, 1998). Pranje in čiščenje zelja znižuje vsebnost vitamina C. Sam proces blanširanja nekoliko zmanjša vsebnost vitamina, vendar se tako razgradnja vitamina ustavi. Nizke temperature skladiščenja, sploh zamrzovanje, zmanjšujejo izgube.

Vitamin C je topen v vodi, zato se med kuhanjem hitro razgradi. Kadar uživamo živila rastlinskega izvora v presnem stanju, je razpoložljivost vitamina C v splošnem visoka.

Vitamin C je občutljiv na oksidacijo. Stopnja oksidacije se poveča ob prisotnosti različnih faktorjev, kot so: alkalije, toplota, svetloba, kovinske ione. Količina vode, ki jo uporabimo pri kuhanju, kakor tudi kislost živila imajo pomemben vpliv na ohranjanje vitamina.

Krajši čas kuhanja in čim manjša izpostavljenost na zraku ter zmanjšana površina živila pomagajo zmanjšati izgubo vitamina C (Basu in Dickerson, 1996).

Dobra topnost vitamina C v vodi in velika labilnost v primerjavi z večino drugih hranil povzročata izgubo vitamina C v zelenjavi, kadar le-to konzerviramo. Vitamin C je dovzeten za oksidacijo, ki je pospešena s toploto, poškodbami kože pri zelenjavi, prisotnostjo železa, bakra in alkalnega pH (Oruňa-Cocha in sod., 1998).

Veliko rastlin ima encim oksidazo, ki vsebuje baker, kar pospeši oksidacijo vitamina v prisotnosti zraka. Encim nima neposredne povezave z vitaminom v rastlini, sprosti se iz celic kadar poškodujemo list ali plod. Inhibitorji oksidacije vitamina C so flavonoidi (Basu in Dickerson, 1996)

Čas kuhanja zamrznjene zelenjave je krajši od kuhanja sveže zelenjave. Tako izgube med kuhanjem zamrznjene zelenjave niso večje od izgub, ki se pojavljajo med kuhanjem sveže zelenjave (Favell, 1998).

2.16.8 Biokemijska vloga vitamina C

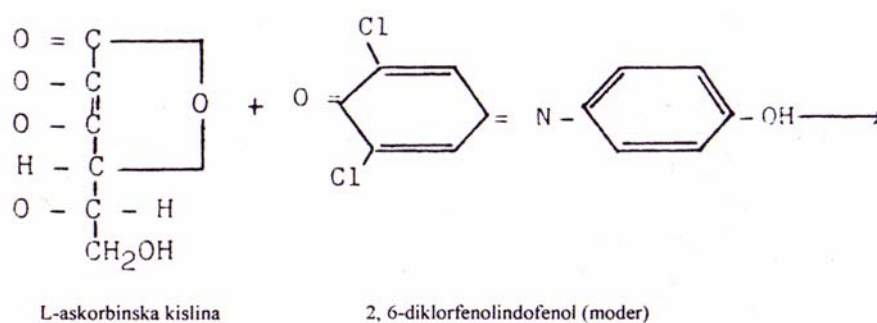
Vitamin C je močan reducent, zato ima pomembno vlogo antioksidanta. Askorbinska kislina se oksidira v DHAK preko slabo obstojnega intermedata mono DHAK. Na splošno je ta intermediat neškodljiv. Glutation in NADH pomagata pri regeneraciji askorbinske kisline iz njene oksidirane oblike (Basu in Dickerson, 1996).

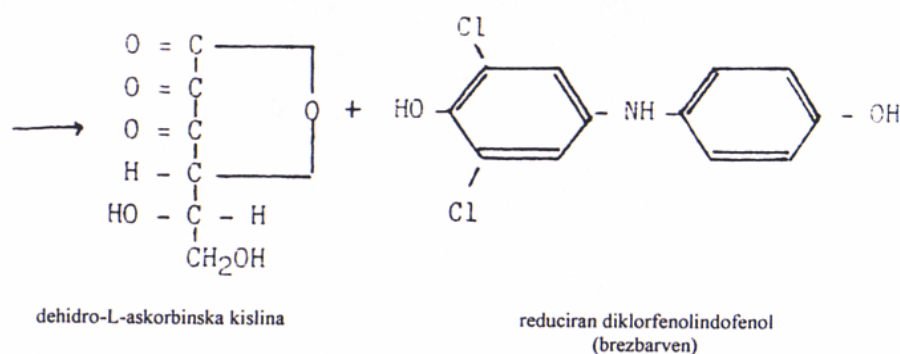
2.16.9 Metode določanja vitamina C

Vitamin C se najprej določali z biološkimi metodami, ki so temeljile na preprečevalnem ali prolifaktičnem testu ter na zdravljenju ali kurativnem testu na morskih prašičkih. Ker so to dolgotrajne, drage in zapletene metode, so biološke metode zamenjali z bolj uporabnimi kemijskimi, fizikalno kemijskimi, kromatografskimi in encimskimi metodami. Te zagotavljajo natančno, hitrejšo in cenejšo analitiko.

Seveda se biološka metoda še vedno uporablja, predvsem takrat, ko želijo ugotoviti biološko specifičnost in antiskorbutne lastnosti novih izdelkov (Golob, 1987).

Prvo kemijsko metodo za določanje L-askorbinske kisline sta razvila Tillmans in Hirdch leta 1932. Leta 1938 jo je modificiral Bessey. To je oksidacijska titracija z 2,6-diklorofenolindofenolom (DI). Princip reakcije je na sliki 6.





Slika 22: Reakcija 2,6-diklorofenolindofenola z L-askorbinsko kislino (Basu in Schorach, 1982)

L-askorbinska kislina reducira indikator DI, ki se pri tem razbarva. Prebitek indikatorja je v kisli sredini rožnate barve.

Na redukcijski lastnosti L-askorbinske kisline je osnovana tudi jodometrična titracija. To je preprosta in hitra metoda, vendar je potrebno titracijo izvesti čim hitreje, da preprečimo oksidacijo drugih snovi.

Naslednja metoda je kalorimetrična metoda. Razvila sta jo Roe in Kuether. Princip te metode je oksidacija askorbinske kisline v dehidroaskorbinsko kislino, ki tvori z 2,4-difenilhidrazinom obarvan osazon, topen v močni žveplovi kislini. Intenzivnost obarvanega produkta se meri spektrofotometrično (Golob, 1987).

Med sodobnimi metodami dajejo kromatografske metode najbolj zanesljive rezultate, saj omogočajo popolno ločbo L-askorbinske kisline od vseh ostalih spojin, ki motijo reakcijo. V tej smeri so razvili postopke s papirno kromatografijo, tankoplastno, tekočinsko in tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti. Metodo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti HPLC so razvili številni analitiki. Primerna je za hitro določitev AK kot tudi dehidroaskorbinske kisline. Macrae (19982) je razvil HPLC metodo z elektrokemijskim detektorjem, vendar je uporabna le za AK. Osnova HPLC metode z UV detektorji in fluorescenčnimi detektorji je reakcija dehidroaskorbinske kisline z o-fenildiaminom. Izmed teh dveh je fluorescenčni detektor bolj občutljiv in zahteva manj vzorca (Golob, 1987).

S HPLC metodo dobimo nekoliko nižje rezultate, kar pripisujemo večji selektivnosti metode. HPLC metoda je hitra, selektivna, visoko občutljiva, zahteva malo vzorca, primerna je za rutinske analize. Njena pomanjkljivost je v dragi aparaturi (Golob, 1987).

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 MATERIAL

Zeljnate glave (*Brassica oleracea* L.. *convar capitata* (L.) var. *capitata*) 18 kultivarjev zelja, ki smo jih uporabili v poskusih, smo dobili na polju Biotehniške fakultete, Oddelka za agronomijo v Ljubljani:

- cv. Parel
- cv. Caco
- cv. Hermes
- cv. Tucana
- cv. Atria
- cv. Slava
- cv. Pandion
- cv. Destiny
- cv. Fieldwiner
- cv. Vestri
- cv. Hinova
- cv. Tropicana
- cv. Ombrios
- cv. Rona
- cv. Huzaro
- cv. Erfurtsko rdeče
- cv. Maestro
- cv. Holandsko pozno zelje

Vsi kultivarji zelja, ki so bili uporabljeni v raziskavi, so bili v sveži obliki vendar pobrani v različnem obdobju, od junija do oktobra leta 2005.

3.2 NAČRT DELA

Zeljnate glave smo po pobiranju očistili, odstranili poškodovane in umazane liste. Še pred analizami smo jih ustrezno pripravili na shranjevanje v dveh delih, in sicer zunanji del zelja (zunanje liste) in notranji del(sredica) ter jih nato zmiksali z 2 % raztopino z metafosforne kisline, kar nam je omogočilo zaščito pred oksidacijo.

3.3 ANALITSKE METODE

3.3.1 Priprava in shranjevanje vzorcev

Zunanje dele zelja (zunanje liste) smo ločili od notranjih in zmleli z ultraturaxom . Pazili smo, da nismo uporabili delov, kjer je velik preplet žil. Nato smo odtehtali približno 5 g zmletega vzorca ter dodali 3 - 5 g 2 % raztopine metafosforne kisline.

3.3.2 Določanje maščobnih kislin kot metilnih estrov v zelju

Maščobe istočasno ekstrahiramo (iz zelja) in zaestrimo ob prisotnosti mešanice metanol, heptan, benzen 2,2 dimetoksi propan, H₂SO₄ (37:36:20:5:2 vol./vol.) pri 80 °C.

Vialo preprihamo z dušikom, jo nepredušno zapremo in segrevamo na vodni kopeli (120 min pri 80 °C). Zmes nato ohladimo, zgornjo heptansko fazo pa analiziramo s plinsko kromatografijo (GC).

Izračun mase posamezne maščobne kisline:

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

C = koncentracija posamezne VMK (mg/100 g)

A_i = površina posamezne VMK

F_{Ai} = koeficient posamezne VMK (molska masa VMK/molsko maso metilnega estra VMK)

m₁₇ = masa internega standarda (C17:0)

A₁₇ = površina internega standarda

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

m_v = masa vzorca

3.3.3 Plinska kromatografija (GC)

Maščobno kislinsko sestavo metilnih estrov maščobnih kislin smo določili s pomočjo plinske kromatografije, ki se uporablja za analize lahko hlapnih vzorcev, ki jih ločujemo in detektiramo v plinski fazi.

Pri GC kromatografiji predstavlja mobilno fazo inertni nosilni plin (dušik, helij), stacionarna faza pa je nehlapna organska tekočina, ki je porazdeljena na inertnem nosilcu, ki je v dolgi tanki koloni.

Osnova separacije je porazdelitev med obe fazi, pri čemer se posamezne analizirane komponente različno porazdelijo ter potujejo z različnim časom ter hitrostjo, zaznamo pa jih z detektorjem. Detektor je običajno plamensko ionizacijski, ki zaznava že zelo majhne količine preiskovane snovi, ki zapuščajo kolono.

Ločevanje in detekcija sta potekali pri naslednjih pogojih:

Plinski aparat: Agilent Technologies 6890 N

- kolona: SUPLESCP- SPB PUFA; 30 m x 0,25 mm x 0,2 µm,
- detektor: FID,
- temperatura kolone 210 °C,
- temperatura detektorja: 260 °C,
- temperatura injektorja: 250 °C (split 1:100),
- tlak na injektorju: 31,6 psi,
- nosilni plin: He, pretok: 1 ml/min,
- pretok N₂: 45 ml/min,
- pretok H₂: 40 ml/min,
- pretok zraka: 450 ml/min,
- volumen injiciranja: 0,1,
- program za obdelavo podatkov: GC Chem Station.

Koncentracija internega standarda = 0,4886/19,75 g metanola

Masa internega standarda = naša odtehta * 0,4886/19,75

3.3.4 Določanje sladkorjev s HPLC metodo

Vzorce zelja smo zmleli na ultraturaxu in nato odtehtali približno 10 g v destilirano vodo. Mešanico smo nato pustili stati približno 15 minut da se sladkorji v vodi ekstrahirali. To mešanico smo nato filtrirali preko mikrofiltra. Filtrat smo napolnili v vijale in postavili na HPLC napravo.

3.3.5 Določanje vitamina C s pomočjo HPLC metode

a. PRIPRAVA VZORCA

Vzorec zelja smo odtehtali v merilni valj in dodali 1 % raztopino HPO₃ za stabilizacijo L-askorbinske kisline. Po homogenizaciji v gospodinjskem mešalcu smo pustili ekstrahirati 30-60 min. Po filtriranju skozi filtrirni papir (prve ml filtrata zavržemo), smo filtrat napolnili v ependorfke in centrifugirali pri 14000 obratih 15 min. Nato supernatant filtriramo skozi milipore filter (0,45 µm) v vialo. Tako pripravljen vzorec smo injicirali na HPLC kolono.

b. KROMATOGRAFSKI POGOJI

- Gradientna črpalka: Maxi Star, Knauer,
- Kolona: Aminex HPX – 87 H, 300 x 7,8 mm; Bio-Rad,
- Mobilna faza: 0,004 M H₂SO₄,
- Pretok mobilne faze: 0,6 ml/min,
- Volumen injiciranja: 10 µl,
- Detektor : UV – VIS, 245 nm, Knauer

c. IZRAČUN

konc. AK v raztopini (mg/ml) = (površina pod krivuljo vzorca/površina pod krivuljo standarda)*konc. standarda

$$\text{AK (mg/100 g)} = (\text{konc. AK v raztopini} * m) / (\text{odtehta}) * 10$$

$$m(\text{g}) = \text{odtehta} + \text{masa HPO}_3$$

3.3.6 Statistična analiza

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili programski paket SAS/STAT (SAS Software. Version 8.01, 1999). V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve. Pri obdelavi podatkov s statističnim modelom smo uporabili postopkom GLM (General Linear Model).

Statistični model 1 smo uporabili za obdelavo podatkov merjenja parametrov različnega jagodičevja. Statistični model 2 smo uporabili za obdelavo podatkov merjenja parametrov maščobnokislinske sestave sort znotraj različnega jagodičevja. Model je vključeval vpliv sorte. Vsi podatki so predstavljeni kot ocenjene srednje vrednosti (LS-mean).

Statistični model 1:

$$y_{ij} = \mu + J_i + e_{ij}$$

y_{ij} = opazovana vrednost

μ = povprečna vrednost

J_i = vpliv kultivarjev zelja; i = parel, caco, hermes, tucana, atria, slava, pandion, destiny, fieldwiner, vestri, hinova, tropicana, ombrios, rona, huzaro, erfurtsko rdeče, maestro, holandsko pozno zelje

e_{ij} = ostanek.

e_{ij} = ostanek.

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

4 REZULTATI

Že v uvodu smo nakazali, da je namen raziskave določitev vsebnosti sladkorjev, vitamina C in prehransko pomembnih maščobnih kislin, ter ugotoviti koliko prispevajo k pokritju dnevnih potreb s hranili, ki so potrebna za normalno fiziološko delovanje.

4.1 VSEBNOST MAŠČOBNIH KISLIN V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA

Preglednica 16: Maščobnokislinska sestava različnih kultivarjev zelja (mg/100 g)

Kultivar	Parameter (LSM± SEM)		
	C16:0 (mg/100 g)	C18:0 (mg/100 g)	C20:0 (mg/100 g)
Atria	24,10 ± 0,74 ^{edgcf}	4,12 ± 0,09 ^{gh}	4,38 ± 1,81 ^a
Caco	23,38 ± 1,15 ^{bdac}	6,90 ± 0,44 ^b	3,12 ± 0,51 ^{ebdac}
Destiny	28,01 ± 4,16 ^{ebdac}	5,74 ± 0,24 ^c	2,80 ± 1,04 ^{ebdac}
Erfurtsko rdeče	22,96 ± 0,21 ^{edgf}	3,87 ± 0,16 ^h	1,40 ± 0,22 ^{ed}
Fieldwiner	22,01 ± 2,17 ^{gf}	4,02 ± 0,23 ^{gh}	2,89 ± 0,15 ^{ebdac}
Hermes	29,21 ± 3,44 ^{bac}	4,81 ± 0,18 ^{def}	3,16 ± 3,69 ^{bdac}
Hinova	28,13 ± 3,97 ^{bdac}	2,88 ± 0,10 ⁱ	2,56 ± 0,32 ^{ebdac}
Holandsko pozno	30,26 ± 2,21 ^g	3,81 ± 0,94 ^h	1,58 ± 0,88 ^{edc}
Huzaro	23,84 ± 5,32 ^{ebdacf}	4,46 ± 0,26 ^{ghcf}	2,25 ± 1,32 ^{ebdc}
Maestro	24,84 ± 2,83 ^{edgcf}	4,39 ± 0,09 ^{ghf}	2,57 ± 1,81 ^{ebdac}
Ombrios	31,31 ± 1,79 ^a	5,06 ± 0,47 ^{ed}	2,80 ± 0,77 ^{ebdac}
Pandion	30,73 ± 2,39 ^{ba}	5,38 ± 0,42 ^{dc}	2,64 ± 0,45 ^{ebdac}
Parel	20,78 ± 4,01 ^{gef}	4,56 ± 0,34 ^{gef}	3,36 ± 0,77 ^{bac}
Rona	24,78 ± 3,04 ^{edgcf}	4,88 ± 0,23 ^{def}	1,81 ± 0,57 ^{ebdc}
Slava	30,97 ± 3,80 ^{ba}	7,99 ± 0,35 ^a	3,33 ± 1,06 ^{bdac}
Tropicana	25,45 ± 0,93 ^{ebdgcf}	8,39 ± 0,78 ^a	3,74 ± 0,95 ^{ba}
Tucana	27,10 ± 1,94 ^{ebdacf}	5,80 ± 0,14 ^c	3,04 ± 0,37 ^{ebdac}
Vestri	22,31 ± 2,08 ^{egf}	4,87 ± 0,35 ^{def}	2,59 ± 0,82 ^{ebdac}

LSM - ocenjena srednja vrednost, SEM – standardna napaka

V preglednici 16 so podane vsebnosti treh nasičenih maščobnih kislin v različnih kultivarjih zelja. Večine nasičenih maščobnih kislin v zelju je zelo malo ali le v sledovih, zato podajamo le vsebnosti palmitinske, stearinske ter arahidinske maščobne kisline.

Palmitinska maščobna kislina (C16:0) je količinsko najbolj zastopana nasičena maščobna kislina. Med analiziranimi kultivarji jo največ vsebuje kultivar Ombrios F1 (31,31mg/100 g zelja), najmanj pa kultivar Parel F1 (20,78mg/100 g zelja). Stearinske maščobne kisline (C18:0) vsebuje največ kultivar Tropicana F1 (8,39 mg/100 g zelja), najmanj pa Hinova F1 (2,88 mg/100 g zelja). Največ arahidinske maščobne kisline (C20:0), vsebuje kultivar Atria F1 (4,38 mg/100 g zelja), najmanj pa Erfurtsko rdeče zelje (1,40 mg/100 g vzorca).

Preglednica 17: Maščobnokislinska sestava različnih kultivarjev zelja (mg/100 g)

kultivar	Parameter (LSM +SEM)									
	C18:1 (mg/100 g)	C18:2, C (mg/100 g)	C18:3, n-6 (mg/100 g)	C18:3, n-3 (mg/100 g)	C20:1, n-9 (mg/100 g)	C20:2, n-6 (mg/100 g)	C20:3, n-6 (mg/100 g)	C20:3, n-3 (mg/100 g)		
Atria	11,04 ± 0,18 ^{gf}	12,51 ± 0,42 ^{gfh}	2,44 ± 0,15 ^a	17,22 ± 0,58 ^{higfj}	5,32 ± 0,41 ^a	5,38 ± 2,30 ^{ba}	8,26 ± 0,30 ^a	4,32 ± 0,25 ^a		
Caco	10,85 ± 0,39 ^{gf}	17,96 ± 0,45 ^{cde}	1,20 ± 0,07 ^{bdc}	20,33 ± 0,37 ^{dce}	3,22 ± 0,76 ^{bdac}	2,31 ± 0,10 ^{ba}	4,04 ± 0,90 ^{ba}	1,70 ± 0,28 ^{ba}		
Destiny	15,45 ± 1,41 ^d	14,33 ± 1,61 ^{gfe}	1,41 ± 0,42 ^{bc}	16,46 ± 1,63 ^{higj}	3,21 ± 1,90 ^{bdac}	3,92 ± 2,20 ^{ba}	4,64 ± 2,75 ^{ba}	4,03 ± 1,04 ^a		
Erfurtsko rdeče	11,69 ± 0,07 ^{ef}	28,31 ± 0,10 ^a	0,45 ± 0,02 ^d	21,19 ± 0,08 ^{dc}	1,76 ± 0,30 ^{dc}	3,07 ± 0,90 ^{ba}	2,07 ± 0,29 ^b	3,22 ± 0,40 ^{ba}		
Fieldwiner	26,02 ± 1,84 ^a	12,64 ± 0,74 ^{gfh}	1,52 ± 0,40 ^{bac}	15,03 ± 1,01 ^{ij}	4,47 ± 0,24 ^{ba}	3,52 ± 0,53 ^{ba}	4,43 ± 2,54 ^{ba}	3,45 ± 0,31 ^{ba}		
Hermes	11,76 ± 0,51 ^{ef}	14,89 ± 1,34 ^{gde}	1,95 ± 0,39 ^{bac}	20,32 ± 2,01 ^{dce}	4,32 ± 0,98 ^{ba}	3,03 ± 0,81 ^{ba}	4,48 ± 3,06 ^{ba}	2,06 ± 1,53 ^{ba}		
Hinova	15,02 ± 1,46 ^d	18,68 ± 2,12 ^{cd}	1,62 ± 0,41 ^{bac}	18,97 ± 1,37 ^{dgte}	2,78 ± 0,74 ^{bdc}	5,27 ± 4,32 ^{ba}	3,10 ± 2,33 ^b	0,94 ± 1,09 ^b		
Holandsko pozno	7,58 ± 0,09 ^h	30,61 ± 2,74 ^a	1,03 ± 0,54 ^{dc}	22,70 ± 23,71 ^c	1,68 ± 0,28 ^{dc}	5,67 ± 2,24 ^a	3,14 ± 1,93 ^b	1,84 ± 0,87 ^{ba}		
Huzaro	14,17 ± 1,57 ^d	13,65 ± 2,12 ^{gde}	2,14 ± 0,78 ^{ba}	26,85 ± 4,93 ^a	2,94 ± 2,12 ^{bdac}	3,90 ± 4,51 ^{ba}	1,60 ± 1,03 ^b	4,19 ± 3,92 ^a		
Maestro	9,44 ± 0,34 ^{gfh}	23,15 ± 1,56 ^b	1,42 ± 0,45 ^{bc}	26,95 ± 1,59 ^b	1,78 ± 1,17 ^{dc}	1,38 ± 0,39 ^b	2,05 ± 2,25 ^b	2,02 ± 0,50 ^{ba}		
Ombrios	22,74 ± 1,46 ^b	16,32 ± 0,97 ^{gde}	1,27 ± 0,12 ^{bdc}	10,70 ± 0,35 ^k	3,01 ± 1,39 ^{bdac}	2,43 ± 1,81 ^{ba}	0,91 ± 0,58 ^b	3,45 ± 0,70 ^{ba}		
Pandion	11,09 ± 0,53 ^{gf}	20,28 ± 1,09 ^{bc}	1,18 ± 0,24 ^{bdc}	17,80 ± 0,42 ^{higfe}	2,98 ± 0,69 ^{bdac}	3,03 ± 0,48 ^{ba}	3,10 ± 2,38 ^b	1,79 ± 0,55 ^{ba}		
Parel	19,44 ± 2,16 ^c	11,61 ± 1,32 ^{gh}	1,97 ± 0,69 ^{bac}	15,81 ± 2,18 ^{hij}	5,26 ± 1,42 ^a	5,27 ± 1,89 ^{ba}	8,18 ± 3,83 ^a	3,77 ± 6,48 ^a		
Rona	11,13 ± 0,52 ^{gf}	23,47 ± 2,11 ^b	1,54 ± 0,50 ^{bac}	18,88 ± 1,03 ^{dgte}	2,66 ± 1,27 ^{bdc}	4,22 ± 1,56 ^{ba}	3,28 ± 2,50 ^b	3,35 ± 0,38 ^{ba}		
Slava	9,05 ± 0,47 ^{gh}	18,05 ± 1,59 ^{cde}	1,69 ± 0,65 ^{bac}	18,40 ± 1,44 ^{hdgte}	2,98 ± 2,13 ^{bdac}	2,41 ± 1,06 ^{ba}	2,22 ± 1,54 ^b	2,90 ± 1,07 ^{ba}		
Tropicana	11,80 ± 2,93 ^{ef}	22,79 ± 6,25 ^b	1,60 ± 0,73 ^{bac}	14,76 ± 1,31 ^j	3,48 ± 0,97 ^{bac}	2,24 ± 1,28 ^{ba}	2,05 ± 0,80 ^b	3,70 ± 1,99 ^a		
Tucana	14,10 ± 0,36 ^{cd}	16,37 ± 0,48 ^{cde}	1,58 ± 0,56 ^{bac}	18,17 ± 0,54 ^{hdgte}	3,76 ± 0,78 ^{bac}	4,22 ± 0,73 ^{ba}	2,93 ± 2,30 ^b	2,90 ± 0,10 ^{ba}		
Vestri	26,16 ± 1,95 ^a	9,56 ± 0,72 ^h	1,65 ± 0,22 ^{bac}	19,58 ± 1,07 ^{dfe}	3,20 ± 0,88 ^{bdac}	3,68 ± 0,48 ^{ba}	2,43 ± 2,46 ^b	3,86 ± 1,35 ^a		

LSM - ocenjena srednja vrednost, SEM – standardna napaka

Različni vzorci zelja se v vsebnosti nenasičenih maščobnih kislin statistično razlikujejo. Rezultate o vsebnosti enkrat in večkrat nenasičenih maščobnih kislinah smo podali v preglednici 14. Količinsko najbolj zastopane so oleinska, linolna, ter α -linolenska. Poleg teh pa najdemo še γ -linolensko, gadoleinsko, eikozan-dienojska kislina, dihomo- γ -linolenska kislina, eikozan-trienojska kislina.

Največ oleinske maščobne kisline (C18:1) vsebuje kultivar Vestri F1 (26,16 mg/100 g zelja), najmanj pa Holandsko pozno zelje (7,58 mg/100 g zelja). Največ linolne maščobne kisline (C18:2, C) vsebuje največ kultivar Holandsko pozno zelje (30,61 mg/100 g zelja), najmanj pa Vestri F1 (9,56 mg/100 g zelja). Pri analizi γ -linolenske maščobne kisline (C18:3, n-6) smo največji delež določili v kultivarju Atria F1 (2,44 mg/100 g zelja), najmanjši pa v Erfurtsko rdečem zelju (0,45 mg/100 g zelja), medtem ko α -linolensko maščobno kislino (C18:3, n-3) vsebuje največ kultivar Maestro F1 (26,95 mg/100 g zelja), najmanj pa Ombrios F1 (10,70 mg/100 g zelja).

Ugotovili smo, da največ gadoleinske maščobne kisline (C20:1, n-9) vsebuje kultivar Atria F1 (5,32 mg/100 g zelja), najmanj pa Holandsko pozno zelje (1,68 mg/100 g zelja). Vsebnost C 20:2, n-6 maščobne kisline vsebuje največ kultivar Holandsko pozno zelje (5,67 mg/100 g zelja), najmanj pa Maestro F1 (1,38 mg/100 g zelja). Največ C 20:3, n-6 maščobne kisline vsebuje kultivar Atria F1 (8,26 mg/100 g zelja), najmanj pa Ombrios F1 (0,91 mg/100 g zelja). Na koncu smo ugotavljali še vsebnost C 20:3, n-3 maščobne kisline ter ugotovili, da največji delež le-te vsebuje kultivar Atria F1 (4,32 mg/100 g zelja), najmanjši pa Hinova F1 (0,94 mg/100 g zelja).

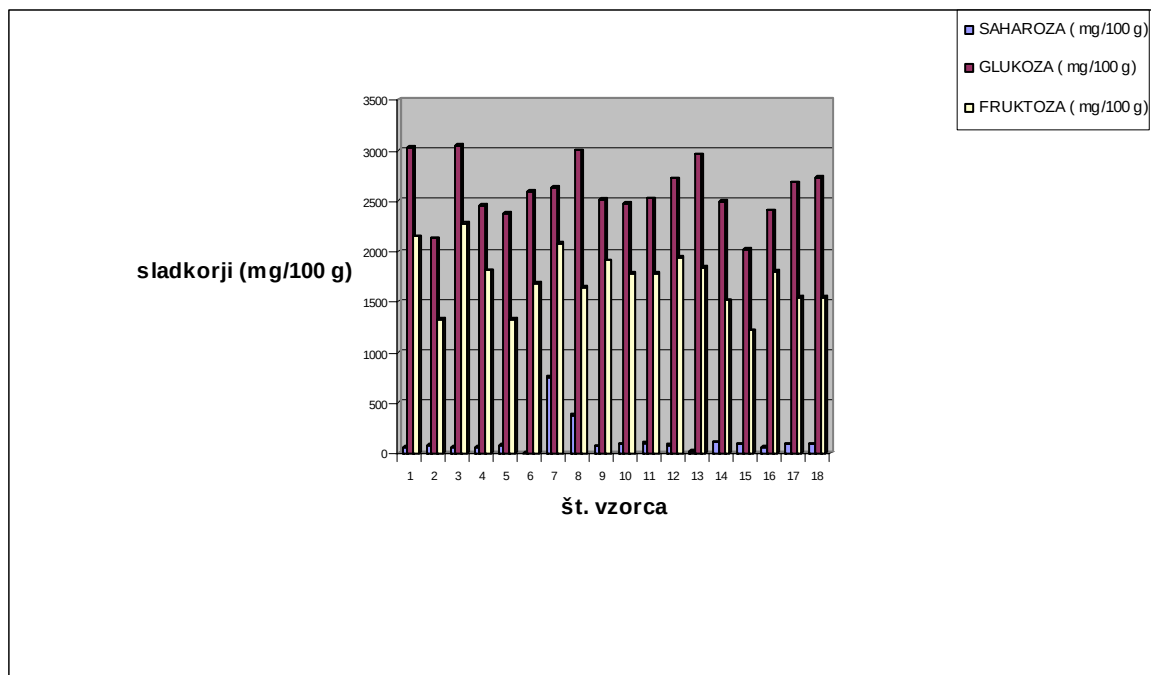
4.2 VSEBNOST SLADKORJEV V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA

Preglednica 18: Vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze v različnih kultivarjih zelja

Kultivar	Saharoza (mg/100 g zelja)	Glukoza (mg/100 g zelja)	Fruktoza (mg/100 g zelja)
Hinova	63,4	3030,3	2146,1
Parel	84,1	2128,7	1321,2
Hermes	64,4	3049,56	2273,9
Caco	56,3	2446,6	1812,4
Pandion	83,4	2374,9	1324,9
Slava	0	2595,3	1675,9
Atria	754,3	2626,8	2080,9
Tucana	380,3	2999,4	1647,3
Fieldwiner	66,5	2517,1	1907,7
Destiny	90,2	2472,9	1784,7
Tropicana	98,2	2523,9	1783,4
Ombrios	78,4	2721,8	1943,1
Vestri	23,2	2955,2	1839,1
Rona	110,1	2485,2	1514,3
Huzaro	88,0	2022,7	1214,9
Erfurtsko rdeče	62,1	2400,8	1805,7
Maestro	86,2	2682,1	1542,3
Holandsko pozno	88,0	2726,8	1535,6

Med različnimi kultivarji zelja so značilne razlike v vsebnosti saharoze, glukoze in fruktoze. Največ saharoze smo določili v kultivarju Atria F1 (754,3 mg/100 g zelja), najmanj pa v Slavi (0 mg/100 g zelja). Največ glukoze je vseboval kultivar Hermes F1 (3049,6 mg/100 g zelja), najmanj pa Huzaro F1 (2022,7 mg/100 g zelja). Tudi pri fruktozi smo določili, da jo je največ vseboval kultivar Hermes F1 (2273,9 mg/100 g zelja), najmanj pa Huzaro F1 (1214,9 mg/100 g zelja).

Slika 23: Povprečna vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze v različnih kultivarjih zelja



4.3 VSEBNOST VITAMINA C V RAZLIČNIH KULTIVARJIH ZELJA

Preglednica 19: Vsebnost vitamina C v različnih kultivarjih zelj

Kultivar zelja	Vitamin C (mg/100 g zelja)
Hinova	67,6
Parel	52,6
Hermes	52,9
Caco	57,0
Pandion	58,5
Slava	52,0
Atria	50,2
Tucana	37,5
Fieldwiner	39,8
Destiny	37,5
Tropicana	37,1
Ombrios	63,4
Vestri	64,3
Rona	39,8
Huzaro	59,7
Erfurtsko rdeče	66,6
Maestro	59,6
Holandsko pozno	36,3

Iz preglednice 19 vidimo, da je vsebnost vitamina C med analiziranimi kultivarji precej različna. Največjo vsebnost vitamina C je imel kultivar Hinova F1 (67,6 mg/100 g zelja), najmanj vitamina C pa kultivar Holandsko pozno zelje (36,3 mg/100 g zelja).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Večja osveščenost ljudi o pomembnosti ustreznega načina prehranjevanja in vpliva zaužite hrane na nemoteno delovanje organizma postavlja in narekuje nove zahteve po uveljavljanju nekonvencionalnih virov hranil, ki bi sodobnemu človeku zagotavljale dobro počutje.

Maščobnokislinska sestava živil ima velik pomen za človekovo zdravje, še posebej pa je pomembna vsebnost posameznih maščobnih kislin, ki jih zaužijemo v dnevni prehrani. Človek mora dnevno dobiti esencialne maščobne kisline s hrano, iz katerih lahko sintetizira svoje lastne maščobne kisline in druge pomembne spojine.

Vsak človek potrebuje za vzdrževanje organizma in opravljanje dela energijo. Najboljši vir energije pa so ogljikovi hidrati. Poleg energije so ogljikovi hidrati pomembni še kot izhodne spojine za gradnjo drugih organskih spojin, so oporne snovi ter sestavine zapleteno zgrajenih snovi, ki opravljajo bistvene življenjske funkcije (npr. dezoksiribonukleinska kislina, ki nosi genetsko informacijo). Med prebavo se ogljikovi hidrati pretvorijo v monosaharide, ti pa v glukozo, edini sladkor, ki prehaja v kri. Ker imajo ogljikovi hidrati pomembno vlogo v človeškem telesu, se količina teh ne sme pretirano zmanjšati. Presežek glukoze pa se v telesu shranjuje kot rezerva v obliki glikogena v mišicah in jetrih. Ogljikovih hidratov ne moremo zaužiti s hrano v neomejeni količini, niti se ne moremo prehranjevati samo z ogljikovimi hidrati. Z ogljikovimi hidrati naj ne bi človek dnevno zaužil več kot 65 % energije.

Vitamin C je vitamin, o katerem se največ govori in piše, in je med vitamini najbolj raziskan. Krepi na stotine obrambnih mehanizmov v našem telesu. Skoraj vse živali imajo sposobnost same proizvajati vitamin C. Človek te sposobnosti nima, zato ga mora nujno dobiti s hrano. Individualne potrebe po vitaminu C variirajo od osebe do osebe in od dneva do dneva.

Večina zdravnikov in znanstvenikov je mnenja, da potrebujemo mnogo več vitamina C, kot je priporočen dnevni odmerek.

Vitamin C ima zaščitno vlogo proti raku. Študije kažejo na to, da tisti, ki redno uživajo hrano bogato z askorbinsko kislino ali vitaminom C kot dodatek prehrani, so manj ogroženi za nastanek in razvoj različnih malignih bolezni, posebno želodčnih.

Vsi kultivarji zelja, ki smo jih uporabili v raziskavi, so bili v sveži obliki, zmleti z ultraturoxom, nato jim je bila s postopkom liofilizacije odstranjena voda in tako smo dobili homogene brezvodne vzorce. S pomočjo plinske kromatografije (GC) smo določili vsebnost in razmerje posameznih maščobnih kislin v različnih kultivarjih zelja.

Primerjali smo naše rezultate z rezultati Souci in sod. (2000) ter prišli do ugotovitev, da je imela večina naših kultivarjev rdečega zelja manjšo vsebnost palmitinske kisline, medtem ko so kultivarji belega zelja imeli podobne vrednosti.

Vzorci naših kultivarjev rdečega in belega zelja so vsebovali več stearinske, oleinske in arahidske kisline ter pa manj linolne in linolenske kisline, kot navajajo Souci in sod. (2000). Podobne vsebnosti arahidske kisline smo dobili le pri kultivarjih rdečega zelja; Rona (1,81 mg/100 g zelja), Holandsko pozno (1,58 mg/100 g zelja) ter Erfurtsko rdeče zelje (1,4 mg/100 g zelja).

Naše rezultate smo nato primerjali še z rezultati avtorja Peng (1974). Naši kultivarji so vsebovali veliko več palmitinske kisline ter enake količine stearinske, arahidske, oleinske, linolne in linolenske kisline.

Naše meritve sladkorjev smo primerjali s podatki Souci in sod. (2000) in ugotovili, da je pri nas vsebnost saharoze manjša kot jo navajata avtorja. Podobne rezultate dobimo le pri kultivarjih Atria F1 in Tucana F1. Primerjali smo tudi vsebnost glukoze in fruktoze in ugotovili, da je vsebnost glukoze v naših vzorcih večja. Podobni vsebnosti glukoze in fruktoze sta le pri kultivarju Parel F1 (2,1287 g/100 g zelja). Rezultati fruktoze so skoraj identični rezultatom, ki so jih dobili Souci in sod. (2000).

Wennberg in sod., 2006 (2006) navajajo podatke dveh kultivarjev belega zelja (Heckla, Predikant). Ko smo primerjali vsebnosti saharoze vseh vzorcev, smo videli, da naši vzorci vsebujejo zelo malo saharoze, z izjemo kultivarja Atria F1 (754,3 mg/100 g zelja). Približno enake količine saharoze vsebujejo naslednji kultivarji: Hermes F1 (3049,56 mg/100 g vzorca), Hinova F1 (3030,3 mg/100 g vzorca), Tucana F1 (2999,4 mg/100 g vzorca) Vestri F1 (2955,2 mg/100 g vzorca), ostali kultivarji pa vsebujejo manj glukoze. Prav tako je primerjava fruktoze pokazala, da imajo vsi naši kultivarji manjšo vsebnost fruktoze, razen kultivarja Hermes F1 (2273,9 mg/100 g vzorca).

Rezultati analiz vitamina C so pokazali, da so rezultati v podobnih mejah navajata Souci in sod. (2000). V primerjavo smo vzeli tudi rezultate analiz diplomskega dela Kobovc Tanje (2000), ki so bili v intervalu 30,91-54,71 mg/100 g zelja ter navedbe avtorjev Černe in Vrhovnik (1992), ki navajata podatke s širšim razponom, v intervalih od 20-100 mg/100 g belega zelja ter 40-79 mg/100 g rdečega zelja. Ugotovili smo, da so v naših kultivarjih podobne vsebnosti vitamina C.

Černe (1998) v nekem drugem priročniku navaja vsebnosti vitamina C v mejah od 30-60 mg/100 g za belo ter 40-75 mg/100 g za rdeče zelje. V obeh primerih se naše vsebnosti vitamina C ujemajo z navedenimi. Vsebnost vitamina C smo primerjali s hrvaškimi prehranskimi tablicami (Kulier, 1996), ki navajajo povprečno vsebnost vitamina C 45,8 mg/100 g belega zelja in 50 mg/100 g rdečega zelja. Iz naših podatkov pa lahko razberemo, da je povprečna vsebnost v belih kultivarjih 51,6 mg/100 g, v rdečih pa 52,4 mg/100 g. Sklepamo lahko, da so razlike v vsebnosti vitamina C, posledica različnih vremenskih razmer, različnega podnebja ter različnega načina pridelave.

5.1 SKLEPI

Na osnovi opravljenih kemijskih analiz in statistične obdelave rezultatov lahko povzamemo naslednje zaključke:

- Različni kultivarji zelja vsebujejo različne deleže posameznih maščobnih kislin.
- Analizirani kultivarji zelja vsebujejo največji delež palmitinske kisline, sledijo α -linolenska, linolna, oleinska in stearinska kislina.
- Največja vsebnost maščobnih kislin je bila v kultivarju zelja Atria F1.
- Kultivar Hermes F1 je vseboval največ enostavnih sladkorjev, najmanj pa Huzaro F1.
- Največjo vsebnost vitamina C je imel kultivar Hinova F1 (67,6 mg/100 g zelja), najmanj je pa kultivar Holandsko pozno zelje (36,3 mg/100 g zelja).
- Razlike v kemijski sestavi med kultivarji rdečega in belega zelja so zelo majhne.

6 POVZETEK

Raziskave obsegajo analizo vsebnosti maščobnih kislin, sladkorjev in vitamina C v 18 kultivarjih zelja. Rezultati raziskava kažejo, da analizirani kultivarji vsebujejo največ naslednjih maščobnih kislin: palmitinske kisline, α -linolenske maščobne kisline, linolne maščobne kisline, oleinske maščobne kisline ter stearinske maščobne kisline. Iz rezultatov je razvidno, da največji delež palmitinske kisline vsebuje kultivar Ombrios F1 (31,31 mg/100 g zelja), najmanj pa kultivar Parel F1 (20,78 mg/100 g zelja). Največji delež α -linolenske maščobne kisline (C18:3, n-3) vsebuje kultivar Maestro F1 (26,95 mg/100 g zelja), najmanj pa Ombrios F1 (10,70 mg/100 g zelja). Največ linolne maščobne kisline (C18:2 C) vsebuje kultivar Holandsko pozno zelje (30,61 mg/100 g zelja), najmanj pa Vestri F1 (9,56 mg/100 g zelja). Največ stearinske maščobne kisline (C18:0) vsebuje kultivar Tropicana F1 (8,39 mg/100 g zelja), najmanj pa Hinova F1 (2,88 mg/100 g zelja). Največ oleinske maščobne kisline (C18:1) vsebuje kultivar Vestri F1 (26,16 mg/100 g zelja), najmanj pa Holandsko pozno zelje (7,58 mg/100 g zelja).

Z analizo sladkorjev smo ugotovili, da največ saharoze vsebuje kultivar Atria F1 (754,3 mg/100 g zelja), najmanj pa Slava (0 mg/100 g zelja). Največ glukoze vsebuje kultivar Hermes F1 (3049,6 mg/100 g zelja), najmanj pa Huzaro F1 (2022,7 mg/100 g zelja). Največ fruktoze vsebuje kultivar Hermes F1 (2273,9 mg/100 g zelja), najmanj pa Huzaro F1 (1214,9 mg/100 g zelja).

Pri nadaljnjih analizah smo ugotovili, da zelje vsebuje veliko vitamina C. Največ ga ima kultivar Hinova F1 (67,6 mg/100 g zelja), najmanj pa kultivar Holandsko pozno zelje (36,3 mg/100 g zelja).

Raziskave kažejo, da z vidika oskrbe človeka z esencialnimi maščobnimi kislinami zelje ni tako pomembno, je pa zelo pomembno zaradi oskrbe z vitaminom C, ki preprečuje skorbut. Zaradi nizke vsebnosti sladkorjev je pomembna vrtnina, priporočena za diabetike.

7 ZAHVALA

Za strokovno pomoč in usmerjanju pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju doc. dr. Rajku Vidrihu ter za pregled teksta recezentki prof. dr. Tereziji Golob.

Zahvaljujem se vsem na Katedri za tehnologijo rastlinskih živil za pomoč in prijetno delovno vzdušje.

Zahvaljujem se tudi Ivici Hočevnar za pomoč pri oblikovanju dela in Barbari Slemenik za pomoč pri iskanju literature.

Iskrena hvala tudi staršem in bratu za vsestransko pomoč ter seveda puncu Danieli za moralno podporo.

8 VIRI

Almazan A. M., Adeyeye S. O. 1998. Fat and fatty acids concentrations in some green vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11: 375-380

Ball G. F. M. 1998. Bioavailability and analysis of vitamins in foods. London, Chapman and Hall: 517-560

Basu T. K., Dickersin J. W. T. 1996. Vitamins in human health and disease. Wallingford, CAB International: 125-146

Bejo Zaden B. V.: cv. Hinova F1. 2006. Warmenhuizen, Bejo Zaden (febr., 2006): 1 str.

Bejo Zaden B. V.: cv. Fieldwiner F1. 2006. Warmenhuizen, Bejo Zaden (febr., 2006): 1 str.

Bejo Zaden B. V.: cv. Ombrios F1. 2006. Warmenhuizen, Bejo Zaden (febr., 2006): 1 str.

Belo zelje. Tucana F1. 2006. Ljubljana, Semenarna Ljubljana
http://www.semenarna.si/semenarna/trzni_pridelovalci/semena_vrtnin/belo_zelje.htm
(april, 2006): 3 str.

Bender D. A. 1993. Ascorbic acid. V: *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition*. Vol. 1. Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (eds.) London, Academic Press: 269-280

Brumen B. 2005. Določanje vsebnosti esencialnih maščobnih kislin v zelenjavi in stročnicah. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 19-34

Bushway R. J., Helper P. R., King J., Perkins B., Krishnan M. 1989. Comparison of ascorbic acid content of supermarket versus roadside stand produce. *Journal of Food Quality*: 12, 99-105

Černe M. 1989. Pridelovanje zelja. Tehnološki list. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 27 str.

Černe M. 1998. Kapusnice. Kmetijski priročnik. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 173 str.

Černe M. 1999. Kapusnice. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 11: 507 – 511

Černe M. 2002. Pridelovanje zelja za kisanje. *Sodobno kmetijstvo*, 35, 10: 403 – 406

Diplock A. T., Aggett P. J., Ashwell M., Bornet F., Fren E. B., Roberfroid M. B. 2000. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. V: *Functional foods II. Claims and evidences*. Buttriss J., Saltmarsh M. (eds.) Cambridge, The Royal Society of Chemistry: 8-59

Douce R., Brouquiss R., Journet E. P. 1987. Electron transfer and oxidative phosphorylation in plant mitochondria. V: The biochemistry of plants. A comprehensive treatise. Vol. 11. Davis D. D. (ed.). New York, Academic Press: 177-213

Eskin M. N. A. 1990. Biochemistry of foods. 2nd ed. San Diego, Academic Press: 541-541

Favell D. J. 1998. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. Food Chemistry, 62, 1: 59-64

Field C. J. 2003. Dietary importance. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol. 4. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds). Amsterdam, Academic Press: 2317-2324

Golob T. 1987. Določanje vitamina C v krompirju- primerjava encimske metode klasičnimi. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 5-9, 24-36

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

Guil J. L., Torija M. E., Giménez J. J., Rodríguez I. 1996. Identification of fatty acids in edible wild plants by gas chromatography. Journal of Chromatography A, 719: 229-235

Hibridna zelja za kisanje/skladiščenje. Vestri F1. 2006. Ljubljana, Semenarna Ljubljana http://www.semenarna.si/semenarna/trzni_pridelovalci/semena_vrtnin/hibridi_zelja_za_kisanje_skladiscenje.htm (april, 2006): 3. str.

Hibridna zelja za kisanje/skladiščenje. Atria F1. 2006. Ljubljana, Semenarna Ljubljana http://www.semenarna.si/semenarna/trzni_pridelovalci/semena_vrtnin/hibridi_zelja_za_kisanje_skladiscenje.htm (april, 2006): 3. str.

Hosoki T., Hiura H., Hamada M. 1985. Breaking bud dormancy in corms, tubers and trees with sulfur-containing compounds. HortScience, 20: 290-291

Hribar J. 1999. Skladiščenje kapusnic. Sodobno kmetijstvo, 32, 11: 546-547

Hribar J. 2002. Biološko kisanje zelja. Sodobno kmetijstvo, 35, 10: 406-407

Ipavec H. 1997. Vsebnost sladkorjev in skupnih kislin v slovenskih sortnih medovih. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 6-6

Kadunc M. 2005. Vsebnost višjih maščobnih kislin v pečkih in koži različnih kultivarjev jabolk. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 1-2

Karlson P. 1980. Biokemija. 1. natis. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 476, 254-287

Klofutar C. 1993. Fizikalno kemijske lastnosti ogljikovih hidratov. V: Ogljikovi hidrati. 15. Bitenčevi živilski dnevi, Ljubljana, 10. in 11. junij 1993. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za živilstvo: 1-10

Kobovc T. 2000. Določanje vsebnosti vitamina C v različnih vrstah zelenjave. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 1, 4, 10-28

Kodele M., Suwa- Stanojević M., Gliha M. 1997. Prehrana . Ljubljana, DZS: 20-24

Komaitis M. E., Melissari-Panagiotou E. 1990. Lipids levels in cabbage leaves. Journal of the Science of Food and Agriculture, 50: 571-573

Krbavčič A. 1991. Vitamini in mikroelementi. V: Vitamini in minerali. Činič M. (ur.). Ljubljana, Zavod za farmacijo in preizkušnjo zdravil: 113-120

Kulier I. 1996. Tablice kemijskog sastava namirnica. Zagreb, Hrvatski farmer d.d.: 21-24

La Roche H. 1992. Vitamin C. V: Encyclopedia of food science and technology. Vol. 4. Hui Y. H. (ed.) New York, John Wiley & Sons, Inc.: 2732-2739

Lee L., Arual J., Lencki R., Castaigne F. 1995. A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basic and practical aspects - Part 1. Packaging Technology and Science, 9: 1-17

Lehninger A. L. 1982. Principles of biochemistry. New York, Worth Publishers, Inc.:55-72

Malovrh B. 2004. Vsebnost maščobnih kislin v semenih različnih sort češenj (*Prunus avium*) v Sloveniji in na Norveškem. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 3-17

Marković D. 2003. Gojenje zelja za kisanje na območju Ilirske Bistrice. Diplomsko delo. Ljubljana , Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 2 – 27

Martin –Villa C., Vidal- Valverde C., Rojas-Hidalgo E. 1982. High performance liquid chromatographic determination of carbohydrates in raw and cooked vegetables. Journal of Food Science, 47:2086-2088

Matotan Z. 2004. Suvremena proizvodnja povrča. Zagreb, Nakladni zavod Globus: 64-95

Matthews R. F., Hall J. W. 1978. Ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogulonic acid in frozen green peppers. Journal of Food Science, 43:532-534

Min D. B., Bradley G. D. 1992. Fats and oils: Chemistry, physics and applications. V: Encyclopedia of food science and technology. Vol. 2. Hui Y. H. (ed.). New York, John Wiley & Sons: 818-832

Nelson D. L., Cox M. M. 2000. Lehninger principles of biochemistry. 3rd ed. New York, Mona Group: 1152

Oruña-Concha M. J., Gonzalez-Castro M. J., Lopez-Hernandez J., Simal-Lozano J. 1998. Monitoring of the vitamin C content of frozen green beans and padron peppers by HPLC. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76: 477-480

Osvald J., Kogoj – Osvald M. 1994a. Pridelovanje zelja na vrtu. Ljubljana, Kmečki glas: 238 str.

Osvald J., Kogoj – Osvald M. 1994b. Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru. Ljubljana, Kmečki glas: 126 str.

Osvald J., Kogoj – Osvald M. 1999. Gojenje zelja. Šempeter pri Gorici, Oswald: 1-1

Parodi P. W. 1997. Cows milk fat components as potential anticarcinogenic agents. Journal of Nutrition, 127: 1055-1060

Peng A. C. 1974. Composition of the lipids in cabbage. Lipids, 9: 299-301

Peng A. C. 1982. Lipid composition of high solids in cabbage. Journal of Food Science, 47: 1036-1037

Peng A. C. 1982. Varietal effects on cabbage lipid composition. Ohio Agricultural Research and Development Center. Research Circular, 271: 35-37

Peng A. C. 1975. Lipid changes occurring in cabbage during storage. Ohio Agricultural Research and Development Center. Research Circular, 250: 45-47

Perkins G. E. 1991. Analyses of fats, oils and lipoproteins. Champaign, American Oil Chemists Society: 664 str

Plestenjak A. 1993. Analitika ogljikovih hidratov. V: Ogljikovi hidrati. 15. Bitenčevi živilski dnevi. Ljubljana 10. in 11. maj 1993. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za živilstvo: 21-30

Plestenjak A. 1992. Metodika določanja lipidov. V: Lipidi. 14. Bitenčevi živilski dnevi. Ljubljana, junij, 1992. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 38-45

Plestenjak A. 1995. Učinek spremenjene atmosfere na aktivnost polifenoloksidaz v pakiranem, olupljenem krompirju. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 68-68

Plestenjak A., Golob T. 1996. Analiza kakovosti živil. Ljubljana, Biotehniška, fakulteta, Oddelek za živilstvo: 89, 91-92

Povrče: kupus cv. Holandski kasni. 2006. Zagreb, Sjemenara Zagreb
<http://www.sjemenarna.hr/sjemen/zabilje/main60.htm> (marec, 2006): 1 str.

Povrče: kupus cv. Erfurtski crveni kupus. 2006. Zagreb, Sjemenara Zagreb
<http://www.sjemenarna.hr/sjemen/zabilje/main60.htm> (marec, 2006): 1 str.

Povrče: kupus cv. Slava. 2006. Zagreb, Sjemenara Zagreb
<http://www.sjemenarna.hr/sjemen/zabilje/main60.htm> : (marec, 2006) 1 str.

Povrče: kupus cv. Tucana F1. 2006. Zagreb, Sjemenara Zagreb
<http://www.sjemenarna.hr/sjemen/zabilje/main60.htm> (marec, 2006): 1 str.

Povrče: kupus cv. Slava. 2006. Zagreb, Sjemenara Zagreb
<http://www.sjemenarna.hr/sjemen/zabilje/main60.htm> (marec, 2006): 1 str.

Požrl T. 2001. Regulacija metabolnih sprememb zelja s pakiranjem v modificirani atmosferi. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 93

Rada, Rural Agricultural Development Authority: cv. Tropicana F1. 2006. Hope Gardens, Rada
http://images.google.com/images?svnum=10&hl=sl&lr=&client=firefox-a&rls=org.mozilla%3A%2Fsl-SI%3A%2Fofficial_s&q=trop (maj, 2006): 1 str.

Rosa E., David M., Gomes M. H. 2001. Glucose, fructose and sucrose content in broccoli, white cabbage and Portuguese cabbage grown in early and late season. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 1145-1149

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

»Seed of SVS«: Rona F1. 2006. Ukraine, The Scientific-Advisory Center
<http://www.semena.org/sort/cab-red/Kapusta%20red-e.htm> (april, 2006) 3 str.

Souci S.W., Fachmann W., Kraut H., Scherz H, Senser F. 2000. Food composition and nutrition tables. 6th ed. Stuttgart. Medpharm GmbH Scientific Publishers: 732-751

Srisangnam C., Salunkhe D. K., Reddy N. R., Dull G. G. 1980. Quality of cabbage: Part I: Effects of blanching, freezing and freeze-dehydration on the acceptability and nutrient retention of cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Journal of Food Quality*, 3: 217-231

Sterle T. 1998. Vsebnost surove maščobe in razmerje maščobnih kislin v slovenski koruzi. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 8-11

Šertel A. 2000. Zelenjava kot vir esencialnih maščobnih kislin. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 88-88

Špes R. 2005. Introdukcija novih sort belega zelja v osrednji Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 4-4

Vardjan F. 1987. Vrtno zelenjadarstvo. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 169-180, 182, 192, 201, 211-216, 217-227, 234-245, 257-260, 274

Veljanovski V. 1993. Sladkorji , aminokisline in drugi kakovostni parametri lipovega, žajbljevega in kostanjevega medu. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 6-12

Verkerk R. 2002. Evaluation of glucosinolate levels through the production chain of *Brassica* vegetables: Towards a novel predictive modelling approach. Thesis. Wageningen, Wageningen University: 136 str.

Wennberg M., Ekvall J., Olson K., Nyman M. 2004. Changes in carbohydrates and glucosinolate composition in white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) during blanching and treatment with acetic acid. Food Chemistry, 95: 227-235