

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Ivanka VERGAN

**VSEBNOST NEKATERIH PREHRANSKIH
KOMPONENT V PLODOVIH IN SEMENIH ŽIŽOLE
(*Ziziphus jujuba* Miller)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Ivanka VERGAN

**VSEBNOST NEKATERIH PREHRANSKIH KOMPONENT V
PLODOVIH IN SEMENIH ŽIŽOLE (*Ziziphus jujuba* Miller)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**NUTRITIONAL COMPOSITION OF CHINESE JUJUBE AND ITS
SEEDS (*Ziziphus jujuba* Miller)**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

POPRAVKI:

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Delo je potekalo v laboratoriju Katedre za tehnologije rastlinskih živil na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Rajka Vidriha, za somentorico prof. dr. Natašo Poklar Ulrich in za recenzentko prof. dr. Terezijo Golob.

Mentor: doc. dr. Rajko Vidrih

Somentorica: prof. dr. Nataša Poklar Ulrich

Recenzentka: prof. dr. Terezija Golob

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Ivanka Vergan

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 634.662:543 (043) = 163.6
KG	žižola/ <i>Ziziphus jujuba</i> Miller/nutrienti/voda/askorbinska kislina/prehranska vlaknina/elementi/polifenoli/sladkorji/organske kisline/beljakovine/skupne maščobe/maščobne kisline
AV	VERGAN, Ivanka
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/POKLAR ULRIH, Nataša (somentorica)/GOLOB, Terezija (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2008
IN	VSEBNOST NEKATERIH PREHRANSKIH KOMPONENT V PLODOVIH IN SEMENIH ŽIŽOLE (<i>Ziziphus jujuba</i> Miller)
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 73 str., 29 pregl., 8 sl., 7 pril., 72 vir.
IJ	Sl
JI	sl/en
AI	V diplomski nalogi smo določali vsebnost nekaterih prehranskih komponent v plodovih in semenih žižole (<i>Ziziphus jujuba</i> Miller), ki so bile obrane v hrvaški Istri. V izkoščičenih žižolah smo določali vsebnost: vode, pepela, skupne fenolne spojine, L-askorbinsko kislino (L-AK), dehidroaskorbinsko kislino (DHA), sladkorje, vlaknino, organske kisline, elemente in beljakovine. V semenih smo določali vsebnost skupnih maščob in maščobnokislinsko sestavo. V 100 g svežega vzorca smo določili: 42,3 g vode, 0,974 g pepela, 695,0 mg skupnih fenolnih spojin, 48,4 mg L-AK, 22,7 mg DHA, 71,1 mg skupne askorbinske kisline, 3,8 g topne vlaknine, 6,0 g netopne vlaknine, 0,62 g beljakovin in elemente s 232,7 mg K, 49,0 mg P, 39,2 mg Na, 30,5 mg Ca, 20,5 mg Mg in 2,0 mg Fe. V mezokarpu žižole smo na 100 g suhe snovi določili naslednje vrednosti organskih kislin: 814,0 mg citronske, 788,0 mg jabolčne, 66,6 mg galakturonske in 13,1 mg kininske. V lupini žižole smo na 100 g suhe snovi določili naslednje vrednosti organskih kislin: 1357,0 mg citronske, 1260,0 mg jabolčne, 88,6 mg galakturonske in 18,7 mg kininske. Na 100 g suhe snovi smo določili: 36,5 g glukoze, 33,4 g fruktoze, 0,2 g saharoze, 75,1 mg arabinoze, 34,6 mg sorbitola in 6,2 mg ramnoze. V 100 g semen smo določili 2,5 g maščobe. Maščobnokislinska sestava semen je bila naslednja: linolna kislina (1417,0 mg/100 g), oleinska (968,1 mg/100 g), palmitinska (193,6 mg/100 g), stearinska (81,0 mg/100 g) in linolenska (65,8 mg/100 g) kislina.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC UDC 634.662:543 (043) = 163.6
- CX chinese date/*Ziziphus jujuba* Miller/nutrients/water content/ascorbic acid/fibre/minerals/polyphenols/sugars/organic acids/proteins/total fats/fatty acids
- AU VERGAN, Ivanka
- AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/POKLAR ULRIH, Nataša (co-advisor)/GOLOB, Terezija (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
- PY 2008
- TI NUTRITIONAL COMPOSITION OF CHINESE JUJUBE AND ITS SEEDS (*Ziziphus jujuba* Miller)
- DT Graduation thesis (University studies)
- NO XI, 73 p., 29 tab., 8 fig., 7 ann., 72 ref.
- LA Sl
- AL sl/en
- AB In the graduation thesis the nutritional properties of chinese jujube and its seeds (*Ziziphus jujuba* Miller) were determined. In fruits harvested in croatian Istria the content of water, ash, total polyphenols, ascorbic acid, dehydroascorbic acid, sugars, fibre, organic acids, minerals and proteins were determined. Seeds were analysed on total fats and fatty acids composition. According to analyses 100 g of fresh fruits contains: 42,3 g of water, 0,974 g of ash, 695,0 mg of polyphenols, 48,4 mg of ascorbic acid, 22,7 mg of dehidroascorbic acid, 71,1 mg of total ascorbic acid, 3,8 g of soluble fiber, 6,0 g of insoluble fiber and 0,62 g of proteins. 100 g of fresh fruits also contain 232,7 mg K, 49,0 mg P, 39,2 mg Na, 30,5 mg Ca, 20,5 mg Mg and 2,0 mg Fe. Mezocarp contains 814,0 mg citric, 788,0 mg malic, 66,6 mg galacturonic and 13,1 mg quinic acid in 100 g of dry weight basis. The skin of jujube fruits contains 1357,0 mg citric, 1260,0 mg malic, 88,6 mg galacturonic and 18,7 mg quinic acid in 100 g of dry weight basis. On 100 g of dry weight we determined: 36,5 g glucose, 33,4 g fructose, 0,2 g sucrose, 75,1 mg arabinose, 34,6 mg sorbitol and 6,2 mg rhamnose. The fat content in 100 g of fresh seeds were 2,5 g. The following fatty acid composition were determined in 100 g of fresh jujube seeds: linolic acid (1417,0 mg), oleic acid (968,1 mg), palmitic acid (193,6 mg), stearic acid (81,0 mg) and linoleic acid (65,8 mg).

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD	1
1.1 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 ŽIŽOLA	3
2.1.1 Botanična razvrstitev in morfološke lastnosti.....	4
2.1.2 Podnebne in talne zahteve.....	7
2.1.3 Uporaba žižole	8
2.1.4 Kemijska sestava plodov	8
2.2 SPLOŠNE LASTNOSTI HRANLJIVIH SNOVI	14
2.2.1 Ogljikovi hidrati	14
2.2.2 Beljakovine	17
2.2.3 Maščobe	18
2.2.4 Vitamini in elementi	22
2.2.5 Sekundarni metaboliti.....	26
2.2.6 Inaktivacija prostih radikalov z antioksidanti.....	28
2.2.7 Kaj je funkcionalno živilo?	29
3 MATERIAL IN METODE DELA	30
3.1. VZOREC ZA ANALIZO	30
3.2. ANALITSKE METODE	30
3.2.1 Določanje vsebnosti vode s sušenjem	30
3.2.2 Določanje suhe snovi z refraktometrom.....	30
3.2.3 Določanje pepela	31
3.2.4 Določanje posameznih elementov	31
3.2.5 Določanje vsebnosti L-askorbinske kisline s HPLC metodo	32
3.2.6 Določanje vsebnosti L-askorbinske in dehidroaskorbinske kisline s TCEP	

reagentom s HPLC metodo	35
3.2.7 Določanje vsebnosti skupnih fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju – spektrofotometrična metoda	37
3.2.8 Določanje vsebnosti beljakovin z metodo po Kjeldahlu	40
3.2.9 Določanje vsebnosti skupne, topne in netopne prehranske vlaknine po modificirani encimsko-gravimetrični metodi po Prosky-ju	41
3.2.10 Določanje vsebnosti maščob po Weibullu in Stoldtju v semenu žižole ...	43
3.2.11 Določanje vsebnosti višjih maščobnih kislin v semenu žižole	44
3.2.12 Določanje vsebnosti skupnih titrabilnih kislin	47
3.2.13 Določanje vsebnosti sladkorjev s HPLC metodo	48
3.2.14 Določanje vsebnosti sladkorjev in organskih kislin s pliskim kromatografom	49
4 REZULTATI	52
4.1 VSEBNOST VODE, SUHE SNOVI IN PEPELA V PLODOVIH ŽIŽOLE.....	52
4.2 VSEBNOST ELEMENTOV V PLODOVIH ŽIŽOLE.....	52
4.3 VSEBNOST L-ASKORBINSKE (L-AK), DEHIDROASKORBINSKE IN SKUPNE KISLINE V PLODOVIH ŽIŽOLE	54
4.4 VSEBNOST SKUPNIH FENOLNIH SNOVI IN BELJAKOVIN V PLODOVIH ŽIŽOLE	54
4.5 VSEBNOST TOPNE, NETOPNE IN SKUPNE VLAKNINE V PLODOVIH ŽIŽOLE	56
4.6 VSEBNOST TITRABILNIH KISLIN V PLODOVIH ŽIŽOLE.....	56
4.7 VSEBNOST SLADKORJEV V PLODOVIH ŽIŽOLE, DOLOČENIH S HPLC METODO	57
4.8 VSEBNOST SLADKORJEV IN ORGANSKIH KISLIN V PLODOVIH ŽIŽOLE, DOLOČENIH S PLINSKO KROMATOGRAFIJO	58
4.9 VSEBNOST MAŠČOBE IN MAŠČOBNIH KISLIN V SEMENU ŽIŽOLE.....	58
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	60
5.1 RAZPRAVA.....	60
5.1.1 Žižola kot funkcionalno živilo	60
5.1.2 Esencialne maščobne kisline v semenu žižole	63
5.2 SKLEPI.....	64
6 POVZETEK	65
7 VIRI	67
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Rod <i>Ziziphus</i> po svetu (Arndt, 2001)	6
Preglednica 2: Tuja imena za žižolo (Mrzlič, 2007)	7
Preglednica 3: Vsebnost hranljivih snovi v svežih izkoščičenih žižolah (USDA, 2008).....	9
Preglednica 4: Hranljive snovi v petih sortah žižole <i>Ziziphus jujuba</i> (% na suho snov) (Li in sod., 2007a)	10
Preglednica 5: Vsebnost sladkorjev v petih sortah žižol <i>Ziziphus jujuba</i> (% na suho snov) (Li in sod., 2007a)	11
Preglednica 6: Vsebnost elementov v petih sortah žižole <i>Ziziphus jujuba</i> (mg/100 g) (Li in sod., 2007a)	12
Preglednica 7: Vsebnost elementov (mg/100 g) v različnem sadju (USDA, 2008).....	12
Preglednica 8: Vsebnost vitaminov, skupnih fenolnih snovi in antioksidativna aktivnost v petih sortah žižole <i>Ziziphus jujuba</i> (Li in sod., 2007a)	13
Preglednica 9: Antioksidacijska aktivnost nekaterih vrst sadja (Korošec, 2001:11)	14
Preglednica 10: Vsebnost vlaknine v nekaterih živilih (g/100 g jedilnega dela) (Golob, 2003: 74).....	17
Preglednica 11: Vsebnost maščobnih kislin in dveh saponinov v koščici <i>Ziziphus jujuba</i> Miller kultivar <i>spinosa</i> (Zhao in sod., 2006).....	19
Preglednica 12: Maščobnokislinska sestava nekaterih prehransko pomembnih rastlinskih olj, utežni delež od skupnih maščobnih kislin (%) (Salobir, 2001).....	20
Preglednica 13: Pomembne naravne nasičene maščobne kisline (Lobb, 1992, cit. po Skvarča, 2004).....	21
Preglednica 14: Maščobne kisline v hrani (Gordon in Joiner, 2005)	22
Preglednica 15: Živila bogata z vitaminom C (Schlieper in sod., 1997:97).....	23
Preglednica 16: Živila, bogata z vitaminom A in s karotenom (Schlieper in sod., 1997:95)	24
Preglednica 17: Korekcija določene vsebnosti fenolnih spojin (mg galne kisline/L) s F.C. reagentom glede na vsebnost reducirajočih sladkorjev (g/L) (Košmerl in Kač, 2003).....	39
Preglednica 18: Vrednosti mase vzorcev, odtehte IS, mase dodanega IS in masa topila za določanje vsebnosti maščobnih kislin v semenu žižole	45
Preglednica 19: Vsebnost vode, suhe snovi in pepela (g/100 g) v svežem vzorcu izkoščičene žižole	52
Preglednica 20: Vsebnost elementov (mg/100 g) v svežem vzorcu izkoščičene žižole.....	53
Preglednica 21: Primerjava rezultatov vsebnosti elementov v svežih figah, rozinah z odstranjenimi peškami in v svežih izkoščičenih žižolah (mg/100 g) (USDA, 2008) z našim vzorcem izkoščičene žižole (mg/100 g).....	53
Preglednica 22: Vsebnost L-askorbinske, dehidroaskorbinske in skupne askorbinske kisline v svežem vzorcu izkoščičene žižole (mg/100 g)	54
Preglednica 23: Vsebnost skupnih fenolnih snovi (mg/100 g) in beljakovin (g/100 g) v	

svežih izkoščičenih žižolah	55
Preglednica 24: Vsebnost netopne, topne in skupne vlaknine v svežem vzorcu izkoščičene žižole (g/100 g).....	56
Preglednica 25: Vsebnost titrabilnih kislin v svežem vzorcu izkoščičene žižole (g/100 g).....	56
Preglednica 26: Vsebnost sladkorjev v vzorcu (g/100 g) svežega vzorca izkoščičene žižole določenih s HPLC metodo.....	57
Preglednica 27: Vsebnost sladkorjev v izkoščičeni žižoli ter organskih kislin v mezokarpu in lupini žižole, določenih s plinsko kromatografijo (mg/100 g suhe snovi)	58
Preglednica 28: Maščobnokislinska sestava semena žižole (mg/100 g)	59
Preglednica 29: Primerjava nekaterih prehranskih komponent kitajske žižole z našim vzorcem žižole.....	62

KAZALO SLIK

Slika 1: Botanični prikaz žižole <i>Ziziphus jujuba</i> (Dharmananda, 2001).....	4
Slika 2: <i>Ziziphus ziziphus</i> * (Wikimedia commons, 2006)	5
Slika 3: Osnovna strukturna formula flavonoidov (2-fenil-benzopiran) (Abram, 2000)	27
Slika 4: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije L-AK	35
Slika 5: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije skupne in L-askorbinske kislina	36
Slika 6: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije fenolnih spojin.....	39
Slika 7: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije glukoze	48
Slika 8: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije fruktoze.....	49

KAZALO PRILOG

Priloga A: Eksperimentalni podatki za izračun vsebnosti vode (%), suhe snovi (%), pepela (%) in beljakovin (%) v izkoščičeni žižoli ter maščob (%) v semenu žižole

Priloga B: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti L-askorbinske kisline

Priloga C: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti polifenolnih snovi in vsebnosti titrabilnih organskih kislin

Priloga D: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti vlaknine

Priloga E: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti sladkorjev s HPLC metodo

Priloga F: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti maščobnih kislin v semenu žižole

Priloga G: Nadaljevanje eksperimentalnih podatkov za določanje maščobnih kislin v semenu žižole

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AA	antioksidativna aktivnost
AAS	atomska absorpcijska spektrometrija
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
BV	biološka vrednost
cAMP	ciklični adenzin monofosfat
cGMP	ciklični gvanozin monofosfat
cv.	kultivar
DHA	dehidroaskorbinska kislina
EMK	esencialne maščobne kisline
EV	energijska vrednost
F.C.	Folin-Ciocalteu reagent
GC	gas chromatography (plinska kromatografija)
HDL	lipoprotein visoke gostote
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (tekočinska kromatografija visoke ločljivosti)
HS	hranljive snovi
IS	interni standard
KV	koeficient variabilnosti
L-AK	L-askorbinska kislina
LDL	lipoprotein majhne gostote
MEMK	metilni estri maščobnih kislin
SS	suha snov
TCEP	Sigma Tris 2-carboxy-ethyl phosphine hydrochloride reagent

1 UVOD

Žižola (*Ziziphus jujuba* Miller) je rastlina, ki uspeva v toplem podnebju. Pri nas jo najdemo v obmorskem pasu slovenske obale in v slovenski Istri v divjih sestojih. Po obliki spominja na plodove oljk z enako trdo koščico, po okusu pa spominja na dateljne. Pri nas je bolj malo poznana sadna vrsta. Veliko bolj jo poznajo in cenijo njene hranilne ter farmacevtske lastnosti na Kitajskem in drugod v Aziji. Dejansko jo najdemo po celem svetu v Aziji, Afriki, Ameriki, Avstraliji in v Evropi. Plodovi se med seboj razlikujejo po velikosti in obarvanosti. Žižola raste v obliki grma ali drevesa in je listopadna ali zimzelena rastlinska vrsta.

Liu in Cheng (1995) sta na podlagi morfologije, rastnih lastnosti in geografskega položaja, razdelila rod *Ziziphus* na dve sekciji. V prvo sekcijo sta uvrstila listopadne žižole, ki se nahajajo v klimatsko temperiranih območjih. V omenjeno sekcijo sta uvrstila *Ziziphus jujuba* Mill. in *Ziziphus acidojujuba* C.Y.Cheng et M.J.Liu. V drugo sekcijo, ki sta jo poimenovala *Perdurans* M.J.Liu. et C.Y.Cheng, sta uvrstila žižole, ki niso listopadne in se nahajajo v tropskem in subtropskem predelu. Drugo sekcijo sta razdelila še na dve seriji: *Cymosiflorae* M.J.Liu. et C.Y.Cheng in *Thyrsiflorae* M.J.Liu. et C.Y.Cheng. Torej le dve vrsti žižol spadata v prvo sekcijo in večina v drugo sekcijo. 30 % vrst sekcije *Perdurans* pripada seriji *Cymosiflorae* in 70 % seriji *Thyrsiflorae*. Na Kitajskem je 14 domorodnih vrst, od katerih dve pripadata sekciji *Ziziphus*, osem seriji *Cymosiflorae* in štiri seriji *Thyrsiflorae*.

Liu (2006) je v svoji raziskavi ugotovil, da različni avtorji navajajo različno število vrst žižol iz rodu *Ziziphus*, od 40 pa vse do 170 vrst.

Energijska vrednost (EV) sveže žižole je primerljiva z energijsko vrednostjo sveže fige. EV žižole na 100 g je 331 kJ, za figo pa je EV na 100 g fig 310 kJ (USDA, 2008).

Prehransko so žižole zanimive zaradi velike vsebnosti askorbinske kisline, vlaknine, elementov in polifenolnih snovi. Vse omenjene komponente so pomembne v zdravi prehrani in predstavljajo protiutež energijsko prazni in enolični hrani. Poleg omenjenih prehranskih komponent (vlaknina, polifenoli, elementi, vitamini), vsebujejo semena žižole esencialni maščobni kislini (α -linolenska in linolna kislina), za kateri vemo, da imata na splošno ugoden vpliv na zdravje. Zato lahko žižolo uvrstimo med funkcionalna živila. S kemijskimi analizami smo določali vsebnost različnih prehranskih komponent. V zamrznjenih izkoščičenih žižolah smo določali vsebnost vode, pepela, polifenolne spojine, askorbinsko kislino, dehidroaskorbinsko kislino, sladkorje, prehransko vlaknino, organske kisline, elemente in beljakovine. V semenu žižole smo določali skupne maščobe in maščobnokislinsko sestavo semena žižole.

1.1 DELOVNE HIPOTEZE

Žižola kot rastlina dobro uspeva na sušnih območjih in bo lahko ob napovedanih klimatskih spremembah postala bolj zanimiva sadna vrsta tudi v našem okolju. Zaenkrat se večje količine pridelujejo samo na Kitajskem. Namen diplomske naloge je ugotoviti vsebnost nekaterih prehranskih komponent v plodovih in semenih žižole.

Na podlagi dosedanjih raziskav in po pregledu objav smo predpostavili dve hipotezi:

- Žižola ima ugodno prehransko vrednost in jo lahko uvrščamo med funkcionalno živilo.
- Semena žižole vsebujejo esencialne maščobne kisline.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ŽIŽOLA

Žižola (čičimak, kitajski datelj, kristusov trn) domnevno izvira iz Sirije (Mrzlić, 2007). Od tam so jo prenesli na Kitajsko, ki je postala njena druga domovina. Na Kitajskem žižolo (*Ziziphus jujuba* Miller) gojijo že 4000 let, vzgojili so številne sorte. V Evropo naj bi prišla iz Sirije za časa rimskega cesarja Avgusta Oktavijana. Po drugi, bolj verjetni hipotezi, naj bi prišla v Evropo iz Kitajske po svileni poti, v začetku krščanske dobe. Več avtorjev meni, da je bila Kristusova krona spletena iz vejic žižole. Danes je žižola razširjena in gospodarsko pomembna v JV in V Aziji (Kitajska, Vietnam, Koreja, Japonska in Indija). V Indiji gojijo predvsem indijsko žižolo (*Ziziphus mauritiana* Lam.), ki pa se po mnogih lastnostih same rastline in plodov razlikuje od kitajske žižole. Žižolo (*Ziziphus jujuba* Miller) poznajo in pridelujejo v Sredozemlju, na Bližnjem vzhodu (Egipt, Izrael s Palestino, Jordanija, Sirija, Libanon, Turčija, Ciper), v Avstraliji in Severni Ameriki (države ZDA in Kanada) (Mrzlić, 2007).

Po nekaterih virih, naj bi žižolo v Ameriko prinesli iz Evrope 1837 leta, ko so jo posadili v severni Karolini, v Kalifornijo pa naj bi prišla iz Španije (Welch, 2002).

Kitajska pridelava 90 % celotne svetovne proizvodnje žižol. V zadnjih desetih letih se je pridelava žižol povečala, zaradi farmacevtskih in prehranskih namenov. Žižola je zanimiv sadež iz ekonomskega kot prehranskega vidika. V tradicionalni medicini na Kitajskem uporabljajo surov sadež kot zdravilo, saj učinkovine žižole zdravijo in lajšajo mnoge bolezni (stimulacija centralnega živčnega sistema, pomirjanje kašlja, lajšanje simptomov bolezni) (Yan in Gao, 2002 cit. po Li in sod., 2007a). Izven Kitajske gojijo žižolo v komercialne namene še v južni Koreji, Tajski, Azerbajdžanu, Franciji, Italiji in ZDA. Drugod po svetu, kjer žižola uspeva, jo gojijo kot okrasno drevo in za raziskovalne namene (Liu, 2006).

Proizvodnja žižole se je na Kitajskem iz 1,1 milijon ton v letu 1997 povečala na 1,4 milijon ton v letu 2001. Najbolj poznane sorte na Kitajskem so *Jinsixiaozao*, *Jianzaao*, *Yazao*, *Junzao*, *Dongzao* in *Sanbianhong*. Na omenjenih sortah je bilo narejenih tudi največ raziskav (Li in sod., 2007a). Glavna komercialna proizvodnja žižol je skoncentrirana na severnem delu Kitajske, in sicer v petih provincah: Hebei, Shandong, Henan, Shanxi in Shannxi (Liu, 2006).

2.1.1 Botanična razvrstitev in morfološke lastnosti

Botanična razvrstitev

Žižola je eksotično, manjše listopadno drevo iz družine krhlikovk (*Rhamnaceae*). Z žlahtnjenjem so vzgojili veliko sort, ki se razlikujejo glede na obliko, velikost in obarvanost ploda. Tako poznamo žižole z drobnejšimi in podolgovatimi plodovi in žižole z debelejšimi plodovi. Sorti z debelejšimi plodovi sta npr. zgodnja sorta Li, ki je lahko jabolčaste oblike in sorta Lang, ki je hruškaste oblike (Mrzlić, 2007).

Pod rod *Ziziphus* uvrščamo tropske in subtropske rastline, ki se lahko nahajajo v obliki drevesa ali grmičevja kot zimzelene ali listopadne sadne vrste. Primer zimzelene žižole je južnoafriška *Ziziphus mucronata* (Cheers, 2003). Indijska *Ziziphus mauritiana* Lam. je tudi zimzelena sorta žižole. Skupaj z *Ziziphus jujuba* Mill., ki je listopadna sadna sorta, spadata med najpogostejši kultivirani sorti. Indijska žižola raste v tropskih predelih Indije, Pakistana, Bangladeša in v južnem delu Kitajske. V primerjavi s kitajsko žižolo ima večje in manj sladke plodove, ki se najpogosteje uživajo v sveži obliki. Tretja najpogosteje omenjena sorta *Ziziphus* je divja sorta *Ziziphus jujuba* Mill. cv. *spinosa* Hu ex H.F.Chow. Uspeva v severnem predelu Kitajske kot listopadni grm ali drevo (Liu, 2006).

Krhlikovke so pretežno lesnate rastline, na katerih se običajno razvijejo drobni zelenkasti ali rumenkasti cvetovi. Predstavniki te družine so razširjeni predvsem v tropskih in subtropskih področjih. V to družino (*Rhamnaceae*) uvrščamo preko 900 vrst, vendar jih na tleh naše države uspeva le kakih deset (Grlić, 1980). Več kot 50 % od vseh vrst *Ziziphus* uspeva v Aziji, 2,9 % v Evropi in 5,3 % v Oceaniji (Liu, 2006).



Slika 1: Botanični prikaz žižole *Ziziphus jujuba* (Dharmananda, 2001)



Slika 2: *Ziziphus ziziphus** (Wikimedia commons, 2006)

*botanično poimenovanje *Ziziphus ziziphus* je enako oz. se nanaša na enako rastlino kot *Ziziphus jujuba*

Preglednica 1: Rod *Ziziphus* po svetu (Arndt, 2001)

Kontinent	Sorta	Regija
Afrika	<i>Z. abyssinica</i> Hochst. <i>Z. lotus</i> Lamk. <i>Z. mauritiana</i> Lamk. <i>Z. mucronata</i> Willd. <i>Z. spina-christi</i> Willd	tropska Afrika severna Afrika tropska Afrika, območje Sahela, Zimbabve južna Afrika srednji vzhod
Azija	<i>Z. jujuba</i> Mill. <i>Z. mauritiana</i> Lamk. <i>Z. nummularia</i> W.i.A. <i>Z. oenoplia</i> Mill. <i>Z. rotundifolia</i> Lam. <i>Z. rugosa</i> Lam. <i>Z. sativa</i> Gaertn. <i>Z. spina-christi</i> Willd. <i>Z. xylopyra</i> Willd	Kitajska, Indija, Koreja, Malezija Kitajska, Indija, Pakistan, Malezija Indija tropska Azija Indija Indija Pakistan srednji vzhod Indija
Avstralija	<i>Z. mauritiana</i> Lamk.	
Evropa	<i>Z. jujuba</i> Mill. <i>Z. lotus</i> Lamk. <i>Z. mauritiana</i> Lamk. <i>Z. sativa</i> Gaertn.	Mediteran Mediteran Mediteran Mediteran
Severna Amerika	<i>Z. amole</i> M.C.Johnst. <i>Z. celata</i> J.i.H. <i>Z. jujuba</i> Mill. <i>Z. mexicana</i> Rose <i>Z. obtusifolia</i> Gray	Mehika ZDA ZDA Mehika Mehika, ZDA
Južna Amerika	<i>Z. cinnamomeum</i> Tr.&Pl. <i>Z. mistol</i> Griseb. <i>Z. joazeiro</i> Mart. <i>Z. oblongifolia</i> S.Moore	Venezuela Argentina, Paragvaj Brazilija, Paragvaj Brazilija

Preglednica 2: Tuja imena za žižolo (Mrzlić, 2007)

common jujube, chinese date (angleško)	jrdetorn (dansko)	hinap (bolgarsko)	zao (kitajsko)
giuggiolo (italijansko)	bröstbärsträd (švedsko)	hünnap (turško)	daechu (korejsko)
azufaifo chino (špansko)	jububier de chine (francosko)	sheizaf matzui (hebrejsko)	natsume (japonsko)
brustbeere, domjujube, judendom (nemško)	zhizhifon (grško)	bec, bor, ber (indijsko)	Yuyuba (rusko)

Morfološke lastnosti

Drevesa debeloplodnih sort rastejo hitreje kot navadna žižola z drobnimi plodovi. Drobnejši plodovi zrastejo do velikosti 2-4 cm. Med rastjo so svetlo zelene barve. Pred zorenjem se barva spremeni v rumenkasto in takrat je plod prijetno sladko-kislega okusa. Med zorenjem so plodovi delno lisasto rjavi; barvati se začnejo od peclja. V polni zrelosti, ki je konec septembra oz. oktobra, je barva plodov rjavo rdečkasta, poznamo pa tudi sorte, ki se ne obarvajo v celoti. Plodovi se v zrelosti zgubajo in posušijo. Takrat spominjajo na dateljne (Mrzlić, 2007).

»Naša« žižola po obliki in velikosti spominja na oljko in ima podobno trdo koščico. Plodovi nekaterih italijanskih, sploh pa azijskih sort so večji (Cortese, 2000). Plodovi so koščičasti, jajčasti ali kroglasti in vsebujejo po eno seme (Grlić, 1980).

Drevo žižole zraste do 8 metrov višine, v naših razmerah od 4 do 6 metrov. Raste zelo počasi in ima gost, trden les. Veje drevesa so povešene, krošnja redka, sestavljena iz debelejših vej in poganjkov, podobno kot pri figi ali smokvi. Mladike rastejo rahlo cikcakasto. S staranjem mladike potemniijo in rdečerjava barva preko sive preide v temnejšo. Bleščče, gladko lubje popoka. Veje so zgrbančene in poraščene z gostimi trni. Na členkih vej so očesa, ki so vsako leto večja. Iz teh oces zrastejo listne vejice, na katerih so razporejeni temnozeleni, drobno nazobčani ovalni listi s tremi svetlejšimi vzdolžnimi žilami. V pazduhah listov od junija do avgusta najdemo okrogle dvospolne cvetove rumene barve, iz katerih po oplodnji s pomočjo žuželk zrastejo plodovi. Ob navzkrižni oplodnji več sort je rodnost boljša. Jeseni listi in celotne listne vejice odpadejo (Mrzlić, 2007).

2.1.2 Podnebne in talne zahteve

Pri nas raste žižola na prostem samo v strogem obmorskem pasu v Istri ob hišah, v vrtovih in v sadovnjakih. V Italiji (Ligurija, Sicilija) raste žižola kot podivjana v naravnih sestojih. Drevesa bi zelo verjetno uspevala in rodila tudi drugod po Sloveniji (Primorska, Posavja, druge vinogradniške lege), vendar so omejujoči dejavniki zgodnje jesenske slane in

prekratka vegetacijska doba. Če je vegetacijska doba prekratka, plodovi ne dozoriijo. Pozimi prenese $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Žižola je zaradi v globino rastočega koreninskega sistema zelo odporna na sušo in ni izbirčna glede tal. Rada ima lažja tla z urejeno odvodnjo, nevtralnimi ali rahlo bazičnim pH. Rasti mora na soncu. V senci drugih dreves ne uspeva. Gnojimo jo spomladi z manjšimi odmerki sadjarskih mešanic (350 kg/ha letno). Obrezovanje dreves omejimo le na najnujnejše posege. Varstvo pred boleznimi in škodljivci ni potrebno. Je nezahtevna sadna vrsta (Mrzlić, 2007).

Geografsko gledano najdemo rod *Ziziphus* od 51 ° severnega vzporednika, kjer najdemo vrsto *Z. jujuba* Mill. pa do 34 ° južnega vzporednika, kjer raste vrsta *Z. mucronata* Willd. Večina vrst raste v tropskih in subtropskih predelih, kjer so lahko omejene le na en kontinent, pokrajino ali celo na en otok (Liu, 1995).

2.1.3 Uporaba žižole

V Aziji je žižola zelo pomembna v vsakdanji prehrani. Na zahodu pa je relativno neznana. V Aziji uživajo predvsem sveže plodove, posušene, iz njih kuhajo marmelado, vlagajo jih v karamelni sirup in med. Iz žižol lahko pripravimo domač liker tako, da zrele oprane žižole zalijemo z dobrim tropinovcem s 45 volumskih % alkohola, dodamo sladkor ali med. Po nekaj mesecih dobimo zelo dobro žgano pijačo z značilnim vonjem in okusom po žižolah. V zdravilstvu je žižola vsestransko uporabna. V Aziji plodove, liste, skorjo in korenine uporabijo za pripravo najrazličnejših zdravil in čajev. Prah iz korenin pomaga pri celjenju ran (Mrzlić, 2007). Z listi hranijo ličinke sviloprejk. Ponekod v Aziji mlade liste tamkajšnjih vrst jedo kot zelenjavo. V Indiji iz koščic stiskajo jedilno olje (Cortese, 2000). Zaužiti plodovi delujejo protivnetno, odvajalno, diuretično in pomagajo pri izkašljevanju. Učinkovine plodov žižole pomagajo pridobiti, zaradi bolezni izgubljeno telesno težo, krepijo telesno moč, spomin, moč mišic, poživljajo jetra, zdravijo kašelj, uravnavajo prebavo, pomagajo pri boleznih dihal, pomirjajo in uravnavajo srčni utrip (Mrzlić, 2007).

2.1.4 Kemijska sestava plodov

Hranilna sestava sadja se v procesu zorenja kemično spreminja. Škrob se pod vplivom encima diastaze spremeni v enostavne sladkorje. Organske kisline oksidirajo. Najbolj občutljiva na oksidacijo je jabolčna kislina, manj vinska, najmanj pa citronska kislina. Vinska kislina se med zorenjem sadja spremeni v sladkor (glukozo). Tanin popolnoma oksidira v CO_2 in vodo. Količina tanina se med dozorevanjem zmanjša, zato se trpek okus sadja izgublja. Pektin je polisaharid in je sestavni del celičnih membran. Pri zorenju zato celične membrane želirajo in tako se plod zmehta. Zaradi načetih povezav med celicami, plod postane moknat. Med zorenjem se spreminjajo barvila v sadju. Klorofil se razgradi, zato postanejo vidni karotenoidi in antociani (Stanojević, 1999).

Preglednica 3: Vsebnost hranljivih snovi v svežih izkoščičenih žižolah (USDA, 2008)

Komponenta	Enota	Vsebnost (g/100 g)
voda	g	77,86
EV	kcal	79
EV	kJ	331
beljakovine	g	1,20
skupne maščobe	g	0,20
pepel	g	0,51
ogljikovi hidrati	g	20,23
Ca	mg	21
Fe	mg	0,48
Mg	mg	10
P	mg	23
K	mg	250
Na	mg	3
Zn	mg	0,05
Cu	mg	0,073
Mn	mg	0,084
skupni vitamin C	mg	69,0
tiamin	mg	0,020
riboflavin	mg	0,040
niacin	mg	0,900
vitamin B6	mg	0,081

Li in sod. (2007a) so predstavili prehranske vrednosti petih najpogostejših sort žižole na Kitajskem, ki so bile obrane v septembru in oktobru 2003. Po obiranju so jih zračno posušili in jih do analiz hranili na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Komponente, ki so jih v zračno suhih izkoščičenih žižolah analizirali so predstavljeni v preglednicah 4, 5, 6 in 8.

Preglednica 4: Hranljive snovi v petih sortah žižole *Ziziphus jujuba* (% na suho snov) (Li in sod., 2007a)

Hranljiva snov (%)	Sorta (<i>Ziziphus jujuba</i>)				
	<i>Jinsixiaozao</i>	<i>Yazao</i>	<i>Jianzao</i>	<i>Junzao</i>	<i>Sanbianhong</i>
ogljikovi hidrati	81,62	80,86	84,85	82,17	85,63
reducirajoči sladkorji	57,61	60,24	77,93	58,73	67,32
topne vlaknine	2,79	1,46	1,51	1,07	0,57
netopne vlaknine	6,11	7,18	5,24	5,83	5,56
maščobe	0,37	1,02	0,39	0,71	0,65
beljakovine	5,01	6,86	4,75	6,43	6,60
voda	18,99	20,98	17,38	21,09	22,52
pepel	2,26	2,78	2,41	3,01	2,56

V preglednici 5 vidimo, da vsebujejo žižole največ glukoze in fruktoze, medtem ko je sorbitola najmanj. Vsebnost saharoze je manjša od glukoze in fruktoze (Li in sod., 2007a). Saharozna, ki se sintetizira v listih, se s pomočjo encima invertaza hidrolizira v glukozo in fruktozo. Oba sladkorja se v procesu zorenja preneseta v plod (DeVilliers in sod., 1974 cit. po Li in sod., 2007a). Največ fruktoze je bilo najdeno v sorti *Jianzao*, kar predstavlja ugodno živilo za diabetike. Vrednost ramnoze je bila v povprečju 12,8 % na suho snov. Glukozi in fruktozi, sledi v analiziranih sortah ramnoza (Li in sod., 2007a). Pogosti monomeri ogljikovih hidratov z različno formulo so riboza, ksiloza, in arabinoza ($C_5H_{10}O_5$), deoksiriboza ($C_5H_{10}O_4$), glukuronska kislina in galakturonska kislina ($C_6H_{10}O_7$) in ramnoza ($C_6H_{12}O_5$). Monomeri ogljikovih hidratov so redko v obliki prostih sladkorjev. Navadno so vezani na druge molekule ali povezani skupaj v večje oligosaharide (Dermastia, 2006b). Vsebnost sladkorjev in drugih hranilnih snovi v rastlinah je poleg sorte, odvisna tudi od okolja-habitata, kjer rastlina raste (Li in sod., 2007a).

Preglednica 5: Vsebnost sladkorjev v petih sortah žižol *Ziziphus jujuba* (% na suho snov) (Li in sod., 2007a)

Sladkor (%)	Sorta (<i>Ziziphus jujuba</i>)				
	<i>Jinsixiaozao</i>	<i>Yazao</i>	<i>Jianzao</i>	<i>Junzao</i>	<i>Sanbianhong</i>
fruktoza	19,1	18,6	42,9	25,1	22,8
glukoza	22,5	26,3	19,2	19,6	27,2
ramnoza	12,2	12,5	14,1	10,5	14,7
sorbitol	2,1	0,3	1,9	2,6	3,5
saharoza	14,1	11,5	0,21	17,4	11,3

V preglednici 6 so predstavljeni podatki o vsebnosti elementov. V analiziranih petih sortah je bilo največ kalija, fosforja, kalcija in magnezija. Natrij, cink, železo in baker so elementi, ki jih je bilo precej manj. Selena niso našli v nobeni sorti. Kalij je bil v vseh sortah, razen pri sorti *Jinsixiaozao*, element z najvišjo vsebnostjo. Največ fosforja so zaznali pri sorti *Jinsixiaozao*. Vsebnost kalcija se je gibala od 45,6 do 118 mg/100 g. Magnezij je bil prisoten od 24,6 do 51,2 mg/100 g. Vrednost železa se je gibala od 4,68 do 7,90 mg/100 g. Detektirane koncentracije cinka so se gibale od 0,35 do 0,63 mg/100 g. Zelo malo je bilo bakra, ki je pomemben kot kofaktor v biokemijskih reakcijah (Li in sod., 2007a).

Preglednica 6: Vsebnost elementov v petih sortah žižole *Ziziphus jujuba* (mg/100 g) (Li in sod., 2007a)

Elementi (mg/100 g)	Sorta (<i>Ziziphus jujuba</i>)				
	<i>Jinsixiaozao</i>	<i>Yazao</i>	<i>Jianzao</i>	<i>Junzao</i>	<i>Sanbianhong</i>
K	79,2	458	375	201	244
P	110	59,3	72,3	105	79,7
Ca	65,2	91,0	45,6	118	76,9
Mg	39,7	36,5	51,2	24,6	42,1
Fe	4,68	6,93	6,42	7,90	6,01
Na	6,34	7,61	6,21	5,96	3,22
Zn	0,55	0,63	0,47	0,42	0,35
Cu	0,26	0,27	0,42	0,31	0,19
Se	/	/	/	/	/

Preglednica 7: Vsebnost elementov (mg/100 g) v različnem sadju (USDA, 2008)

Elementi (mg/100 g)	Sadje					
	sveže jabolko z olupkom	sveže banane brez olupka	sveže breskve	sveže fige	rozine	sveža izkoščičena žižola
Ca	6	5	6	35	50	21
Fe	0,12	0,26	0,25	0,37	1,88	0,48
Mg	5	27	9	17	32	10
P	11	22	20	14	101	23
K	107	358	190	232	749	250
Na	1	1	0	1	11	3
Zn	0,04	0,15	0,17	0,15	0,22	0,05
Cu	0,027	0,078	0,068	0,070	0,318	0,073
Mn	0,035	0,270	0,061	0,128	0,299	0,084

Preglednica 8: Vsebnost vitaminov, skupnih fenolnih snovi in antioksidativna aktivnost v petih sortah žižole *Ziziphus jujuba* (Li in sod., 2007a)

Komponenta	Sorta (<i>Ziziphus jujuba</i>)				
	<i>Jinsixiaozao</i>	<i>Yazao</i>	<i>Jianzao</i>	<i>Junzao</i>	<i>Sanbianhong</i>
tiamin (B ₁) (mg/100 g)	0,05	0,04	0,09	0,06	0,05
riboflavin (B ₂) (mg/100 g)	0,07	0,07	0,05	0,09	0,05
vitamin C (mg/100 g)	359	192	203	296	315
skupni fenoli (mg/g) (Li in sod., 2005)	7,42	8,53	8,36	7,01	5,18
antioksidativna aktivnost (μ mol/g) (Li in sod., 2005)	1173	1025	794	563	342

V preglednici 8 sta bili vsebnosti vitaminov B1 in B2 v vseh sortah majhni. Vsebnost vitamina C je bila velika in se je gibala od 192 do 359 mg/100 g svežega vzorca (Li in sod., 2007a). Kader in sod. (1982) so v raziskavah o spremembi kemijske sestave svežih žižol po obiranju in pod določenimi pogoji (15 dnevno shranjevanje pri 20 °C), v kontrolnem vzorcu določil 432 mg/100 g askorbinske kisline. Vsebnost skupnih fenolov je bila 3,14 mg/g, torej približno enkrat manj kot so jo določili Li in sod. (2005), ki se je gibala od 5,18 do 8,53 mg/g. Jiang in sod. (2004) so v raziskavah o vplivu umetnega zorenja z giberelinsko kislino in 1-metilchloropropenom na kakovost žižol v kontrolnem vzorcu, določili 60 mg askorbinske kisline na 100 g svežega vzorca.

Že dolgo velja konsenz o tem, da imajo naravno prisotne substance v sadju in zelenjavi antioksidativno aktivnost (AA). Te substance so fenolne spojine, ki imajo direktno korelacijo z AA. Tako je ugotovil Connor in sod. (2002) v svojih raziskavah z borovnicami. V raziskavah o AA ekstraktov petih sort žižol (*Jinsixiaozao*, *Jianzao*, *Yazao*,

Junzao in *Sanbianhong*), pa so Li in sod. (2005) ugotovili drugače. AA ekstrakta sorte *Jinsixiaozao* je bila večja kot pri sorti *Yazao* in *Jianzao*, kljub temu, da sta obe omenjeni sorti imeli večjo vsebnost skupnih fenolov kakor sorta *Jinsixiaozao*. Razlog zakaj je temu tako, bi bilo mogoče iskati v tem, da poleg fenolnih snovi imajo AA tudi askorbinska kislina, tokoferoli in pigmenti, ki so v žižoli prisotni. Askorbinska kislina, ki je v žižoli veliko, je močan reducent in lahko vpliva na AA tako, da reducira oksidirane oblike antioksidativnih komponent. Nekateri antioksidanti imajo funkcijo regeneriranja in povečanja AA. Polifenolne snovi imajo lahko različno AA, kar je odvisno tudi od njihove strukture. Možno je, da imajo omenjene sorte žižol polifenole z različnim strukturami in s tem tudi različno AA (Li in sod., 2005).

V primerjavi z večino svežega sadja ima žižola večjo vsebnost sladkorjev in manj kislin, kar se odraža v sladkem okusu sadeža. Ima tudi večjo vsebnost polifenolnih snovi, kar je posledica rjavih barvil, pigmentov v ovojnici sadeža. Žižola doseže maksimalno vsebnost askorbinske kisline ob polni zrelosti (Kader in sod., 1982). Bi in sod. (1990, cit. po Liu, 2006) so ugotovili padec koncentracije vitamina C iz 1096 mg/100 g na 411 mg/100 g vzorca v času zorenja žižole *Hamazao*.

Preglednica 9: Antioksidacijska aktivnost nekaterih vrst sadja (Korošec, 2001:11)

Sadje	Antioksidacijska aktivnost (μmol/g)
jagode	153,6
slive	79,1
grenivke	48,3
belo grozdje	26,2
rdeče grozdje	36,0
melone	12,9
hruške	9,6

2.2 SPLOŠNE LASTNOSTI HRANLJIVIH SNOVI

2.2.1 Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati so proizvod asimilacije ali fotosinteze rastlin ter nastajajo iz CO₂ in H₂O ob prisotnosti klorofila in sončne svetlobe. Nahajajo se v obliki monosaharidov, disaharidov in polisaharidov (škrob, celuloza, hemiceluloza). Nezrelo sadje ima več škroba, ki se med dozorevanjem spreminja v sladkor (glukozo, fruktozo in saharozo). Celuloza sestavlja celične membrane in je najodpornejša sestavina celice. V prehrani jo obravnavamo kot vlaknino. Pektin daje sadju čvrstost. V plodovih nastopa kot netopni pektin ali protopektin, topni pektin in pektinska kislina. Med zorenjem sadja se protopektin spreminja v pektin, zato se plodovi mehčajo. V zrelih plodovih so pektinske snovi raztopljene in razgrajene, zato ima sadje kašasto strukturo (Stanojević, 1999).

Pomen ogljikovih hidratov

Z ogljikovimi hidrati zagotavljamo organizmu potrebno energijo. Z njimi zagotovimo od 55-75 % dnevnih potreb po energiji od tega odpade le do 10 % na enostavne sladkorje. Tudi vlaknina je pomembna, čeprav je v prebavnem traktu s pomočjo encimov ne razgradimo, ampak jo razgradijo bakterije v debelem črevesu (Požar, 2003).

Delitev ogljikovih hidratov

Glede na kemijsko zgradbo ločimo ogljikove hidrate na monosaharide, disaharide in polisaharide (Schlieper in sod., 1997). Ogljikovi hidrati so razmeroma preproste hranljive snovi, saj so sestavljene le iz treh elementov (C, H in O). Vsi trije elementi tvorijo osnovno enoto, ki je enostavni sladkor, kemijsko je to lahko aldoza ali ketoza. Osnovna enota ogljikovih hidratov ima lahko tri, štiri, pet ali šest ogljikovih atomov. To so trioze, tetraze, pentoze in heksoze (Kodele in sod., 1997).

Najpomembnejši monosaharidi ali enostavni sladkorji so glukoza (grozdni sladkor), fruktoza (sadni sladkor) in galaktoza (Schlieper in sod., 1997). Galaktoza je sestavina mlečnega sladkorja. Tudi manoza v naravi ni prosta, ampak sestavlja hemicelulozo (Kodele in sod., 1997). Enostavni sladkorji so topni v vodi, prehajajo skozi plazemsko membrano v celico in se v črevesju neposredno vsrkavajo v kri. Najpomembnejši disaharidi so saharoza (trsn ali pesni sladkor), maltoza (sladni sladkor) in laktoza (mlečni sladkor). Disaharidi se dobro raztapljajo v vodi. Encimi kot so invertaza, laktaza, maltaza jih v telesu razgradijo na posamezne molekule monosaharidov. Polisaharidi ali sestavljeni sladkorji nimajo sladkega okusa, v vodi so slabo topni ali netopni. Najpomembnejši polisaharidi so škrob, glikogen in celuloza. Polisaharidi nastajajo z združevanjem številnih molekul glukoze, pri čemer se odcepljajo molekule vode (Schlieper in sod., 1997).

Glukoza je v naravi najbolj razširjena heksoza s šestimi atomi ogljika. Prosta je v številnih sladkih sadežih, predvsem v grozdju, skupaj s fruktozo pa v medu. Največ glukoze je vezane v oligo- in poli- saharidih (celuloza, škrob). Tehnično pridobivajo čisto glukozo iz krompirjevega in koruznega škroba. Fruktoza je v številnih sadežih, v medu, v trsnem sladkorju, v inulinu. Tehnično jo pridobivajo iz trsnega sladkorja ali inulina. Ker fruktoza hitreje preide v glikogen kot glukoza in je njen razpad neodvisen od insulina, jo uporabljamo kot dietetik pri sladkorni bolezni (diabetes mellitus). Invertni sladkor je mešanica glukoze in fruktoze. V medu je trsn sladkor (saharoza) s pomočjo čebeljih fermentov spremenjen v glukozo in fruktozo. Med vsebuje okrog 70-80 % invertnega sladkorja. Manitol je sladkorni alkohol. Razširjen je pri glivah, algah in v koreninah, listih in plodovih številnih rastlin. Je le polovico tako sladek kot saharoza. Mana (70-80 % manitola) je posušen drevesni sok malega jesena, ki ga ponekod (Sicilija) pridobivajo z navrtavanjem dreves. Uporabljamo ga kot blago odvajalno sredstvo. V prebavnem traktu se ne resorbira. Večje količine manitola, ki nastane pri razpadu glukoze z bakterijami vsebujeta silirana korusa in trava. Sorbitol je polovico tako sladek sladkorni alkohol kot

saharoza. Ima prijeten, hladeč okus. Najdemo ga v jabolkih, hruškah, slivah, češnjah, največ pa ga je v plodovih jerebik (10 %). Po encimatskem razkroju sorbitol v jetrih preide v fruktozo. Tako se krvni sladkor ne zviša, zato ga uporabljamo kot diabetični sladkor. Sorbitol je začetni produkt za sintezo askorbinske kisline in polisorbitatov, ki se uporabljajo kot emulgatorji. Ksilitol ima enako sladilno moč kot saharoza in podobno kristalno strukturo. Ne zviša nivoja krvnega sladkorja. Primeren je za slajenje hrane pri diabetesu in pri jetrnih obolenjih. Nahaja se različnih vrstah sadje in zelenjave. Tehnično ga pridobivajo s predelavo brezovega lesa. Glukuronska in galakturonska ksilina sta sladkorni kislini, ki nastaneta pri oksidaciji različnih monosaharidov. Včasih polimerizirajo med seboj v velike molekule (pektin). Maltoza je razširjena predvsem v kalečih semenih rastlin. Maltoza nastaja pri varjenju piva iz ječmenovega škroba (Galle, 2000).

Ramnoza je tretji najpogostejši sladkor, ki je prisoten v žižolah (glej preglednico 5). Ramnoza je naravno prisoten deoksi sladkor. Nahaja se v L-obliki, kar je nenavadno, saj se naravno prisotni sladkorji nahajajo v D obliki. Poleg L-ramnoze se v L obliki nahajajo še L-arabinoza, ki je pomembna komponenta mnogih polisaharidov in L-fukoza. Ramnozo lahko izoliramo iz različnih rastlin kot glikozid (primer: črni trn-*Prunus spinosa*). L-galaktoza in L-guluronska kislina sta komponenti polisaharidov v algah (Southgate, 1977).

Vlaknina se nahaja v živilih rastlinskega izvora. V rastlinah tvori oporno tkivo, zato jo najdemo v steblih, listih in v plodovih. Celuloza in hemiceluloza tvorita celične stene rastlin, pektin in lignin najdemo v steblih, mesnatih listih in nezrelem sadju. Človeški organizem ne more izkoristiti energije teh ogljikovih hidratov, ker nima encimov ki bi razgradili verige na posamezne sladkorje. Vendar pa imajo za zdravo prehrano izredno velik pomen. Priporočen dnevni vnos prehranske vlaknine za odraslo osebo je najmanj 30 g/dan. Vpliva na počasnejše praznjenje želodca, zato je hrana dlje časa pod vplivom ustnih in želodčnih sokov in smo dlje časa siti. V črevesju vlaknina nabrekne, kar povzroča močnejše peristaltično gibanje črevesa in s tem se uredi izločanje blata. Vlaknina čisti razne črevesne strupe in produkte gnilobnih bakterij (Kodele in sod., 1997). Pod netopno vlaknino prištevamo celulozo, hemicelulozo in lignin. Pod topno vlaknino pa pektine in rastlinske gume (Požar, 2003). Najbolj poznane rastlinske gume so alginat in agar (pridobivajo ju iz morskih alg), tragant in arabski gumi (pridobivajo ju iz rastlinskih sokov) ter guar in rožičeva moka (pridobivajo ju iz moke iz semen stročnic) (Schlieper in sod., 1997).

Preglednica 10: Vsebnost vlaknine v nekaterih živilih (g/100 g jedilnega dela) (Golob, 2003: 74)

Živilo	Vlkninska frakcija		
	topna (g/100 g)	netopna (g/100 g)	skupna (g/100 g)
surovo korenje	1,50	1,60	3,20
kuhan krompir	1,53	1,24	2,78
kuhani brokoli	1,30	1,90	3,20
sveža jabolka	0,50	0,99	1,53
sveža banana	0,86	0,60	1,46
svež kivi	1,36	0,26	1,62
polnozrnata moka	1,56	10,48	12,04
bela moka	1,02	2,12	3,14

2.2.2 Beljakovine

Pomen beljakovin

Beljakovine gradijo telo. Pomembne so za zaščito telesa in njegovo delovanje. So sestavina vsake žive celice, sestavni deli hormonov, encimov in življenjskih sokov. Biološko vrednost (BV) beljakovin določamo z vsebnostjo esencialnih aminokislin. Biološko polnovredne beljakovine vsebujejo več esencialnih aminokislin, teh je največ v živilih živalskega izvora. Živila rastlinskega izvora vsebujejo tudi esencialne aminokislino, vendar ne vseh (Požar, 2003). BV beljakovin je določena z vsebnostjo tiste esencialne aminokislino, ki jo je najmanj. Izražena je v % in nam pove, koliko človeških beljakovin nastane iz njih (Kodele in sod., 1997). Z beljakovinami zagotovimo 10-15 % dnevni potrebi po energiji. Dnevne potrebe beljakovin za človeški organizem so odvisne od spola, starosti in telesne teže in so za odraslega človeka gibljejo 0,8 g beljakovin/kg normalne telesne teže. Več jih potrebujejo otroci v dobi rasti, nosečnice in doječe matere (Požar, 2003).

Zgradba in delitev beljakovin

Osnovni sestavni del beljakovin so aminokislino. Aminokislino so organske kisline z dvema značilnima skupinama, ki sta karboksilna in amino skupina (Požar, 2003). Amino skupina daje aminokislino alkalno naravo, karboksilne skupine pa kislinsko. Zaradi teh lastnosti imajo beljakovine vlogo regulatorja ali pufr, saj vzdržujejo konstantno

koncentracijo vodikovih ionov v raztopinah (Kodele in sod., 1997). Človek potrebuje 20 aminokislin, 8 aminokislin je esencialnih (Požar, 2003). To so treonin, valin, levcin, izolevcin, metionin, fenilalanin, triptofan in lizin. Arginin in histidin sta esencialni samo v mladosti (Kodele in sod., 1997). Aminokisliline se med seboj povezujejo s peptidno vezjo pri nastanku vezi se izloči voda.

Beljakovine delimo na enostavne, ki so sestavljene samo iz aminokislin ter sestavljene, ki so poleg aminokislinskih enot sestavljene še iz nebeljakovinskega dela (maščobe, kisline, kovine) (Požar, 2003). Sestavljene beljakovine delimo glede na prostetično skupine v njihovih molekulah na glikoproteine, lipoproteine, fosfoproteine, kromoproteine, nukleoproteine in metaloproteine. Glede na obliko molekul, delimo enostavne beljakovine na globularne in fibrilarne proteine. Med globularne prištevamo albumine, globuline, gluten, hemoglobin, mioglobin in druge. Med fibrilarne proteine prištevamo kolagen, miozin, aktin (Schlieper in sod., 1997).

2.2.3 Maščobe

Maščobe se v rastlinah nahajajo izključno v semenih in v plodovih. V glavnem jih sestavljajo triacilgliceroli, maščobnokislinski estri glicerola, kjer kot osnova lahko služijo različne maščobne kisline. Na osnovi števila dvojnih vezi v molekulah ločimo enkrat nenasičene maščobne kisline (oleinska kislina v oljčnem olju), dvakrat nenasičene maščobne kisline (linolna kislina v sončničnem olju) in večkrat nenasičene maščobne kisline (linolenska kislina v lanenem olju). Nasičene maščobne kisline nimajo dvojnih vezi, to sta npr. palmitinska in stearinska kislina (Schonfelder, 2006).

V raziskavah semen *Ziziphus jujuba* Miller kultivar *spinosa* so Zhao in sod. (2006) s HPLC metodo raziskovali saponine in maščobne kisline v koščici. Odkrili so 11 komponent, od tega 9 maščobnih kislin (laurinska, mistrinska, palmitinska, palmitoleinska, stearinska, oleinska, linolenska, arahidonska in dokozanojska kislina) ter 2 saponina (jujuboside A in jujuboside B). Obe bioaktivni substanci (maščobne kisline in saponini) sta v medicini pomembni kot pomirjevalna sredstva (Zhao in sod., 2006).

Saponine so poimenovali tako zaradi njihove lastnosti, da se v vodi penijo kot mila. Kemično milu niso podobni, ampak predstavljajo glikozidne rastlinske snovi. Po zgradbi njihovih aglikonov, ki jih imenujejo sapogenini, jih delijo na steroidne saponine in triterpenske saponine. Saponini večine rastlin spadajo pretežno v skupino triterpenskimi saponinovi. Saponini povzročajo hemolizo, saj prizadenejo celično membrano rdečih krvnih celic tako, da hemoglobin uide v okoliško tekočino. Zato so saponini izredno strupeni, če jih injeciramo direktno v kri. V zdravstvu saponine uporabljajo kot sredstva za lažje izkašljevanje. Majhna količina saponinovi zadostuje za povečano delovanje ledvic in hitrejše odstranjevanje vode iz telesa (Schonfelder, 2006).

Saponini so zelo grenke spojine in povečujejo koncentracijo protiteles v krvi. Zmanjšujejo

nevarnost raka na debelem črevesju s tem, da zavirajo nastajanje žolčnih kislin, ki so eden glavnih povzročiteljev črevesnih tumorjev (Zittlau in Kriegisch, 2001).

Preglednica 11: Vsebnost maščobnih kislin in dveh saponinov v koščici *Ziziphus jujuba* Miller kultivar *spinosa* (Zhao in sod., 2006)

Analizirana komponenta	Koncentracija ($\mu\text{g/mL}$) v 10 μL injiciranega vzorca
jujuboside A (saponin)	13,75
jujuboside B (saponin)	12,49
lavrinska kislina (C12:0)	110,43
mistrinska kislina (C14:0)	27,50
palmitoleinska kislina (C16:1)	126,15
linolenska kislina (C18:3)	146,25
palmitinska kislina (C16:0)	19,00
oleinska kislina (18:1)	87,92
stearinska kislina (C18:0)	32,50
arahidonska kislina (C20:4)	48,75
dokozanojska kislina (C22:0)	20,00

Pomen maščob

Maščobe so energijska hranilna snov. Z njimi zagotavljamo 20-30 % dnevnih potreb po energiji. Telesu zagotovimo tudi ustrezno količino v maščobah topnih vitaminov ter esencialne maščobne kisline. Dnevne potrebe človeka so odvisne od spola, starosti in telesne teže. Odrasli potrebujejo 0,8-1 g maščob/kg normalne telesne teže na dan (Požar, 2003). Lipidi varujejo kutikulo in celično membrano v sadju pred izgubo vode, v lupinastem sadju pa se kopičijo kot rezervna snov (Stojanović, 1999).

Zgradba in delitev maščob

Maščobe delimo na prave maščobe (lipidi) in maščobam podobne snovi (lipoidi). Prave maščobe so estri glicerola in višjih maščobnih kislin. Pri vezavi treh višjih maščobnih kislin na molekulo glicerola se odcepijo tri molekule vode. Višje maščobne kisline bistveno vplivajo na lastnosti maščob, na njihovo prebavljivost in uporabnost v zdravi prehrani. Višje maščobne kisline delimo na nasičene, kjer imamo med ogljikovimi atomi enojno vez ter nenasičene maščobne kisline, kjer imamo med ogljikovimi atomi eno ali več dvojnih vezi. Maščobe z več nasičenimi maščobnimi kislinami so v trdnem agregatnem stanju, maščobe z več nenasičenimi maščobnimi kislinami so v tekočem agregatnem stanju. S procesom hidrogenacije (adicija vodikovega atoma na dvojno vez v nenasičeni maščobni kislini) povzročimo spremembo agregatnega stanja iz tekočega v trdno. Pod lipoide prištevamo lecitin, kefalin, holesterol, ergosterol, žolčne kisline in

karotenoide. Ergosterol je provitamin vitamina D. Pod vplivom UV žarkov se spremeni v vitamin D. Karotenoidi so naravna rdeča in rumena rastlinska barvila. Pomemben predstavnik je betakaroten ki je provitamin vitamina A. Iz karotena organizem tvori vitamin A. Karotenoidi so v organizmih pomembni tudi kot antioksidanti, ker preprečujejo oksidacijo maščob v celičnih membranah (Požar, 2003).

Preglednica 12: Maščobnokislinska sestava nekaterih prehransko pomembnih rastlinskih olj, utežni delež od skupnih maščobnih kislin (%) (Salobir, 2001)

Vrsta olja	Nasičene maščobne kisline (%)					Nenasičene maščobne kisline (%)		
	kaprinska C10:0	lavrinska C12:0	mistrinska C14:0	palmitinska C16:0	stearinska C18:0	oleinska C18:1	linolna C18:2	linolenska C18:3
olivno	-	-	-	13,7	2,5	71,1	10,0	0,6
oleinsko (ekstra) sončnično olje	-	-	0,1	3,6	4,9	80,6	8,4	0,3
arašidno olje	-	-	0,1	11,6	3,1	46,5	31,4	0,1
sončnično olje	-	0,5	0,2	7,3	4,7	18,6	68,2	0,5
koruzno olje	-	-	1,0	12,2	2,2	27,5	57,0	0,9
bučno olje	-	-	-	15,0	4,8	23,0	51,0	0,5
bombažno olje	-	-	0,9	24,7	2,3	17,6	53,3	0,3
sojino olje	-	-	0,1	11,0	4	23,4	53,2	0,3
ogrščino olje	-	-	-	3,9	1,9	64,1	18,7	9,2
laneno olje	-	-	-	4,8	4,7	19,9	15,9	52,7
kokosovo olje	14,9	48,5	17,6	8,4	2,5	6,5	1,5	-
olje palmovih koščic	8,2	49,6	16,0	8,0	2,4	13,7	2,0	-

Preglednica 13: Pomembne naravne nasičene maščobne kisline (Lobb, 1992, cit. po Skvarča, 2004)

Kemijsko ime	Okrajšava kemijske formule	Trivialno ime
<u>Kratkoverižne</u>		
butanojska kislina	4:0	maslena kislina
heksanojska kislina	6:0	kapronska kislina
oktanojska kislina	8:0	kaprilna kislina
<u>Srednjeverižne</u>		
dekanojska kislina	10:0	kaprinska kislina
dodekanojska kislina	12:0	laurinska kislina
tetradekanojska kislina	14:0	mistrinska kislina
<u>Dolgoverižne</u>		
heksadekanojska kislina	16:0	palmitinska kislina
oktadekanojska kislina	18:0	stearinska kislina
eikozanojska kislina	20:0	arahidonska kislina
dokozanojska kislina	22:0	behenska kislina

V naravi najdemo več vrst maščobnih kislin. α -linolenska kislina, ki sodi v skupino maščobnih kislin ω -3, ter linolna kislina iz skupine ω -6, sta esencialni kislini, saj ju encimski sistemi telesa ne morejo pretvoriti v druge predstavnike te skupine hranil. To pomeni, da je za nemoteno celično delovanje priporočljivo imeti dovolj maščobnih kislin obeh skupin. Telo omenjenih maščobnih kislin ne more proizvesti sam, temveč ju lahko vnese v telo le s hrano. Esencialne maščobne kisline (EMK) imajo številne življensko pomembne vloge. Med najpomembnejšimi so izboljšanje presnove, optimalna izraba kisika in proizvodnja energije. Razen tega so EMK in njihovi derivati sestavni del membran, ki obdajajo vsako celico, jedro in mitohondrij. Pomanjkanje EMK povzroči motnje pri nadzoru vstopanja snovi v celice in izstopanja iz nje. Naloga EMK je tudi vzdrževanje normalne ravni holesterola in trigliceridov v krvi. So nepogrešljive za normalen razvoj možganov in živčevja pri zarodku in majhnih otrocih, po fiziološki plati pa nujno potrebne za normalno delovanje osrednjega živčevja skozi vse življenje. Iz EMK nastajajo tudi hormonom podobne snovi, imenovane prostaglandini in levkotrini. Te snovi uravnavajo napetost arterijskih mišic, izločanje natrija skozi ledvice, krvni tlak, vnetni odzivi in delovanje imunskega sistema (Gordon in Joiner, 2005).

Preglednica 14: Maščobne kisline v hrani (Gordon in Joiner, 2005)

Skupina maščobnih kislin ω -6	Skupina maščobnih kislin ω -3
linolna kislina (18:2(ω -6)), (rastlinska olja, oreščki, semena)	α - linolenska kislina (18:3 (ω -3)), (zelena listna zelenjava, lan, laneno olje, repično olje, orehi, brazilski oreščki)
γ - linolenska kislina (18:3(ω -6)), (boreč, olje svetlina)	eikozapentaenojska kislina (20:5 (ω -3)), (ribje olje)
arahidonska kislina (20:4 (ω -6)), (meso)	dokozaheksaenojska kislina (22:6 (ω -3)), (ribje olje)

2.2.4 Vitamini in elementi

Vitamini

Vitamini so esencialne hranljive snovi, torej jih moramo s hrano dobiti vsak dan. Ščitijo organizem in so sestavine biokatalizatorjev. Zaradi nepravilnega uživanja lahko zbolimo (hipovitaminoza, hipervitaminoza, avitaminoza). Večina vitaminov je v taki obliki, kot jih organizem potrebuje. Vitamin A in D pa sta v obliki provitaminov. Provitamin vitamina A je karoten in provitamin za D je ergosterol. Glede na topnost jih delimo na v vodi topne (vitamini B skupine, C in H) in v maščobi topne (A, D, E in K) vitamine (Požar, 2003). V maščobi topni vitamini se v organizmu skladiščijo, zato jih ima lahko organizem na zalogi, medtem ko moramo v vodi topne vitamine dobiti vsak dan, saj se neizkoriščene količine z vodo izločijo. Danes imamo na trgu razne vitaminske pripravke, kar ima za posledico polenitev organizma in s tem slabše izkoriščanje vitaminov iz živil. Vitaminske pripravke uživamo le na zdravnikovo priporočilo. Z mešano in uravnoteženo prehrano lahko pokrijemo potrebe po vseh vitaminih (Kodele in sod., 1997).

Vitamini sodelujejo v biokemičnih procesih izmenjave snovi v rastlinah. Sestavljajo rastlinske encime in sodelujejo pri dihanju. Vrsta in količina vitaminov je v posameznih sadnih vrstah zelo različna. Prevladujeta vitamina A, C in vitamini B kompleksa (Stojanović, 1999).

- Vitamin C (L-askorbinska kislina)

Medtem ko večina sesalcev lahko sintetizira vitamin C, so primati in z njimi tudi človek to sposobnost izgubili med evolucijo. Človek more vitamin C dobiti s hrano. Vitamin C se delno resorbira že skozi površino sluznice v ustih in želodcu, preostanek pa se resorbira v tankem črevesu, in nato transportira do vseh tkiv v telesu, saj ga nujno potrebujejo vse celice (Schlieper in sod., 1997). Askorbinska kislina oddaja vodikove atome in se pri tem spreminja v dehidroaskorbinsko kislino. Oddani vodik reducira drugo spojino. Dehidroaskorbinska kislina sprejema vodikove atome in se pri tem spreminja v askorbinsko kislino. Spojina, ki je vodikove atome oddala dehidroaskorbinski kislini, se je

oksidirala. Zaradi opisane lastnosti se vitamin C lahko večkrat zaporedoma vključuje v reakcije oksidacije in redukcije, ki potekajo v presnovi v organizmu. Vitamin C je potreben za sintezo nekaterih hormonov, za sintezo žolčnih kislin in za transport železa po krvni plazmi do tkiv. Pri daljšem pomanjkanju vitamina C v hrani se pojavi skorbut. Znaki skorbuta so pretežno posledica motenj v nastajanju kolagena v telesu (žilne stene postanejo tanke in ranljive, krvavenje notranjih organov in dlesni, deformacija sklepov in kosti, izpadanje zob). Odrasle osebe potrebujejo dnevno okoli 75 mg vitamina C, nosečnice in doječe matere pa 95 mg (Schlieper in sod., 1997).

Preglednica 15: Živila bogata z vitaminom C (Schlieper in sod., 1997:97)

Sadje	Vsebnost vitamina C (mg/100 g)	Zelenjava	Vsebnost vitamina C (mg/100 g)
črni ribez	177	peteršilj	166
kivi	71	sveža paprika	139
jagode	64	brstični ohrovt	114
limone	53	cvetača	73
pomaranče	50	špinača	52
kosmulje	35	zelje	46

- Vitamin A

Vitamin A se nahaja v čutnih celicah mrežnice v očesu (retina) in se zato imenuje tudi retinol. Vitamin A nastane v telesu iz provitamina karotena. Pri rastlinah najdemo samo karoten, medtem ko imajo živali in človek poleg karotena še vitamin A. Karoten in vitamin A se shranjujeta v jetrih. Vitamin A je sestavina vidnega pigmenta v čutnih celicah v očesu, in sicer v paličicah kot v čepkih, ki sestavljajo mrežnico. Je nujno potreben v celotnem procesu gledanja. Vidni pigment je sestavljen iz vitamina A in beljakovine. Pod vplivom svetlobe razpade povezava med beljakovino in vitaminom A, to pa sproži vznburjenje v živčnih celicah, kar zaznamo kot vtis svetlobe (Schlieper in sod., 1997).

Vitamin A pospešuje sintezo mukopolisaharidov, ki so na površini celičnih membran. Vitamin A je neobhodno potreben za ohranjanje stabilnosti celičnih membran, s tem pa tudi za normalen potek vseh procesov presnove, ki so vezani na membrane. Pomanjkanje vitamina A se kaže v različnih spremembah celic, predvsem pa prizadene celice kože in sluznic. Pri manjšem pomanjkanju vitamina A se pojavlja kurja slepota, za katero je značilna slaba občutljivost oči v šibki svetlobi. Ker je v očesu premalo vidnega pigmenta, se v šibki svetlobi ne more dovolj hitro obnavljati. Znaki večjega pomanjkanja vitamina A so očitni predvsem na koži in sluznicah (poroženitve, motnje v izločanju kožnih žlez, dovzetnost za infekcije). Hujše pomanjkanje vitamina A povzroča tudi slepoto, kar je značilno za prebivalce dežel v razvoju. Na dan potrebujemo 1-2 mg vitamina A ali 6-12 mg karotena. Med nosečnostjo in dojenjem se potrebe po vitaminu A povečajo na približno

2,5 mg vitamina A na dan (Schlieper in sod., 1997).

Preglednica 16: Živila, bogata z vitaminom A in s karotenom (Schlieper in sod., 1997:95)

Živilo	Vsebnost vitamina A (mg/100 g)	Živilo	Vsebnost karotena (mg/100 g)
goveja jetra	8,3	korenje	12,0
svinjska jetra	5,8	peteršilj	7,2
maslo	1,0	špinača	4,2
jajčni rumenjaki	0,6	marelice	1,8
tuna	0,4	solata	1,0

- Vitamin E

Vitamin E so v maščobah topni tokoferoli, ki v organizmu delujejo kot antioksidanti. Pomanjkanje vitamina E je zelo redko, ker je ta vitamin v hrani široko zastopan. Nahaja se v vseh tkivih v organizmu (jetra, mastno tkivo, mišice). Povečane potrebe po dodatnih količinah imajo osebe s kardiovaskularnimi motnjami in predčasno rojeni otroci. Znanih je osem naravnih tokoferolov (vsi so alkoholi) z aktivnostjo vitamina E. Najpomembnejši tokoferol je α -tokoferol, ki predstavlja 90 % tokoferola v živalskih tkivih in kaže pomembno biološko aktivnost v mnogih bioloških določilih. Poleg α -tokoferola iz naravnih virov so izolirali tudi γ -, α -, δ - tokoferole, ki se od α -tokoferola razlikujejo po številu in položaju metilnih skupin na kromanskem jedru. Bogat vir vitamina E so rastlinska olja (olje pšeničnih kalčkov, sončnično olje, olje iz koruznih kalčkov), mandlji, arašidi, jajca in nekateri mlečni izdelki. Dnevna potreba po vitaminu E je 8-10 mg (Medić in sod., 2002).

Elementi

Elementi so anorganske snovi, ki gradijo kostno tkivo in zobe. So sestavni deli encimov, hormonov in sestavine telesnih tekočin. Uravnavajo osmotski tlak v organizmu. So esencialne snovi. Glede na dnevne potrebe organizma jih delimo na makro- in mikroelemente (Požar, 2003). Pod makroelemente prištevamo kalcij, fosfor, magnezij, kalij, natrij in žveplo. V skupino mikroelementov prištevamo železo, baker, kobalt, fluor, jod, mangan in cink (Kodele in sod., 1997). Makroelementi imajo pomembno vlogo v izmenjavi snovi, vplivajo na rast plodov, pospešujejo nastajanje vitamina C, karotenoidov in povečujejo odpornost proti boleznim (Stojanović, 1999).

- Kalcij (Ca)

Okoli 99 % kalcija v našem telesu je v kosteh in zobeh. Kalcij je ključnega pomena za

njihov razvoj in trdnost. Preostali odstotek je v telesnem tkivu in tekočinah, kjer sodeluje pri krčenju mišic in strjevanju krvi. Vitamin D je pomemben za učinkovito absorpcijo kalcija. Esencilane maščobne kisline tudi primpomorejo k boljšemu izkoristku kalcija iz hrane in pijače. Fitati in oksalati se se v prebavnem sistemu lahko vežejo na kalcij pri čemer nastane snov, ki se ne more absorbirati. Priporočena dnevna količina za odrasle je 800 mg.

- Fosfor (P)

Skupaj s kalcijem tvori fosfor kalcijev fosfat, ki je pomemben za močne kosti in zobe. 85 % fosforja je v kosteh. Preostalih 15 % pa ima druge pomembne vloge pri razgradnji ogljikovih hidratov in maščob ter pri sintezi genskega materiala. Vitamin D okrepi absorpcijo fosforja. Raven fosforja v telesu lahko zmanjša prevelika količina kalcija. Idealno je, če je vnos kalcija dvakrat večji od fosforja. Magnezij in aluminij ovira absorpcijo kalcija. Priporočena dnevna količina za odrasle je 800 mg.

- Magnezij (Mg)

Ta element je shranjen v vseh telesnih tkivih. Potreben je za močne zobe, kosti, pri lažjem sproščanju mišic, za zdravo srce in živčevje. Sodeluje pri nastajanju in delovanju več kot 300 encimskih reakcij. Pri absorpciji magnezija skupaj s kalcijem pomaga proteinska hrana. Velike količine kalcija zmanjšajo sposobnost telesa za absorpcijo magnezija. Priporočena dnevna količina za odrasle je 300 mg.

- Kalij (K)

Ta element je pomemben za usklajeno delovanje vseh mišic in živcev v telesu. Ohranja ravnovesje med kislinami in bazami v telesu. Pomembna vloga kalija je tudi preprečevanje izločanja kalcija z urinom. Kalij telo na splošno dobro absorbira. Preveč natrija iz kuhinjske soli, predelana hrana in prevelike količine alkohola lahko vplivajo na raven kalija. Optimalen odmerek kalija na dan za odrasle je 2000 mg.

- Natrij (Na)

Natrij se v našem telesu nahaja v okostju, zunajcelični tekočini, živcih in mišicah. Vpliva na ravnovesje kislosti in bazičnosti v telesu. Celične stene potrebujejo ta element za črpanje hranilnih snovi iz krvi in krčenje mišic. Telo brez težav vsrka natrij v telo iz hrane in pijače. Prevelik vnos kalija lahko zniža raven natrija v telesu. Zagovorniki optimalnih odmerkov priporočajo 2400 mg na dan.

- Žveplo (S)

Ta element je ključen za tvorbo keratina. Nujen je za pravilno tvorjenje hrustanca med kostmi in kit s katerimi so mišice pritrjene na kosti ter za sestavo samih kosti. Žveplo je pomembno za tvorjenje hormona inzulina in heparina (hormon, ki sodeluje pri strjevanju krvi). Vpliva na hitrejše razstrupljanje. Žveplo je pomembno za ohranjanje zdravih sten arterij in ven. Nahaja se v nekaterih aminokislinah in se zlahka absorbira v telo. Prevelika količina bakra zmanjšuje absorpcijo žvepla (Ursell, 2003).

2.2.5 Sekundarni metaboliti

Za farmakološke učinke rastlin so odgovorne organske spojine, ki se povsem razlikujejo od znanih vmesnih produktov reakcij ali končnih produktov primarnega metabolizma, zato jih označujemo kot sekundarne metabolite. Te spojine se zelo razlikujejo tako med družinami kot tudi med vrstami znotraj družin. Taka omejena razširjenost omogoča, da sekundarne produkte lahko uporabljamo kot taksonomske markerje. Sekundarni metaboliti so glavne spojine, ki rastlinam dajejo vonj, okus in barvo.

Večino sekundarnih produktov lahko razdelimo v razrede glede na strukturne podobnosti, biosintetske poti ali na vrste rastlin, ki jih izdelujejo. Največji razredi so alkaloidi, terpeni in fenoli (Dermastia, 2006a).

Žižola ima v primerjavi z ostalim sadjem visoko koncentracijo sladkorjev, vitamina C, elementov, prehranske vlaknine in cAMP (ciklični adenozin monofosfat) (Liu, 2006). cAMP je adenozin monofosfat s fosfatno skupino, ki je na dveh koncih (3' in 5') povezana z ribozo, torej povezana ciklično v krožno ali ciklično molekulo. Nastane iz molekule ATP (adenozin trifosfat). Na podoben način s fosfodiesterскими vezmi (3' in 5') nastane tudi ciklična molekula gvanozin monofosfat (cGMP). cAMP deluje kot akrazin (kemotaktična snov, ki jo proizvaja *Dictyostelium discoideum*, ki deluje na združevanje celic) pri nižjih organizmih in je aktiven dejavnik pri ekspresiji genov tako pri evkariontih kot pri prokariontih. Pri *E.coli* je na primer cAMP potreben za transkripcijo nekaterih operonov (Ločniškar, 1999). Kratkoživa molekula cAMP je primer sekundarnega obveščevalca, ki znotraj celice prenaša sporočilo primarnega obveščevalca, to je hormona. Ko v celici nastane cAMP ali kakšen drug sekundarni obveščevalec, se sproži veriga reakcij, ki jih uravnavajo encimi protein kinaze (Boyer, 2005).

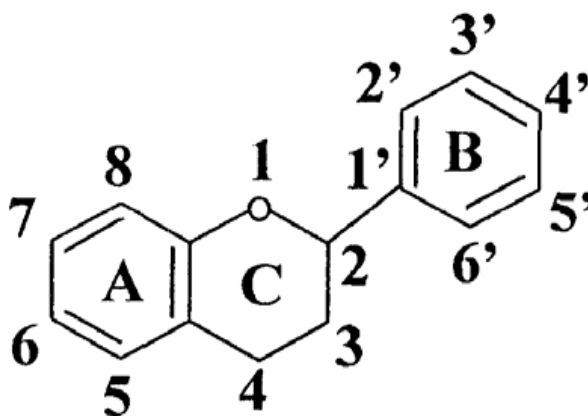
Cyong in Hanabusa (1980) ter Cyong in Takahashi (1982 cit. po Liu, 2006) sta prva izolirala cAMP in cGMP iz plodov žižole. Posušen sadež vsebuje 100-600 nmol/g cAMP, svež pa 100-150 nmol/g. Omenjene vrednosti cAMP so približno desetkrat višje kakor pri ostalem sadju. Vsebnost cAMP, cGMP in cAMP/cGMP je odvisna od zrelosti sadeža. Koncentracija cAMP in cGMP je najvišja ob polni zrelosti sadeža. Razmerje cAMP/cGMP takrat varira med 0,6 in 3,53. Pri raziskavah stabilnosti cAMP in cGMP v pogojih shranjevanja pri 10 °C in -24 °C (24 dni), se je vrednost cAMP povečala in koncentracija cGMP rahlo znižala (Liu, 2006).

Liu (2004, cit. po Liu, 2006) je določeval vsebnost koencima cAMP. V svežih zrelih žižolah je bila vrednost cAMP 10-200 nmol/g, v posušeni zrelih žižolah je bila ta vrednost 20-500 nmol/g, v kandiranih žižolah niso zaznali cAMP.

Fenolne spojine

Fenolne spojine so največja skupina fitokemijskih spojin, ki jih v naravi najdemo v sadju, zelenjavi, zeliščih, oreških, semenih, cvetlicah in lubju. Rastline same proizvajajo fitokemijske spojine, ker z njimi varujejo svoje zdravje, vitalnost in sposobnost reprodukcije. Največja skupina fenolnih spojin so flavonoidi (Costain, 2004).

Flavonoidi so fenolne spojine zgrajene iz 15 C-atomov, osnovno spojino flavon sestavljajo strukture, ki jih označimo s $C_6C_3C_6$. Med flavonoide spadajo spojine, ki se razlikujejo po oksidacijski stopnji heterocikličnega C_3 obroča, kot tudi po različnih substituentah na obročih A, B in C. Zato ne preseneča podatek, da je dosedaj znanih več kot 5000 različnih flavonoidov. V naravi so flavonoidi običajno glikozirani, kar pomeni, da imajo vezane različne monosaharide. Največkrat je sladkor vezan na C_3 , C_5 in C_7 atom. Le redki flavonoidi imajo sladkor vezan na B obroč (Abram in Simčič, 1997).



Slika 3: Osnovna strukturna formula flavonoidov (2-fenil-benzopiran) (Abram, 2000)

Flavonoidi so odporni proti vročini, pri kuhanju se jih le malo izgubi. So pa zelo občutljivi na dolgo skladiščenje. Na vsebnost flavonoidov v sadju in zelenjavi vpliva letni čas. Flavonoidi sadje in zelenjavo varujejo pred soncem, zato je v spomladanskem sadju in zelenjavi manj flavonoidov, več jih je v sadju in zelenjavi, ki zori kasneje. Flavonoidi so sestavine rastlin z zelo širokim področjem delovanja (antikancerogeno, antibiotično, protialergijsko, proti revmi, migreni) (Zittlau in Kriegisch, 2001).

Flavonoidi so bioaktivna vodotopna rastlinska barvila v zelenjavi, sadju in žitu. So močnejši antioksidanti od vitamina C in E. Preprečujejo oksidacijo nevarnega LDL holesterola. Katehini so polifenolni flavonoidi. Zavirajo rast stafilokokov, pomagajo vzdrževati normalne količine holesterola v krvi, preprečujejo karies in bolezni dlesni. Resferatrol preprečuje infarkt in kap, ker zavira nastajanje nevarnega LDL holesterola in krvnih strdkov. Katehini in antociani dajejo temno rdečevijolično barvo grozdju in so vzrok »francoskemu paradoksu«. Proantociani in antociani varujejo žile, povezujejo številne kolagenske beljakovine v mehkih tkivih, kitah, vezeh in kosteh. So v vodi topni in lovijo proste radikale v telesnih tekočinah (Korošec, 2001).

Hudina in sod. (2006) so raziskovali vsebnost polifenolnih spojin v različnih vrstah kitajske žižole (*Ziziphus jujuba* Mill.), ki so bile obrane v polni zrelosti in zračno posušene. V ekstraktih sedmih vrst žižole so s HPLC metodo analizirali prisotnost dveh fenolnih kislin, in sicer klorogensko in kavno kislino ter tri flavonoide (katehin, epikatehin in rutin). Divja žižola *Z. jujuba* Mill. var. *spinosa* Hu et H.F.Chou je vsebovala najvišje koncentracije omenjenih snovi, razen katehina.

Rumena barva (latinsko *Flavus*=rumen) prvih izoliranih spojin je dala celi skupini (flavonoidi) ime, čeprav prištevamo mednje tudi rdečomodro obarvane antociane. Vsem flavonoidom je skupen osnovni skelet iz 15 ogljikovih atomov. Med seboj se razlikujejo po stopnji oksidacije, po razporeditvi hidroksilnih (-OH) in metoksilnih (-OCH₃) skupin in po vezanih sladkorjih. V to skupino prištevamo halkone, flavanone, flavone, flavonole, izoflavone, antocianidine, leukoantocianidine in procianidine. Flavoni, flavonoli in antocianidini so v celičnem soku kot aglikoni ali pa kot glikozidi vezani s sladkorjem. Antociani niso navzoči le v modrih in rdečih cvetovih ter plodovih, pač pa tudi v listih in steblih. Veliko proantocianidinov najdemo v plodovih, in iz njih polimerizirane katehine (čreslovine) pa v koreninah in lesu. Flavanoni so razširjeni pri različnih vrstah pomaranč in pri iglavcih. Izoflavone najdemo pri metuljnicah in perunikah (Galle, 2000).

2.2.6 Inaktivacija prostih radikalov z antioksidanti

Prosti radikali so snovi, ki imajo v svoji strukturi vsaj en nesparjen elektron. Nastanejo pri homolitski cepitvi kovalentne vezi ali pri enoelektronskih redukcijah oziroma oksidacijah (Pečar, 2001). So rezultat normalne celične presnove (dihanja) in posledica dejavnikov okolja (UV, gama žarkov, toplote, kajenja, onesnaženosti okolja). So visoko reaktivne molekule, ki poškodujejo celične strukture vključno z nukleinskimi kislinami in geni (Korošec, 2000). Radikali so zaradi težnje po pritegnitvi še enega elektrona praviloma kratkoživi in kemično reaktivni. Ponavadi reagirajo s snovmi v svoji neposredni okolici tako, da pritegnejo proton iz neke spojine, da se adirajo na dvojno vez ali tako, da reagirata dva radikala med seboj (Pečar, 2001).

Antioksidanti so vse tiste snovi, ki značilno upočasnijo ali preprečijo oksidacijo pomembnih celičnih sestavin na različnih ravneh. Če prekinejo radikalske verižne reakcije, potem so to lovilci radikalov, ki se po reakciji z radikalom pretvorijo v stabilnejše in manj škodljive radikale, ki jih telo izloči prej, kot bi lahko organizmu škodovali (Pečar, 2001). Porušeno ravnotežje med prostimi radikali in antioksidanti imenujemo oksidativni stres. Antioksidanti ga preprečujejo z lovljenjem prostih radikalov, s keliranjem kovinskih ionov, z odstranjevanjem in/ali popravilom oksidativno poškodovanih biomolekul (Korošec, 2000). Antioksidanti so snovi endogenega in eksogenega izvora, ki v reakcijah s prostimi kisikovimi in dušikovimi radikali zaustavljajo nenadzorovani proces avtooksidacije za celico pomembnih sestavin. Zdrava prehrana, kjer so antioksidanti zastopani v ustrezni in vsakodnevni količini, zmanjšuje tveganje za obolevnostjo za rakom, kardiovaskularnimi boleznimi, preprečuje prezgodnje staranje (Pečar, 2001). Antioksidanti, ki telo branijo pred učinki prostih radikalov so encimi (superoksid dismutaza, katalaza, glutation peroksidaza,

metionin sulfoksid reduktaza, DNA repair encimi), vitamini (A, E, C), betakaroteni, bioflavonoidi, katehini, mikrorudnine (Korošec, 2000).

2.2.7 Kaj je funkcionalno živilo?

Funkcionalno živilo je živilo, ki mu je mogoče dokazati enega ali več ugodnih učinkov na zdravje, bodisi z izboljšanjem zdravstvenega stanja ali počutja ali pa z znižanjem rizika nastanka bolezni. Prav tako more funkcionalno živilo ohranjati lastnosti živila in mora biti učinkovito v količini, ki jo zaužijemo v normalnem dnevnem obroku (Raspor in Rogelj, 2001).

Funkcionalno živilo lahko definiramo kot živilo naravnega izvora, ki ima poleg svoje naravne prehranske vrednosti ugoden vpliv na človekovo zdravje. Kljub dobrim prehranjevalnim navadam, ki vključujejo uživanje uravnotežene hrane in upoštevanje načela prehranjevanja v skladu s prehransko piramido, pa je mnogokrat težko zadostiti potrebam po vseh esencielnih makro- in mikro- hranilih. V sodobnem svetu so namreč prisotni številni vzroki, ki lahko vodijo do pomanjkanja hranilnih snovi, predvsem mineralov in vitaminov, ne glede na to, kako dobro jemo. Številne bolezni današnjega časa kot so npr. bolezni srca in ožilja, rak, starostni diabetes, povezujemo z nepravilnim prehranjevanjem (Paš, 2001).

Koncept funkcionalne hrane se je začel na Japonskem, prehranska industrija po vsem svetu pa ga je sprejela. Posebej zasnovani prehranski izdelki so čedalje bolj priljubljeni, saj se od običajne hrane razlikujejo samo po dodatku, ki jih naredi funkcionalne. Proizvajalci živilom, ki jih uživamo vsak dan dodajajo vitamine, minerale, antioksidante in vlaknine, s čimer obogatijo njihovo hranilno vrednost ter preprečijo primanjkljaj hranilnih snovi, ki je posledica sodobnega življenjskega sloga. Funkcionalna hrana ima torej dvojno vlogo, saj služi kot hrana in zdravilo. Živila, ki jih uporabljamo v vsakdanji prehrani lahko označimo kot funkcionalna živila. To so mlečni izdelki, ribe, žitarice, črni in zeleni čaji, oljčno olje ter sadje in zelenjava kot vir vitaminov, antioksidantov in vlaknin.

Čeprav je funkcionalna hrana nov trend v prehranski industriji, jo kitajska tradicionalna medicina pozna že od 1000 pr.n.št. Dandanes največ funkcionalne hrane pridelajo na Japonskem, kjer obstaja tudi zakonska regulativa za tovrstne izdelke. Zamisel o funkcionalni hrani so na Japonskem prvič predstavili leta 1984, medtem ko je v Evropi od sredine devetdesetih let na tem področju vodilna Finska (Kojić, 2008).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1. VZOREC ZA ANALIZO

Plodovi žižole so bili obrani v hrvaški Istri. Vzorec za analizo so bile zamrznjene žižole, ki smo jih ves čas analiz hranili v zamrzovalniku pri $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za analize smo večinoma uporabili plodove, ki smo jih najprej izkoščičili in nato homogenizirali v kuhinjskem mlinčku ali s tekočim dušikom. Vsebnost maščob in višjih maščobnih kislin smo analizirali v semenih žižole.

3.2. ANALITSKE METODE

3.2.1 Določanje vsebnosti vode s sušenjem

Princip in potek dela

V posušen in stehtan tehtič smo odtehtali 6-10 ($\pm 0,001$) g homogeniziranega vzorca izkoščičenih žižol (AOAC 950.46., 1997). V sušilniku smo tehtiče z vzorcem sušili 3 ure pri $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ do konstantne teže. Nato smo tehtiče ohladili v eksikatorju in jih stehtali. Vsebnost suhe snovi (g/100 g) smo izračunali po formuli 1, vsebnost vode (g/100 g) pa po formuli 1.1.

Račun

$$\text{vsebnost suhe snovi (g/100 g)} = b/a \times 100 \quad \dots(1)$$

a = odtehta vzorca (g)

b = teža vzorca po sušenju (g)

$$\text{vsebnost vode (g/100 g)} = 100 - \text{vsebnost suhe snovi (g/100 g)} \quad \dots(1.1)$$

Rezultate smo predstavili v tabeli.

3.2.2 Določanje suhe snovi z refraktometrom

Princip in potek dela

Vsebnost suhe snovi smo določali v homogeniziranih razkoščičenih žižolah z digitalnim refraktometrom proizvajalca TOLEDO. Refraktometer smo umerili z destilirano vodo na 0,00 % suhe snovi. Nato smo senzor osušili in nanj nanesli kapljico vodne raztopine žižole, ki smo jo pripravili tako, da smo homogeniziran vzorec žižol (približno 10 g), 10 krat razredčili z destilirano vodo (približno 90 g). Na refraktometru smo odčitali vsebnost suhe snovi v % in prišteli korekcijo 0,4. Vrednost smo pomnožili z razredčitvenim faktorjem 10.

Račun

$$\text{vsebnost suhe snovi (g/100 g)} = (\text{odčitana \% suhe snovi} + 0,4) \times R \quad \dots(2)$$

R = razredčitveni faktor

Rezultate smo predstavili v tabeli.

3.2.3 Določanje pepela

Princip

Suhi sežig vzorca pri T = 500-600 °C. Po metodi (AOAC 920.153., 1997).

Potek dela

V prežarjene, ohlajene in stehtane žarilne lončke smo v treh ponovitvah odtehtali približno 3 ($\pm 0,001$) g homogeniziranega vzorca razkoščičenih žižol. Lončke smo previdno žarili nad plamenom, do pojava belega dima. Nato smo žarenje nadaljevali v žarilni peči pri 550 °C, približno 5 ur. Lončke smo ohladili v eksikatorju in jih stehtali. Vsebnost pepela smo izračunali po formuli 3 (Plestenjak in Golob, 2000).

Račun

$$\text{vsebnost pepela (g/100 g)} = b/a \times 100 \quad \dots(3)$$

a = odtehta vzorca (g)

b = teža pepela (g)

Rezultate smo predstavili v tabeli.

3.2.4 Določanje posameznih elementov

Princip

Za določanje vsebnosti Na, K, Mg, Ca, Fe, P, Zn, Mn, Cd, Pb, Cr in Ni smo opravili razklop organske snovi po sežigu pri 550 °C. V nadaljevanju smo Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Cd, Pb, Cr in Ni določali z atomsko absorpcijsko spektrofotometrijo na aparatu Varian, AA 240 FS. Fosfor (P) smo določali spektrofotometrično na aparatu Parkin Elmer, Lambda 2 spectrophotometer. Na in K smo določili s plamenskim spektrofotometrom FLAPO 40 (Vidrih in sod., 2008).

Potek dela

Po določanju vsebnosti pepela smo naredili razklop pepela. S pipeto smo pepel prelili s 3 mL raztopine klorovodikove kisline (1:1) in 2 mL destilirane vode ter izparevali do suhega na električni plošči. Nato smo žarilne lončke pustili, da se ohladijo in dodali 5 mL dušikove kisline (1:1) ter segrevali 15 minut in kvantitativno prenesli v 100 mL merilne bučke in z destilirano vodo dopolnili do oznake. Analize so bile opravljene v centru za pedologijo in varstvo okolja na Oddelku za agronomijo, Biotehniške fakultete.

Princip detekcije pri plamenski atomski absorpcijski spektrometriji (AAS)

Atomska absorpcija je spektroskopska analitska metoda, ki je osnovana na pojavu, da prosti nevzbujeni atomi pri prehodu v vzbujeno stanje absorbirajo svetlobo karakterističnih valovnih dolžin. Aparatura za AAS je sestavljena iz naslednjih elementov: izvor svetlobe, gorilnik z razprševalcem raztopine, plamen ali grafitna kiveta, leče, monokromator, fotopomnoževalka, ojačevalec signala in naprava za izpis. S plamenom, ki je mešanica zrak-acetilen, NO₂-acetilen ali O₂-acetilen, ustvarimo proces produkcije prostih atomov. Temperatura plamena se giblje od 2400-3100 °C. V plamenu se odvijajo procesi atomizacije, ki obsegajo tvorbo aerosola, izparevanje topila v plamenu, taljenje in izparevanje, disociacija, vzbujanje, ionizacija in sekundarne reakcije med atomi, radikali in molekulami. V bisvu se meri energija samega plamena in energija plamena, v katerem je vzorec (Golob, 2003).

Princip detekcije pri plamenski spektrofotometriji

Plamenska spektrofotometrija je analitska metoda, ki je osnovana na pojavu, da prosti vzbujeni atomi pri prehodu v osnovno stanje emitirajo, torej oddajajo svetlobo karakterističnih valovnih dolžin. Aparatura za plamensko spektrofotometrijo je sestavljena iz gorilnika z razprševalcem, monokromator in detektor. S plamenom (temperatura se giblje od 1900-3100 °C), ki je mešanica butan-zrak, vodik-zrak, acetilen-zrak, vodik-kisik ali acetilen-kisik ustvarimo naslednje procese: odparevanje topila, taljenje trdnih delcev analita in odparevanje, termična disociacija v atome in enostavne molekule, vzbujanje atomov, ionizacija atomov in njihova rekombinacija v radikale in molekule. V živilih se z omenjeno metodo določata najpogosteje Na in K (Golob, 2003).

3.2.5 Določanje vsebnosti L-askorbinske kisline s HPLC metodo

Kromatografija

Kromatografija je separacijski proces. Kromatografska analiza je postopek, kjer najprej ločimo posamezne komponente vzorca in jih nato zaznamo z ustrezno detekcijo s ciljem kvalitativne in kvantitativne določitve. V praksi skušamo doseči čimboljše separacijo v čimkrajšem času, z optimizacijo vseh parametrov in komponent kromatografskega sistema. Meja optimalnosti je ponavadi določena z zmogljivostjo opreme in seveda pritiska na koloni. Posamezne komponente preiskovanega vzorca se ločijo med seboj na podlagi njihovih različnih fizikalnih in kemijskih interakcij z mobilno in stacionarno fazo. Najenostavnejši HPLC sistem mora imeti naslednje komponente: rezervoar za mobilno fazo, črpalko, injektor, kromatografsko kolono, detektor in instrument za zapis signala (Žorž, 1991).

Osnova ločevanja v kromatografskem sistemu je porazdelitev snovi (topljenca) med obema fazama, do katere pride zaradi različno močnih vezi na stacionarno fazo oziroma zaradi različne topnosti v stacionarni in mobilni fazi. To porazdelitev med stacionarno in mobilno fazo kvantitativno opišemo s porazdelitvenim koeficientom, ki je za določen sistem pri določeni temperaturi za vsako snov konstanten in predstavlja razmerje med množino snovi

v stacionarni in mobilni fazi. Snov z višjim porazdelitvenim koeficientom bo torej počasneje potovala z mobilno fazo, medtem ko se bo snov z nižjim porazdelitvenim koeficientom zadrževala na oziroma v stacionarni fazi. Dveh snovi, ki imata enak porazdelitveni koeficient, s takim sistemom ne moremo ločiti in moremo izbrati drugega. Glede na naravo interakcije med stacionarno fazo in snovjo razlikujemo naslednje vrste kromatografij: adsorpcijska, porazdelitvena, ionsko-izmenjevalna, izločitvena in afinitetna kromatografija (Kregar, 1996).

Princip določanja L-askorbinske kisline s HPLC metodo

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

Potek dela

V analizo smo dobili tri zmrznjene vzorce, ki so bili pripravljene iz približno 10 g homogeniziranega vzorca izkoščičenih žižol in 20 g ortofosforne kisline. Vse tri epruvete smo pustili na sobni temperaturi, da se je zmes odtalila. Iz treh epruвет smo odtaljeno zmes s pipeto za enkratno uporabo odpipetirali približno 1,5 mL vzorca v plastične epice po štiri paralelke in jih centrifugirali (Centrifuge 5415D, eppendorf) 15 minut pri 16100 obratih. Supernatant smo prefiltrirali skozi 45 mikronski papir (Milipore Filter) v vialo. Tako pripravljen vzorec smo injicirali v HPLC kolono.

Priprava reagentov za umeritveno krivuljo

V 250 mL bučko smo zatehtali približno 5 ($\pm 0,001$) g metafosforne kisline proizvajalca Merck in do oznake napolnili z destilirano vodo, tako smo dobili 2 % vodno raztopino ortofosforne kisline. Metafosforna kislina po določenem času hidrolizira v ortofosforno kislino. Nato smo pripravili izhodno standardno raztopino L-AK tako, da smo v 0,1 L bučko natehtali 0,2191 g askorbinske kisline proizvajalca Kemika standard in do oznake dopolnili s pripravljeno 2 % vodno raztopino ortofosforne kisline.

Priprava standardnih raztopin L-AK

Iz izhodne standardne raztopine L-AK smo pripravili z ustreznim razredčevanjem različne koncentracije standardnih raztopin L-AK. V pet 25 mL bučk smo odpipetirali po 0,0625, 0,25, 0,625, 1,25, 2,5 mL pripravljene izhodne standardne raztopine L-AK in do oznake dopolnili s pripravljeno 2 % vodno raztopino ortofosforne kisline. Tako pripravljene raztopine smo prenesli v vialo in jih injicirali v HPLC kolono.

Kromatografski pogoji na HPLC koloni Bio – Rad Aminex HPX:

- kolona: 87 H, 300 × 7,8 mm
- mobilna faza: 0,004 M H₂SO₄
- pretok mobilne faze: 0,6 mL/min
- gradientna črpalka: Maxi Star, Knauer
- volumen injiciranja: 20 μL
- detektor: UV – VIS , valovna dolžina: 245 nm (Knauer, RI DETECTOR K-2301)

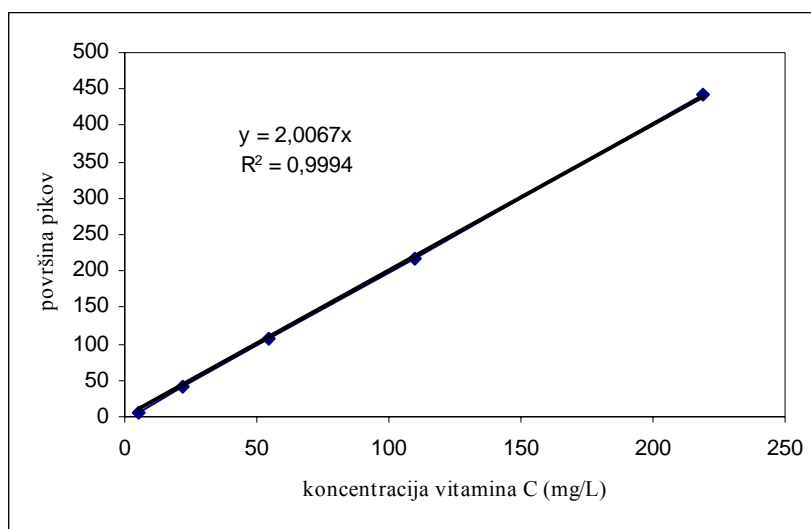
Račun za umeritveno krivuljo

$$c_1 \times v_1 = c_2 \times v_2 \quad \dots(4)$$

c ₁ (koncentracija izhodne standardne raztopine L-AK).....	2191 mg/L
v ₁ (volumni izhodne standardne raztopine L-AK).....	0,0625, 0,25, 0,625, 1,25, 2,5 mL
v ₂ (volumen bučke standardnih raztopin).....	25 mL
c ₂ = x (koncentracija standardnih raztopin)	mg/L

Kvantizacijo z umeritvenimi krivuljami uporabljamo vedno, kadar imamo večje število vzorcev, katerih koncentracije so v širšem razponu, včasih lahko tudi preko nekaj velikostnih redov. Tipični primeri takih analiz so določitev koncentracij v bioloških materialih, selekcijske analize, spremljanje sintez in fermentacij. V ta namen si pripravimo raztopine znanih koncentracij, ki pokrivajo ves interval pričakovanih koncentracij in ga v določeni meri še presegajo na obeh skrajnostih. V diagram x-os je koncentracija, y-os je odziv nanašamo ustrezne vrednosti, ki jih nato povežemo z neprekinjeno črto. V idealnem primeru bi dobili premico pod kotom 45 ° z izhodiščem v presečišču koordinatnih osi. V praksi ni nujno, da je dobljena odvisnost linearna, vendar je potrebno v takem primeru pripraviti več standardnih raztopin z različnimi koncentracijami, da dobimo točke umeritvene krivulje dovolj na gosto (5 do 6 točk) (Žorž, 1991).

S pomočjo enačbe 4 smo izračunali vrednost c₂ (koncentracijo standardnih raztopin). Po kromatografski ločbi smo dobili kromatogram. Iz znanih površin pikov za standardne raztopine in njihovih koncentracij (c₂) smo narisali umeritveno krivuljo. S pomočjo enačbe premice (formula 5) in površine pikov našega vzorca smo izračunali koncentracijo L-AK v našem vzorcu.



Slika 4: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije L-AK

Račun za vsebnost L-AK v vzorcu

$$y = 2,0067x$$

...(5)

y = površina pikov vzorca

x = vsebnost L-AK v vzorcu (mg/L)

Rezultat smo preračunali na mg L-AK/100 g vzorca.

3.2.6 Določanje vsebnosti L-askorbinske in dehidroaskorbinske kisline s TCEP reagentom s HPLC metodoPrincip

Z reagentom TCEP (Sigma Tris 2-karboksi-etil fosfin hidroklorid), ki je reducent smo sprožili redukcijo dehidroaskorbinske kisline v L-askorbinsko kislino.

Potek dela

V 15 mL plastično epruveto smo odtehtali 34,4 mg TCEP reagenta in dodali 12 mL 2 % metafosforne kisline. Vse skupaj smo dobro premešali in dali v hladilnik. Za analizo smo vzeli tri zmrznjene vzorce, ki so bili pripravljene iz približno 10 g zmletga vzorca izkoščičenih žižol in 20 g ortofosforne kisline. Po odtajanju vzorca v epruvetah, smo iz vsake odpipetirali po 6 paralelk v plastične vial. Nato smo vzorce centrifugirali (Centrifuge 5415D, eppendorf) 15 min pri 16100 obratih. Supernatant smo prefiltrirali skozi filter 0,45 µm v vial. Nato smo v 3 vial odpipetirali po 400 µL našega ekstrakta in dodali v vsako po 800 µL 10 mM TCEP reagenta v 2 % metafosforni kislini. Vial smo dobro premešali, preden smo jih dali na avtomatski podajalnik na HPLC. Kromatografski

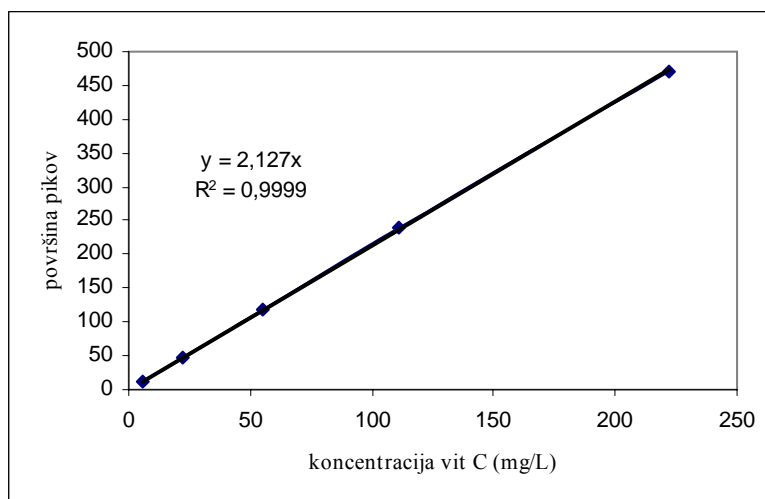
pogoji na HPLC koloni so bili enaki kakor pri določanju L-askorbinske kisline v prejšnjem poglavju. Absorbanco smo merili pri valovni dolžini 245 nm. Na omenjeni način smo določili skupno askorbinsko kislino, ki je vsota askorbinske in dehidroaskorbinske kisline. Nato smo določali samo askorbinsko kislino tako, da smo v naslednje 3 vialje odpipetirali po 400 μ L našega ekstrakta in v vsako dodali 800 μ L 2 % metafosforne kisline, torej brez TCEP reagenta. Dehidroaskorbinsko kislino (DHA) smo določili tako, da smo od skupne koncentracije askorbinske kisline odšteli koncentracijo L-askorbinske kisline.

Račun za umeritveno krivuljo

$$c1 \times v1 = c2 \times v2 \quad \dots(6)$$

c1 (koncentracija izhodne standardne raztopine L-AK).....	2220 mg/L
v1 (volumen izhodne standardne raztopine L-AK).....	0,0625, 0,25, 0,625, 1,25, 2,5 mL
v2 (volumen bučke standardnih raztopin).....	25 mL
c2 = x (koncentracija standardnih raztopin)	mg/L

S pomočjo enačbe 6 smo izračunali vrednost c2 (koncentracijo standardnih raztopin). Po kromatografski ločbi smo dobili kromatogram. Iz znanih površin pikov za standardne raztopine in njihovih koncentracij (c2) smo narisali umeritveno krivuljo. S pomočjo enačbe premice s formulo 7 in površine pikov našega vzorca smo izračunali koncentracijo skupne askorbinske kisline in L-AK v našem vzorcu. Koncentracijo (DHA) smo izračunali tako, da smo od vrednosti skupne askorbinske kisline odšteli vrednost L-AK.



Slika 5: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije skupne in L-askorbinske kisline

Račun za vsebnost L-AK (2) in skupne askorbinske kisline (1) v vzorcu

$$y_{1,2} = 2,127x_{1,2} \quad \dots(7)$$

$y_{1,2}$ = površina pikov vzorca

$x_{1,2}$ = koncentracija skupne askorbinske kisline oz. L-AK v vzorcu (mg/L)

Račun za vsebnost dehidroaskorbinske kisline (3) v vzorcu

$$x_1 - x_2 = x_3 \quad \dots(8)$$

x_1 = koncentracija skupne askorbinske kisline v vzorcu (mg/L)

x_2 = koncentracija L – askorbinske kisline v vzorcu (mg/L)

x_3 = koncentracija dehidroaskorbinske kisline v vzorcu (mg/L)

Rezultate smo preračunali na mg skupne, L-AK in dehidroaskorbinske kisline/100 g vzorca. Upoštevali smo razredčitveni faktor 3.

3.2.7 Določanje vsebnosti skupnih fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju – spektrofotometrična metoda

Princip

Določanje vsebnosti skupnih fenolnih snovi po Singletonu in sod. (1999). Fenolne spojine absorbirajo svetlobo UV spektra in vidnega spektra. Zato lahko odčitano vrednost absorbance pri primerni valovni dolžini uporabimo za oceno vsebnosti skupnih fenolov, skupnih antocianinov, obarvanih antocianinov, deleža antocianinov v obarvani obliki, skupnih hidroksicimetnih kislin in ekvivalenta kavne kisline (Košmerl in Kač, 2003).

Za določanje vsebnosti skupnih fenolnih snovi dodamo v vzorec Folin-Ciocalteujev reagent, ki v alkalni raztopini (dodatek natrijevega karbonata) oksidira fenolne snovi. Reagent Folin-Ciocalteu (F.C.) je vodna raztopina natrijevega volframata (IV), natrijevega molibdata (VI) in litijevega sulfata (VI); slednji prepreči obarjanje F.C. reagenta. Dodatek natrijevega karbonata je potreben za alkalnost reakcijske zmesi. Redukcija volframata (IV) in molibdata (VI) poteče le v prisotnosti fenolatnega aniona. Raztopina, ki vsebuje reducirani volframat (IV) in/ali molibdat (VI), je modro obarvana, medtem ko je raztopina nereducirane oblike rumene barve. Absorbanco reakcijske mešanice izmerimo pri valovni dolžini 765 nm. Masno koncentracijo skupnih fenolnih spojin odčitamo iz umeritvene krivulje in rezultat izrazimo kot mg galne kisline na liter. Galno kislino uporabimo kot standardno referenčno spojino za določanje vsebnosti skupnih fenolnih spojin (Košmerl in Kač, 2003).

Potek dela

Pripravili smo izhodno raztopino galne kisline. V 100 mL bučko smo odtehtali 500 mg galne kisline, dodali 10 mL absolutnega etanola in do oznake dopolnili z destilirano vodo. Pripravili smo si tudi raztopino (F.C.) reagenta, ki smo ga v razmerju 1:2 razredčili z destilirano vodo. Od reagentov smo uporabili še 20 % raztopino natrijevega karbonata.

Nato smo iz izhodne raztopine galne kisline pripravili z ustreznim razredčevanjem različne koncentracije standardnih raztopin galne kisline. V 100 mL merilne bučke smo odpipetirali po 0, 1, 2, 3, 5, 10 mL izhodne raztopine galne kisline, ter do oznake dopolnili z destilirano vodo. Iz vsake merilne bučke smo nato odpipetirali po 1 mL standardne raztopine v 100 mL bučke. Nato smo dodali približno 60 mL destilirane vode, 5 mL razredčenega (F.C.) reagenta in dobro premešali. Po 30 sekundah smo dodali 15 mL 20 % raztopine natrijevega karbonata. Z destilirano vodo smo dopolnili do oznake in dobro premešali. Raztopino smo pustili stati točno 2 uri pri temperaturi 20 °C. Po tem času smo vsebino prenesli v 10 mm kivete in izmerili absorbanco proti slepemu vzorcu pri valovni dolžini 765 nm na spektrofotometru.

Nato smo narisali umeritveno krivuljo v odvisnosti absorbance od masne koncentracije galne kisline (mg/L) in izračunali enačbo premice. Beer-Lambertov zakon za to metodo velja za koncentracijsko območje 50-500 mg galne kisline na liter.

Priprava vzorca za analizo

Izkoščičene žižole smo homogenizirali s tekočim dušikom. V plastično epruveto smo odtehtali približno 5 g vzorca in dodali 20 g destilirane vode. Vsebino smo dobro pomešali in pustili 30 min na sobni temperaturi. Nato smo zmes centrifugirali pri 4000 obratih/min v času 10 min. Naprej smo vzeli 1 mL bistrega supernatanta in ga razredčili, tako da smo dodali 9 mL destilirane vode. Razredčitveni faktor je bil 10. Po 1 mL tako pripravljene raztopine smo prenesli v tri 100 mL bučke in v vsako dodali še 60 mL destilirane vode, 5 mL (F.C.) reagenta in 15 mL natrijevega karbonata. Z destilirano vodo smo dopolnili do oznake. Tako pripravljene raztopine smo pustili 2 uri na sobni temperaturi. Po tem času smo vsebino prenesli v 10 mm kivete in izmerili absorbanco proti slepemu vzorcu pri valovni dolžini 765 nm.

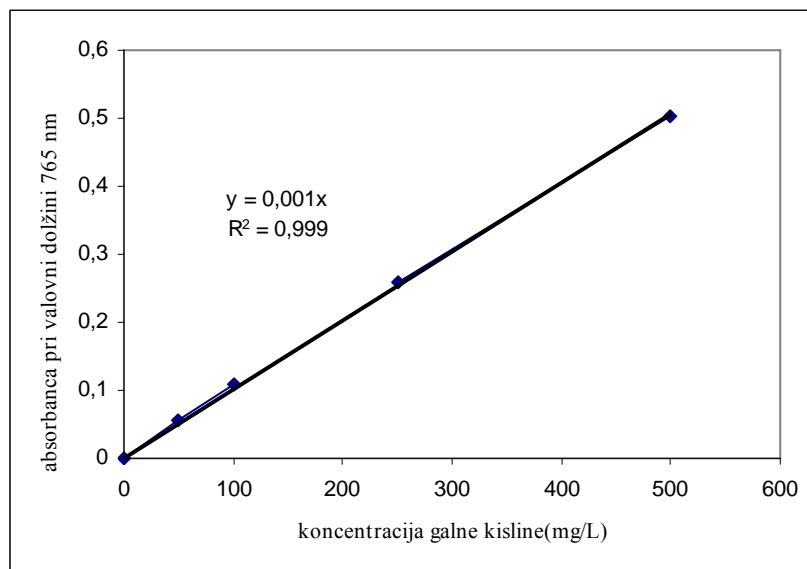
Račun za umeritveno krivuljo

$$c1 \times v1 = c2 \times v2 \quad \dots(9)$$

c1 (koncentracija izhodne standardne raztopine galne kisline)..... 5000 mg/L
 v1 (volumen izhodne standardne raztopine galne kisline).....0, 1, 2, 3, 5, 10 mL
 v2 (volumen bučke standardnih raztopin).....100 mL
 c2 = x (koncentracija standardnih raztopin)mg/L

S pomočjo enačbe 9 smo izračunali vrednost c2 (koncentracijo standardnih raztopin). Iz

znanih absorbanca standardnih raztopin in njihovih koncentracij (c2) smo narisali umeritveno krivuljo. S pomočjo enačbe premice s formulo 10 in znanih absorbanca našega vzorca smo izračunali koncentracijo skupnih fenolnih spojin v vzorcu.



Slika 6: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije fenolnih spojin

Izračun skupnih fenolnih snovi v vzorcu

$$y = 0,001x \quad \dots(10)$$

y = absorbanca vzorca

x = koncentracija skupnih fenolnih spojin (mg/L)

Rezultate smo preračunali na mg skupnih fenolnih snovi/100 g vzorca. Upoštevali smo razredčitveni faktor 10. Na rezultat lahko vplivajo tudi reducirajoči sladkorji, zlasti fruktoza, zato je potrebna korekcija po preglednici 17.

Preglednica 17: Korekcija določene vsebnosti fenolnih spojin (mg galne kisline/L) s F.C. reagentom glede na vsebnost reducirajočih sladkorjev (g/L) (Košmerl in Kač, 2003)

Koncentracija reducirajočih sladkorjev (g/L)	Faktor, s katerim delimo določeno koncentracijo skupnih fenolnih spojin
0 – 10	/
10 – 25	1,03
25 – 100	1,06
100 – 200	1,10

3.2.8 Določanje vsebnosti beljakovin z metodo po Kjeldahlu

Dušikove snovi pri večini sadja predstavljajo majhen delež v sestavi sadja razen pri lupinastem sadju, kjer jih je celo do 18 %. Najpogosteje so v obliki beljakovin (globulinov) in so glavni sestavni del jedra in citoplazme, sestavljajo pa tudi encime ki sodelujejo pri metabolizmu plodov med rastjo in zorenjem (Stojanović, 1999).

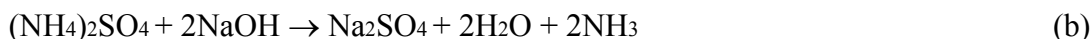
Princip

Metoda (AOAC 928.08., 1997) temelji na določanju vsebnosti beljakovin neposredno preko dušika (ob upoštevanju, da je ves dušik, prisoten v našem vzorcu, beljakovinski). Za preračunavanje dušika v beljakovine uporabljamo ustrezne faktorje (Plestenjak in Golob, 2000).

$$\text{vsebnost beljakovin (g/100 g)} = \text{vsebnost N (g/100 g)} \times F \quad \dots(11)$$

Vzorec razklopimo z mokrim sežigom s pomočjo kisline (H_2SO_4), Cu-tablet, ki so katalizator in visoke temperature ($300\text{ }^\circ\text{C}$). Z destilacijo z vodno paro ob dodatku močne baze sprostimo NH_3 , ki ga lovimo v prebitek borne kisline in nato titriramo amonijev borat s standardno klorovodikovo kislino.

Kemizem



če enačbi (c) in (d) združimo dobimo:



Enačba (e) nam pove, da: 1 mol HCl = 1 mol N = 14 g N, 1 ml 0,1 M HCl = 0,0014 g N

Potek dela

Delo je razdeljeno na tri faze:

- mokri sežig homogeniziranega vzorca
- destilacija
- titracija

V dve sežigni epruveti smo odtehtali približno 1 ($\pm 0,001$) g homogeniziranega vzorca izkoščičenih žižol. V tretjo epruveto smo dali filtrirni papir (črni trak) zato, da smo ugotovili, koliko % beljakovin prišteje filtrirni papir pri določanju beljakovin v netopni vlaknini in tako upoštevali korekcijo. V vsako epruveto smo dodali 2 tableti Cu

katalizatorja in 20 mL 95-97 % H₂SO₄. Epruvete smo postavili v stojalo in jih pokrili s steklenimi zvonci. Vse skupaj smo postavili v ogreto enoto za razklop (Digestion Unit) pri temperaturi 370 °C. Z vodno črpalko smo odvajali zdravju škodljive hlape prek enote imenovane Scrubber, kjer se je del hlapov utekočinil, preostanek pa se je nevtraliziral v približno 15 % raztopini NaOH in končno je del hlapov prešel tudi prek aktivnega oglja. Sežig je bil končan po eni uri.

Vzorec v epruveti smo ohladili na sobno temperaturo. Epruveto smo postavili v destilacijsko enoto (Distillation Unit), kjer se je avtomatsko dodalo 50 mL destilirane vode in 70 mL baze (NaOH) v vzorec. V destilacijsko predložko se je dodalo 60 mL borne kisline (H₃BO₄). Nato se je pričela destilacija, ki je trajala 4 minute.

Raztopino nastalega amonbromata v predložki smo titrirali z 0,1 M HCl do vrednosti pH = 4,65. Po vnosu odtehte vzorca v mg v titracijsko enoto Titrino, je titracija potekla avtomatsko. V končni točki titracije se je zabeležila poraba kisline, iz katere je aparat avtomatsko izračunal % beljakovin, kjer je bil uporabljen empirični faktor 6,25.

Račun

$$\text{vsebnost beljakovin (g/100 g)} = [\text{mL } 0,1 \text{ M HCl} \times 1,4] / [\text{mg (odtehta)}] \times 100 \times 6,25 \dots (12)$$

mL 0,1 M HCl = poraba mL 0,1 M HCl (vzorec – slepa poraba)

1,4 = ekvivalent (1 mL 0,1 M HCl 1,4 mg N)

6,25 = empirični faktor za preračunavanje dušika v beljakovine

Po formuli 12 je bila avtomatsko izračunana vsebnost beljakovin v vzorcu in v našem primeru v filtrirnem papirju. Podatek, o vsebnosti beljakovin v filtrirnem papirju smo upoštevali, kot korekcijo pri določanju vsebnosti beljakovin v netopnih vlakninah, saj smo v sežigne epruvete netopne vlaknine dali skupaj s filtrirnim papirjem.

3.2.9 Določanje vsebnosti skupne, topne in netopne prehranske vlaknine po modificirani encimsko-gravimetrični metodi po Prosky-ju

Princip

Encimska razgradnja škroba in beljakovin. Filtracija in gravimetrična določitev ostanka vlaknine. S to metodo, Prosky in sod. (1994) smo določali skupno, topno in netopno prehransko vlaknino.

Potek dela

Najprej smo si pripravili potrebne reagente: fosfatni pufer s $\text{pH} = 6$, raztopino NaOH in raztopino ortofosforne kisline. Uporabili smo tudi 96 % etanol, dietileter, in encime. Vzorec žižol smo izkoščičili in jih zmleli z mlinčkom Philips. V šest 100 mL erlenmajeric z obrusom smo odtehtali približno $1 (\pm 0,0001)$ g vzorca. V vsako erlenmajerico smo dodali po 50 mL pripravljenega fosfatnega pufera ter 50 μL encima α -amilaze. Raztopino smo premešali in pokrili z aluminijasto folijo. Vseh šest erlenmajeric smo dali v vodno kopel ogreto na $90\text{ }^\circ\text{C}$ za 30 min. V tem času je potekala cepitev škrobnih molekul. Nato smo erlenmajerice pod tekočo vodo ohladili na $20\text{ }^\circ\text{C}$. S pripravljeno raztopino NaOH smo uravnali pufer na $\text{pH} = 7,5$. Dodali smo naslednji encim; 50 μL proteaze. Premešali in pokrili z aluminijasto folijo ter dali v stresalno vodno kopel na $60\text{ }^\circ\text{C}$ za 30 min. V tem času je pod vplivom encima prišlo do razgradnje beljakovin. Nato smo erlenmajerice znova ohladili na $20\text{ }^\circ\text{C}$ in z raztopino ortofosforne kisline uravnali pH na 4,5. Nato smo dodali naslednji encim; 150 μL amiloglukozidaze. Znova smo erlenmajerice premešali, prekrili z alufolijo in jih dali na stresalno vodno kopel na $60\text{ }^\circ\text{C}$ za 30 min. V vmesnem času, torej, ko je potekala zadnja encimska razgradnja, smo pripravili filtrirne lončke (guče), ki smo jih obložili s filtrirnim papirjem (črni trak) in jih sušili na $105\text{ }^\circ\text{C}$ ter jih ohladili v eksikatorju. Nato smo guče stehali (skupaj s filtrirnim papirjem). Težo smo zabeležili. Pripravili smo tudi šest 500 mL erlenmajeric z obrusom, v katere smo odmerili 280 mL 96 % etanola. Tik pred filtracijo smo ga pogreli na $60\text{ }^\circ\text{C}$. Pripravili smo tudi vakuumsko črpalko in presesalne buče.

Po zadnji encimski obdelavi vzorcev smo še vroče vzorce ločeno prefiltrirali s pomočjo vakuumske črpalke. Za kvantitativen prenos vzorca iz 100 mL erlenmajerice smo še dvakrat splahnili s po 10 mL destilirane vode. Na filtrirnem papirju so ostale netopne vlaknine v filtratu pa smo dobili topne vlaknine. Ta filtrat smo nato kvantitativno prelili v segret etanol. Naprej smo še 100 mL erlenmajerico poplaskali z 20 mL etanola in 20 mL dietiletra in prefiltrirali. Dobljeni filtrat smo zavrgli. Tako obdelan guč s filtrirnim papirjem, na katerem so bile netopne vlaknine smo dali sušiti na $105\text{ }^\circ\text{C}$. Postopek smo ponovili pri vseh 6 erlenmajericah. Filtrat, v katerem so bile topne vlaknine, smo prelili v segret etanol. Po 1 uri inkubacije je prišlo do obarjanja topnih vlaknin. Sledila je filtracija topnih vlaknin. 500 mL erlenmajeric nam v primeru topnih vlaknin ni bilo potrebno spirat z destilirano vodo. Filtrirni papir smo obdelali le z 20 mL etanola in 20 mL dietiletra. V tem primeru nas filtrat ni zanimal. Tako pripravljene guče s filtriranimi topnimi vlakninami na filtrirnem papirju smo dali sušiti na $105\text{ }^\circ\text{C}$. Pred tehtanjem smo vseh 12 gučev dali v eksikator. Stehali smo maso gučev in vlaknine.

Ostanek netopne vlaknine smo še naprej analizirali, in sicer smo v treh vzorcih določili pepel, v treh pa vsebnost beljakovin. Princip in potek dela je enak kakor pri določanju vsebnosti oziroma pepela v samem zmletem vzorcu žižol. Pri rezultatih za vsebnost beljakovin v netopni vlaknini smo odšteli delež beljakovin, ki ga je zraven dodal filtrirni papir.

Za določanje vsebnosti pepela smo prenesli filtrirni papir s sedimentom (netopna vlaknina) v stehšan žarilni lonček, ga žgali nad plamenom in žarili v žarilni peči pri 525 °C, 5 ur. Žarilne lončke smo nato ohladili v eksikatorju in jih stehitali.

Račun za netopno vlaknino

$$x = x1 - x2 \quad \dots(13)$$

$$y = x - p - b \quad \dots(14)$$

x = masa netopne vlaknine z beljakovino in pepelom (g)

x1 = masa guča s filtrirnim papirjem in netopno vlaknino (g)

x2 = masa guča s filtrirnim papirjem

y = masa netopne vlaknine (g)

p = povprečna vrednost mase pepela (g)

b = povprečna vrednost mase beljakovin (g)

Račun za topno vlaknino

$$X = X1 - X2 \quad \dots(15)$$

X = masa topne vlaknine (g)

X1 = masa guča s filtrirnim papirjem in topno vlaknino (g)

X2 = masa guča s filtrirnim papirjem (g)

Račun za skupno vlaknino

$$Y = y + X \quad \dots(16)$$

X = masa topne vlaknine (g)

y = masa netopne vlaknine (g)

Y = masa skupne vlaknine (g)

Rezultate smo preračunali na vsebnost netopne, topne in skupne vlaknine v g/100 g vzorca.

3.2.10 Določanje vsebnosti maščob po Weibullu in Stoldt v semenu žižole

Princip

Kuhanje vzorca s HCl kislino, da popolnoma razkrojimo beljakovine. Izločeno maščobo odfiltriramo in ekstrahiramo z organskim topilom v Soxhletovem aparatu (AOAC 991.36., 1997).

Potek dela

Vsebnost skupne maščobe smo določali v semenih žižole. Semena smo zmleli z mlinčkom Philips cucina. V dve 250 mL čaši smo odtehtali 5 ($\pm 0,001$) g vzorca. V obe čaši smo dali

100 mL destilirane vode in 80 mL 37 % HCl. Čaši smo za 30 min dali kuhati na gorilnik. Sproti smo mešali, čaši sta bili pokriti z urnim steklom.

Po končanem toplotnem razklopu smo vzorec prefiltrirali skozi filtrirni papir in čašo v kateri se je kuhal vzorec izpirali z vročo vodo toliko časa, dokler filtrat ni reagiral več na klorove ione. To se zgodi takrat, ko se ob dodatku AgNO_3 reagenta k filtratu ne pojavi več bela oborina. Filtrat smo zavrgli, filtrirni papir z usedlino pa smo dali sušiti na $105\text{ }^\circ\text{C}$ za 1 uro. Vmes smo stehali čiste bučke, ki smo jih sušili 1 uro na $105\text{ }^\circ\text{C}$. Delno posušen filtrirni papir smo dali v ekstrakcijski tulec in urno steklo, na katerem je bil papir, počistili s petroletrom, da smo zagotovili kvantitativen prenos. Oba tulca smo sušili 1 uro na $100\text{ }^\circ\text{C}$. Nato smo oba tulca vstavili v ekstraktor Soxhletovega aparata. V bučko smo dali topilo in jo spojili z ekstraktorjem, v katerem je bil filtrirni papir z vsebino. Topila mora biti dovolj, da se v ekstraktorju lahko pretaka. Bučko smo previdno segrevali na vodni kopeli. Ekstrahirali smo 3-4 ure in nato topilo oddestilirali. Ostanek v bučki smo sušili 1 uro v sušilniku pri $105\text{ }^\circ\text{C}$, ohladili in stehali maso bučke z maščobo.

Račun

$$\text{vsebnost maščobe (g/100 g)} = (b - a) / z \times 100 \quad \dots(17)$$

a = masa prazne bučke (g)

b = masa bučke z maščobo (g)

z = masa vzorca (g)

Rezultate smo predstavili v tabeli.

3.2.11 Določanje vsebnosti višjih maščobnih kislin v semenu žižole

Princip

Maščobnokislinsko sestavo vzorcev smo določili s plinsko kromatografijo. Za to analizo je bilo potrebno predhodno pripraviti metilne estre maščobnih kislin (MEMK).

Za določanje MEMK v naših vzorcih smo uporabili metodo in situ transesterifikacije, kjer ni potrebna predhodna ekstrakcija maščob iz vzorca (Park in Goins, 1994).

Plinska kromatografija

Plinska kromatografija je analitska metoda za ločitev zmesi substanc, ki so hlapne brez razkroja ali pa so plinaste. Zmes substanc, ki se dajo vpliniti, ali so že v plinastem stanju, vstopa v kolono, ki je napolnjena z adsorbentom ali nosilcem stacionarne faze. Skozi kolono vodimo nosilni plin, ki se ne veže na adsorbent, oziroma stacionarno fazo. Ta prenese zmes substanc skozi kolono. Pri ločitvi lahko potekata dva procesa, in sicer adsorpcija ali porazdelitev. Komponente zmesi se ločijo in ločeno izstopajo iz kolone. S primernim detektorjem ugotavljamo v izhodnem plinu navzočnost komponent. Eluiranje snovi poteka tako, da nosilni plin nepretrgoma potuje skozi kolono. Pare komponent zmesi

ali sestavine plinskega vzorca se porazdelijo med plinsko fazo nosilnega plina in stacionarno fazo. Ta porazdelitev se ponavlja vzdolž kolone. Komponente izstopajo ločeno. Čas, ki je potreben, da določena snov preteče skozi kolono pri določenih pogojih, se imenuje retenzijski čas in je za vsako organsko substanco konstanta. S plinsko kromatografijo se dajo ločiti: vse plinaste snovi, vse tekočine, ki destilirajo brez razkroja, nehlapne substance pri katerih se da pripraviti hlapne derivate (maščobne kisline v obliki metilnih estrov), produkti pirolize visokomolekularnih snovi in iz njihove sestave sklepati na zgradbo makromolekule (Perkavac in Perpar, 1969).

Potek dela

Semena žižole smo s kuhinjskim mlinčkom homogenizirali. V vialo z navoji smo odtehtali 100 ($\pm 0,01$) mg vzorca. Odtehtali smo 4 paralelke. V vsako vialo smo dodali 100 μ L internega standarda (IS), ki smo ga pripravili tako, da smo odtehtali približno 0,05 g C17:0 (heptadekanojske kisline) in dodali mešanico topila heksana in metanola. Zabeležili smo si točno maso odtehte internega standarda (IS), maso mešanice topila in mase dodanega IS v vialo, kjer je bil naš vzorec. Te vrednosti so zapisane v preglednici 18.

Preglednica 18: Vrednosti mase vzorcev, odtehte IS, mase dodanega IS in masa topila za določanje vsebnosti maščobnih kislin v semenu žižole

Seme žižole	Masa vzorca (g)	Odtehta IS (internega standarda) (g)	Masa dodanega IS v vzorce (g)	Masa topila (mešanica heksana in metanola) (g)
paralelka 1	0,1111	0,0421	0,061	4,2198
paralelka 2	0,1093	0,0421	0,0717	4,2198
paralelka 3	0,1211	0,0421	0,0742	4,2198
paralelka 4	0,1069	0,0421	0,0723	4,2198

Nato smo dodali 300 μ L metilen klorida in 3 mL 0,5 M raztopine NaOH v metanolu. Vialo smo dobro zaprli in jih dobro premešali. Nato smo jih dali v vodno kopel na 90 °C, približno 1 uro. Po segrevanju smo vialo ohladili pod tekočo vodo. Ohlajeni mešanici smo nato dodali 3 mL 14 % raztopine BF₃ v metanolu in vialo dali ponovno v vodno kopel na 90 °C za 10 minut. Znova je sledilo ohlajanje vial pod tekočo vodo. Za lažje ločevanje vodne in heksanske faze smo v vialo dodali še po 3 mL 10 % raztopine NaCl. Na koncu smo dodali še 1 mL heksana. Raztopino smo močno stresali, da je prišlo do čim boljše ekstrakcije MEMK iz vodne v nepolarno fazo. Vialo smo tudi centrifugirali pri 1700 obratih/min. Po uspešni ločbi heksanske in vodne faze smo v manjše vialo odpipetirali heksansko fazo. Vialo smo dobro zaprli in jih shranili v hladilnik do analiz na plinskem kromatografu. Na plinskem kromatografu smo najprej kot referenčni standard analizirali

standardno raztopino metilnih estrov višjih maščobnih kislin in določili retenzijske čase. Po končani analizi vzorcev smo s pomočjo internega standarda iz kromatografskih vrhov izračunali količino posamezne maščobne kisline.

Pogoji na plinskem kromatografu Agilent Technologies 6890N so bili:

- kolona: SUPELCO - SPB PUFA; 30m X 0,25mm X 0,2 μ m
- 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: 1,0 μ L
- program za obdelavo podatkov: GC Chem Station

Vsebnost posameznih maščobnih kislin v vzorcu smo izračunali po formuli 18.

$$C \text{ (mg/100 g)} = (A_i * F_{Ai} * m_{IS} * 100) / (A_{IS} * F_{Ai17} * m_{vz}) \quad \dots(18)$$

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

A_i = površina vrha posamezne maščobne kisline

F_{Ai} = koeficient posamezne maščobne kisline

m_{IS} = masa internega standarda (g)

A_{IS} = površina internega standarda

F_{Ai17} = koeficient posamezne maščobne kisline

m_{vz} = masa vzorca (g)

Koeficienti posamezne maščobne kisline (F_{Ai}): C16:0 = 0,9482, C16:1 = 0,9478, C17:0 = 0,9507, C18:0 = 0,9530, C18:1 = 0,9527, C18:2 = 0,9524, C18:3 = 0,952, C20:4 = 0,9812 in C20:5 = 0,9557.

Koncentracijo internega standarda (c_{IS}) smo izračunali z enačbo 19.

$$c_{IS} = 0,0421 \text{ g/4,2198 g mešanice topila} \quad \dots(19)$$

Maso internega standarda (m_{IS}) smo izračunali po formuli 20.

$$mIS = m * 42,1 \text{ mg} / (0,0421 \text{ g} + 4,2198 \text{ g}) \quad \dots(20)$$

m = masa dodanega standarda C₁₇ v vzorce (g)

Rezultate smo predstavili v tabeli.

3.2.12 Določanje vsebnosti skupnih titrabilnih kislin

Organske kisline dajejo sadju značilen okus. Nastopajo v nevezani obliki ali kot soli, estri in glukozidi. V metabolizmu plodov imajo pomembno vlogo, saj predstavljajo pomemben vir energije pri celičnem dihanju. Najbolj pogoste organske kisline v sadju so jabolčna, citronska in vinska kislina (Stojanović, 1999).

Princip

Potenciometrična titracija vzorca z 0,1 M NaOH do pH= 8,2 z indikatorjem fenolftaleinom in lakmusovim papirjem.

Potek dela

Vzorec zamrznjenih žižol smo izkoščičili in jih homogenizirali v mlinčku. V čašo smo odtehtali 10 (±0,001) g vzorca in dodali 90 g destilirane vode. Razredčitveni faktor je v tem primeru 10. Zmes smo pustili 30 min na sobni temperaturi, da se ekstrahira. Nato smo vzorec prefiltrirali. Filtrat je predstavljal naš vzorec. V erlenmajerico smo v treh paralelkah odpipetirali po 5 mL filtrata. Dodali smo približno 10 mL destilirane vode ter nekaj kapljic indikatorja fenolftaleina. Sledila je titracija z 0,1 M NaOH do preskoka v rožnato barvo. Ker je v vzorcu prisotnih več različnih kislin, ki jih s to metodo ne moremo ločeno ugotavljati, smo preračunali rezultat v tisto kislino, ki jo je v vzorcu največ. Odločili smo se za jabolčno kislino, saj je ta največ prisotna v jabolkah, hruškah, koščičastem sadju. V zadnjo skupino bi lahko prištevali žižole.

Račun

$$\text{vsebnost skupnih kislin (g/L oz. g/kg)} = (a \times f \times R \times E) / 10000 \quad \dots(21)$$

K = g kisline/L oz. g kisline/kg

a = poraba ml 0,1 M NaOH

f = faktor korekcije normalitete 0,1 M NaOH

R = razredčitev vzorca

E = gramekvivalent kisline, ki se titrira z 0,1 M NaOH

Rezultat smo preračunali na g kisline/100 g vzorca.

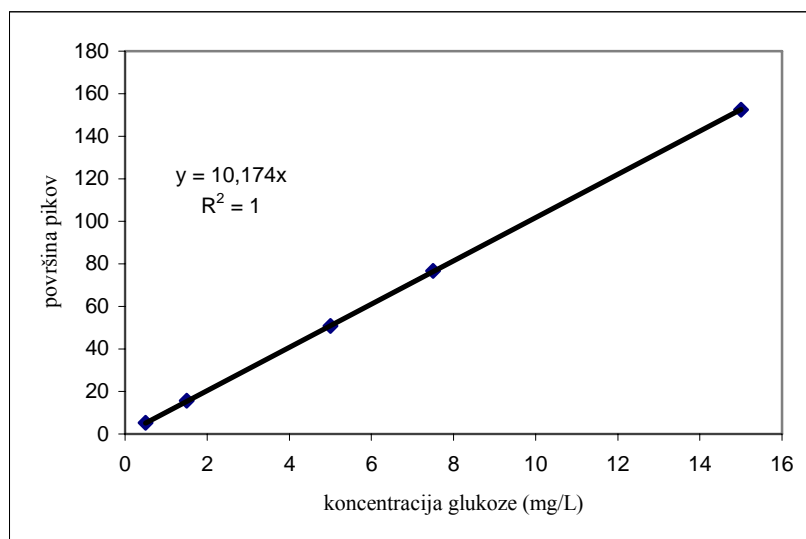
3.2.13 Določanje vsebnosti sladkorjev s HPLC metodo

Princip

Določanje vsebnosti sladkorjev (glukoze, fruktoze in saharoze) s HPLC metodo s pomočjo standardnih raztopin. S pomočjo koncentracij standardnih raztopin in njihovih absorbanca smo narisali umeritvene krivulje. S pomočjo enačb premic (22 za glukozo, 23 za fruktozo in 24 za saharozo) in znanih absorbanca našega vzorca smo izračunali vsebnost glukoze, fruktoze in saharoze v vzorcu. Vzorce za analizo sladkorjev nismo na novo pripravljali, ampak smo uporabili vzorce od analiz za določanje skupne, L-askorbinske in dehidroaskorbinske kisline. Reagent TCEP ni bistveno motil analiz sladkorjev.

Kromatografski pogoji na HPLC koloni Bio – Rad Aminex HPX:

- kolona: 87 H, 300 × 7,8 mm
- mobilna faza: 0,004 M H₂SO₄
- pretok mobilne faze: 0,6 mL/min
- gradientna črpalka: Maxi Star, Knauer
- volumen injiciranja: 20 μL
- detektor: UV – VIS , valovna dolžina: 245 nm (Knauer, RI DETECTOR K-2301)



Slika 7: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije glukoze

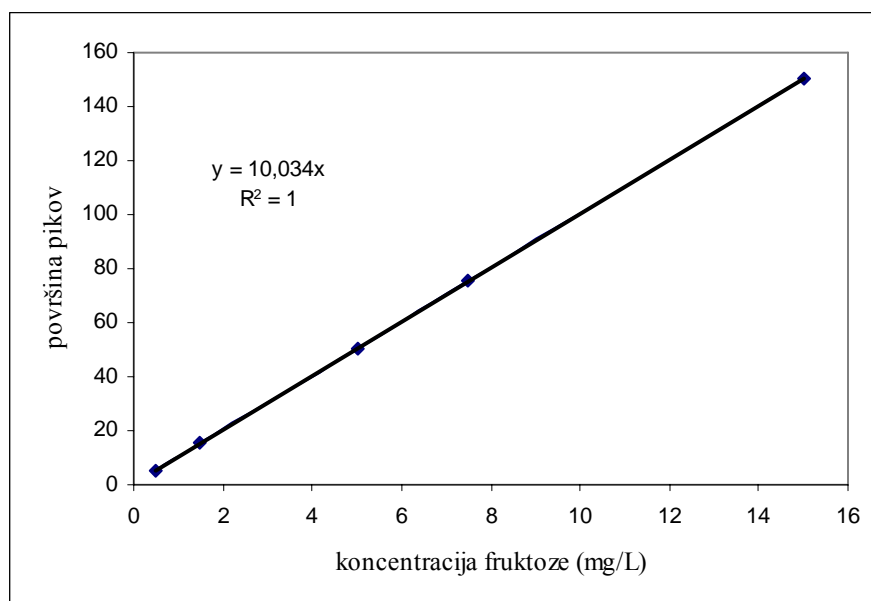
Izračun glukoze v vzorcu

$$y = 10,174x$$

...(22)

y = absorbanca vzorca

x = koncentracija glukoze (mg/L)



Slika 8: Primer umeritvene krivulje za določanje koncentracije fruktoze

Izračun fruktoze v vzorcu

$$y = 10,034x \quad \dots(23)$$

y = absorbanca vzorca

x = koncentracija fruktoze (mg/L)

Izračun saharoze v vzorcu

$$y = 12,961x \quad \dots(24)$$

y = absorbanca vzorca

x = koncentracija saharoze (mg/L)

Rezultate smo preračunali na vsebnost glukoze, fruktoze in saharoze v g/100 g vzorca. Upoštevali smo razredčitveni faktor 3.

3.2.14 Določanje vsebnosti sladkorjev in organskih kislin s plinskim kromatografom

Plinska kromatografija

Plinska kromatografija se uporablja za ločevanje snovi, ki jih lahko uparimo, ne da bi se pri tem razgradile. Če sama snov za to ni primerna, je včasih možno pripraviti derivate. Prednosti plinske kromatografije so visoka ločljivost, reproducibilnost in hitrost separacij. Slaba stran je v tem, da metoda ni uporabna za ločevanje bioloških makromolekul in snovi z zelo nizkimi parnimi tlaki. Osnova separacije je različna porazdelitev snovi v plinskem stanju med stacionarno fazo (tekočo ali trdno) in plinsko mobilno fazo.

Plinski kromatograf je sestavljen iz uparilnika, separacijske kolone, detektorja in rekorderja. V uparilniku se vzorec pretvori v plinsko stanje. Tok nosilnega plina (dušik, helij ali argon) prenese uparjeni vzorec v ogrevano kolono. Te so lahko napolnjene z granuliranim adsorbentom (aluminijev oksid) ali z inertnim nosilcem, ki je impregniran s tekočo stacionarno fazo (polietilen glikol). Pri plinsko-tekočinski kromatografiji se uporabljajo kapilarne kolone, to so do 100 m dolge, 1 mm debele steklene ali kovinske cevke. Stacionarna faza je kot tanek film absorbirana na notranji steni kapilare. Snovi, ki zapuščajo kolono ugotavljamo z različnimi detektorji (plamenski ionizacijski detektor, elektronski detektor). Električni signal iz detektorja se ojača in zapiše na rekorderju. Pri standardnih pogojih je čas, ki je potreben, da se določena snov eluira iz kolone z uporabo določene stacionarne in mobilne faze, konstanten in ga imenujemo retencijski čas. Metoda je torej uporabna v kvalitativne namene in ker je jakost signala sorazmerna količini snovi tudi v kvantitativne namene (Kregar, 1996).

Princip

Določanje sladkorjev (ramnoza, sorbitol, arabinoza) in organskih kislin (jabolčna, citronska, galakturonska, kininska) s plinskim kromatografom po metodi Morvai in sod. (1991).

Potek dela

Organske kisline smo določali v mezokarpu in v lupini žižole. Sladkorje pa v izkoščičeni žižoli. V večje steklene epruvete smo zatehtali po tri paralelke vsakega vzorca (mezokarp, lupina, izkoščičena žižola) in sicer, približno 0,5 ($\pm 0,0001$) g. V vsako epruveto smo dodali po 10 mL 80 % etanola. Tako pripravljene epruvete smo dali na stresalnik na BUCHI Syncore, 60 min pri 35 °C pri 360 obratih/minuto. Nato smo vsebino v epruветah prefiltrirali z vakuumsko črpalko v druge enake steklene epruvete ter jih dobro sprali z 10 mL 80 % etanolom in jih znova dali na že omenjeni stresalnik. Približno 12 ur je potekala evaporacija topil pri 40 °C. Metanol in voda sta izhlapela. Doseči smo hoteli ekstrakcijo sladkorjev in kislin. Posušeno usedlino smo shranili v hladilnik.

Priprava izhodnih raztopin sladkorjev in kislin

V 25 mL bučke smo odtehtali 0,125 g ramnoze, 0,125 g arabinoze, 0,125 sorbitola. Zatehtali smo tudi organske kisline in sicer v vsako 25 mL bučko po 0,0125 g jabolčne, citronske, galakturonske in kininske kisline. Bučke smo do oznake dopolnili s 96 % etanolom. Do analiz smo tako pripravljene vzorce hranili v hladilniku.

Priprava standardnih raztopin

Iz vseh sedmih bučk izhodnih raztopin smo kasneje pripravili standardne raztopine tako, da smo odpipetirali 1, 5 in 10 mL iz vsake bučke v 25 mL bučke in s 96 % etanolom dopolnili do oznake. Za določanje kislin, smo iz štirih bučk z izhodnimi raztopinami kislin

odpipetirali po 1, 5 in 10 mL v posebne steklene epruvete in jih čez noč dali na stresalnik BUCHI Syncore pri 40 °C in 360 obratih/minuto. V epruvetah je ostal suh ostanek.

Vsebnost ramnoze, sorbitola, arabinoze in organskih kislin smo določali na plinskem kromatografu Agilent Technologies 6890 in masno selektivnem detektorju. Pogoji za ločbo derivatov sladkorjev in organskih kislin kot trimetil silil oksim estrov so bili naslednji:

- kapilarna kolona proizvajalca Macharey: (12 m × 0.20 mm × 0.35 μm)
- 50 °C (2 min)
- 20 °C/min do 120 °C
- 6 °C/min do 155 °C (10 min)
- 13 °C /min do 250 °C (7,3 min)
- 20 °C/min do 330 °C (10 min)
- temperatura injektorja: 300 °C
- temperatura detektorja; 280 °C
- injektor: split:splitless, 1:50
- volumen injiciranja 1 μL
- nosilni plin, He 0.8 mL/min
- make-up plin: N₂ 45 mL/min
- plini na detektorju: H₂ 40 mL/min
- sintetični zrak (21 % O₂) 450 mL/min

4 REZULTATI

4.1 VSEBNOST VODE, SUHE SNOVI IN PEPELA V PLODOVIH ŽIŽOLE

Preglednica 19: Vsebnost vode, suhe snovi in pepela (g/100 g) v svežem vzorcu izkoščičene žižole

Izkoščičena žižola	voda (g/100 g)	suha snov (sušenje) (g/100 g)	suha snov (refraktometer) (g/100 g)	pepel (g/100 g)
paralelka 1	46,15	53,85	44	0,982
paralelka 2	37,98	62,02	44	0,965
paralelka 3	42,61	57,39	-	0,975
povprečna vrednost (g/100 g)	42,3 ± 4,1	57,8 ± 4,1	44,0 ± 0	0,974 ± 0,008
koeficient variabilnosti (KV) (%)	9,7	7,1	0	0,826

V zamrznjenih žižolah z odstarnjenim semenom smo s sušenjem določili 42,3 g/100 g vode in 57,8 g/100 g suhe snovi. Z refraktometrom smo določili 44 g/100 g suhe snovi. Vsebnost pepela je bila 0,974 g/100 g vzorca. Liu (2004, cit. po Liu, 2006) je določil v svežih zrelih žižolah 73,4 g/100 g vode in 0,4 g/100 g pepela. V posušenih zrelih žižolah je določil 19 g/100 g vode in 1,4 g/100 g pepela.

4.2 VSEBNOST ELEMENTOV V PLODOVIH ŽIŽOLE

Kalij je element, ki ga je v žižoli največ (232,7 mg/100 g). Sledi fosfor (49,0 mg/100 g), natrij (39,2 mg/100 g) in kalcij (30,5 mg/100 g). V primerjavi s podatki preglednice 21, kjer so predstavljeni rezultati ameriške žižole je vsebnost kalija tudi največja (250 mg/100 g), sledi fosfor (23 mg/100 g), kalcij (21 mg/100 g) in magnezij (10 mg/100 g). Li in sod. (2007a) so v petih sortah žižole določili najvišjo vsebnost kalija (271,44 mg/100 g), nato fosforja (85,26 mg/100 g), kalcija (79,34 mg/100 g) in magnezija (38,82 mg/100 g). Vsebnost natrija je bila v kitajskih žižolah 5,86 mg/100 g, kar je približno šestkrat manj kot smo ga določili v našem vzorcu žižol, 39,2 mg/100 g, medtem ko je kitajska žižola vsebovala trikrat več železa, 6,38 mg/100 g kakor naš vzorec žižol, 2,04 mg/100 g.

Preglednica 20: Vsebnost elementov (mg/100 g) v svežem vzorcu izkoščičene žižole

Element	Vsebnost (mg/100 g svežega vzorca)
K	232,7 ± 4,9
Na	39,2 ± 8,1
Ca	30,5 ± 1,4
Mg	20,5 ± 1,0
Fe	2,0 ± 0,2
P	49,0 ± 1,8
Zn	0,7 ± 0,1
Mn	0,1 ± 0,0
Cr	0,1 ± 0,0
Ni	0,1 ± 0,0
Pb	< 1,29
Cd	< 0,03

Preglednica 21: Primerjava rezultatov vsebnosti elementov v svežih figah, rozinah z odstranjenimi peškami in v svežih izkoščičenih žižolah (mg/100 g) (USDA, 2008) z našim vzorcem izkoščičene žižole (mg/100 g)

Element (mg/100 g)	Vrsta sadja			
	sveže fige	rozine brez pešk	ameriška žižola brez semena	naša žižola brez semena
Ca	35	50	21	30,5
Fe	0,37	1,88	0,48	2,0
Mg	17	32	10	20,5
P	14	101	23	49,0
K	232	749	250	232,7
Na	1	11	3	39,2
Zn	0,15	0,22	0,05	0,7
Cu	0,070	0,318	0,073	-
Mn	0,128	0,299	0,084	0,1

4.3 VSEBNOST L-ASKORBINSKE (L-AK), DEHIDROASKORBINSKE IN SKUPNE KISLINE V PLODOVIH ŽIŽOLE

Vsebnost L-askorbinske kisline smo v svežem vzorcu s HPLC metodo določali dvakrat. Prvič smo določili 46,0 mg/100 g L-askorbinske kisline oz. 79,7 mg L-AK/100 g suhe snovi. Drugič smo določili 50,8 mg/100 g L-AK oz. 87,8 mg L-AK/100 g suhe snovi. Določili smo 22,7 mg/100 g dehidroaskorbinske kisline (DHA) oz. 35,7 mg DHA/100 g suhe snovi. Vsota povprečne vrednosti L-askorbinske kisline pri dvakratnem določanju s HPLC metodo, ki je bila 48,4 mg/100 g svežega vzorca in vsebnosti DHA kisline, ki je bila 22,7 mg/100 g nam da končno vrednost skupne kisline, ki je bila 71,1 mg/100 g vzorca.

Preglednica 22: Vsebnost L-askorbinske, dehidroaskorbinske in skupne askorbinske kisline v svežem vzorcu izkoščičene žižole (mg/100 g)

Izkoščičena žižola	L-askorbinska kislina (mg/100 g)		Dehidroaskorbinska kislina (mg/100 g)	Skupna askorbinska kislina (mg/100 g)
paralelka 1	52,00	58,42	20,46	78,88
paralelka 2	40,02	43,09	25,09	68,18
povprečna vrednost (mg/100 g svežega vzorca)	46,0 ± 8,5	50,8 ± 10,8	22,7 ± 3,3	73,5 ± 7,6
povprečna vrednost (mg/100 g suhe snovi)	79,7	87,8	35,7	127,3
koeficient variabilnosti (%)	18,4	21,3	14,4	10,3

Li in sod. (2007a) so v petih vzorcih žižol določili 273 mg/100 g L-askorbinske kisline, kar je približno petkrat več kakor smo jo določili v našem vzorcu (48,4 mg/100 g). Liu (2006) je ugotovil, da se vitamin C v času treh mesecev po obiranju zmanjša za 8-10 krat.

4.4 VSEBNOST SKUPNIH FENOLNIH SNOVI IN BELJAKOVIN V PLODOVIH ŽIŽOLE

Vsebnost skupnih fenolnih spojin v svežem vzorcu žižole je bila 695,0 mg/100 g oz. 1203 mg/100 g suhe snovi. Zelo podobno vsebnost so analizirali Li in sod. (2007a) v kitajskih žižolah, in sicer 730 mg/100 g svežega vzorca. Fenolne spojine v sadju vplivajo na obrambo rastline pred zunanjim okoljem ter tvorijo senzorične lastnosti sadeža, kot so to aroma, okus in barva (Hudina, 2008).

Vsebnost beljakovin je bila 0,62 g/100 g svežega vzorca oz. 1,10 g/100 g suhe snovi. Liu

(2004, cit. po Liu, 2006) je v svežih zrelih žižolah določil 1,2 g/100 g beljakovin in v posušenih svežih žižolah 3,3 g/100 g. Vsebnost beljakovine v našem analiziranem vzorcu žižole (1,10 g/100 g suhe snovi) je bila v primerjavi s podatkom Li in sod. (2007), ki je znašala 5,93 g/100 g suhe snovi, približno petkrat manjša. Li in sod.(2007b) so v sorti *Ziziphus jujuba Jinsixiaozao* določali sestavo molekule proteoglikan. Določili so 83,5 % glikana in 9,7 % proteinskega dela. Aminokislina, ki so gradile proteinski del so bile v 62,8 % deležu: asparginska kislina, glutaminska, serin, treonin in levcin. Zadnji dve omenjeni aminokislini sta esencialni.

Preglednica 23: Vsebnost skupnih fenolnih snovi (mg/100 g) in beljakovin (g/100 g) v svežih izkoščičenih žižolah

Izkoščičena žižola	Fenolnih snovi (mg/100 g)	Beljakovine (g/100 g)
paralelka 1	708,39	0,506
paralelka 2	667,91	0,738
paralelka 3	708,39	-
povprečna vrednost (na svežo snov)	695,0 ± 23,3	0,62 ± 0,16
povprečna vrednost (na suho snov)	1203	1,10
koeficient variabilnosti (KV) (%)	3,4	26,4

4.5 VSEBNOST TOPNE, NETOPNE IN SKUPNE VLAKNINE V PLODOVIH ŽIŽOLE

V svežem vzorcu žižole smo določili 6,0 g/100 g netopne vlaknine oz. 10,2 g/100 g suhe snovi, 3,8 g/100 g topne vlaknine oz. 6,6 g/100 g suhe snovi in 9,7 g/100 g skupne vlaknine oz. 16,2 g/100 g suhe snovi.

Preglednica 24: Vsebnost netopne, topne in skupne vlaknine v svežem vzorcu izkoščičene žižole (g/100 g)

Izkoščičena žižola	Vsebnost vlaknine (g/100 g)		
	netopna	topna	skupna
paralelka 1	6,11	3,97	10,08
paralelka 2	6,17	4,40	10,58
paralelka 3	5,77	3,99	9,77
paralelka 4	5,50	3,58	9,08
paralelka 5	5,77	3,23	9,01
paralelka 6	5,99	3,87	9,86
povprečna vrednost vlaknine (g/100 g sveže snovi)	6,0 ± 0,2	3,8 ± 0,4	9,7 ± 0,6
povprečna vrednost vlaknine (g/100 g suhe snovi)	10,2	6,6	16,2
koeficient variabilnosti (%)	4,3	10,3	6,2

4.6 VSEBNOST TITRABILNIH KISLIN V PLODOVIH ŽIŽOLE

Preglednica 25: Vsebnost titrabilnih kislin v svežem vzorcu izkoščičene žižole (g/100 g)

Izkoščičena žižola	Titrabilne kisline (g/100 g)
paralelka 1	0,0046
paralelka 2	0,0046
paralelka 3	0,0053
povprečna vrednost (g/100 g sveže teže)	0,0048 ± 0,00037
povprečna vrednost (g/100 g suhe snovi)	0,0084
koeficient variabilnosti (%)	7,7

Vsebnost organskih titrabilnih kislin v žižoli smo določali s titracijo vodne raztopine žižol.

Izrazili smo jo kot jabolčno kislino in je znašala 0,0048 g/100 g sveže snovi. Povprečna vrednost titrabilnih kislin, izražena na suho snov, je bila 0,0084 g/100 g.

4.7 VSEBNOST SLADKORJEV V PLODOVIH ŽIŽOLE, DOLOČENIH S HPLC METODO

Preglednica 26: Vsebnost sladkorjev v vzorcu (g/100 g) svežega vzorca izkoščičene žižole določenih s HPLC metodo

Izkoščičena žižola	Vsebnost sladkorjev (g/100 g)			
	glukoza	fruktoza	saharoza	reducirajoči
paralelka 1	23,33	19,88	/	43,21
paralelka 2	21,64	18,47	/	40,12
paralelka 3	26,63	19,23	/	42,86
paralelka 4	18,42	18,78	0,135	37,21
paralelka 5	19,16	19,89	0,121	39,06
paralelka 6	20,20	19,41	0,118	39,61
povprečna vrednost (g/100 g sveže snovi)	21,0 ± 2,2	19,3 ± 0,6	0,125 ± 0,001	40,3 ± 2,3
povprečna vrednost (g/100 g suhe snovi)	36,5	33,4	0,2	69,8
koeficient variabilnosti (%)	10,3	3,0	7,2	5,7

V vzorcih žižole, v katerih smo določali vsebnost vitamina C s TCEP reagentom, smo določali tudi vsebnost sladkorjev. Vsebnost glukoze je bila 21,0 g/100 g svežega vzorca, vsebnost fruktoze je bila 19,3 g/100 g svežega vzorca, vsebnost saharoze je bila 0,125 g/100 g svežega vzorca in vsebnost glukoze in fruktoze, kot reducirajoča sladkorja je bila 40,3 g/100 g svežega vzorca. Wang in sod. (2002, cit.po Liu, 2006) so v devetih sortah posušenih zrelih kitajskih žižolah določili 14,3 do 34,7 g/100 g fruktoze in 48,1 do 62,3 g/100 g reducirajočih sladkorjev. Naše izmerjene vrednosti so primerljive.

4.8 VSEBNOST SLADKORJEV IN ORGANSKIH KISLIN V PLODOVIH ŽIŽOLE, DOLOČENIH S PLINSKO KROMATOGRAFIJO

Preglednica 27: Vsebnost sladkorjev v izkoščičeni žižoli ter organskih kislin v mezokarpu in lupini žižole, določenih s plinsko kromatografijo (mg/100 g suhe snovi)

Sladkorji (mg/100 g suhe snovi)		Organske kisline (mg/100 g suhe snovi)		
arabinoza	izkoščičena žižola	jabolčna	mezokarp	lupina
	75,1 ± 1,9		788,0 ± 226,0	1260,0 ± 70,5
ramnoza	6,2 ± 0,8	citronska	814,0 ± 44,3	1357,0 ± 135,0
sorbitol	34,6 ± 2,7	galakturonska	66,6 ± 7,8	88,6 ± 0,1
-	-	kininska	13,1 ± 0,5	18,7 ± 1,5

V našem vzorcu izkoščičenih žižol smo na 100 g suhe snovi določili 75,1 mg arabinoze, 34,6 mg sorbitola in 6,2 mg ramnoze. Li in sod. (2007b) so v sorti *Ziziphus jujuba Jinsixiaozao* določali sestavo molekule proteoglikan. 83,5 % proteoglikana gradi molekula glikan, ki jo sestavljajo sladkorji ramnoza, arabinoza, manoza in galaktoza v razmerju 13,8:4:3:8. Bistveni organski kislini, ki sta prisotni v najvišjih koncentracijah, sta jabolčna in citronska kislina. Vse kisline, ki smo jih določali (jabolčna, citronska, galakturonska, kininska), so v lupini žižole prisotne v višjih koncentracijah kakor v mezokarpu.

4.9 VSEBNOST MAŠČOBE IN MAŠČOBNIH KISLIN V SEMENU ŽIŽOLE

Vsebnost maščobe smo določali v semenih žižole. Imeli smo dve paralelki vzorca semen, v katerih smo določili 2,26 in 2,69 g maščobe na 100 g homogeniziranih semen. Povprečna vrednost vsebnosti maščobe v semenu žižole je bila 2,5 g/100 g. Vsebnost maščobe v samem plodu žižole je zelo majhna, zato je nismo določali. Wang in sod. (2002, cit. po Liu, 2006) so v devetih sortah posušenih zrelih kitajskih žižolah določili 0,31 do 0,92 g/100 g maščobe.

V semenu žižole je največ linolne kisline (1417,0 mg/100 g), sledijo oleinska (968,1 mg/100 g), palmitinska (193,6 mg/100 g), stearinska (81,0 mg/100 g) in linolenska (65,8 mg/100 g) maščobna kislina.

Preglednica 28: Maščobnokislinska sestava semena žižole (mg/100 g)

Seme žižole	Maščobne kisline (mg/100 g)				
	palmitinska C16:0	stearinska C18:0	oleinska C18:1	linolna C18:2	linolenska C18:3
paralelka 1	181,47	85,22	1163,31	1563,67	89,33
paralelka 2	290,03	120,42	971,11	1573,82	54,29
paralelka 3	153,85	61,86	894,60	1271,40	65,30
paralelka 4	149,33	56,38	843,38	1258,82	54,31
povprečna vrednost maščobne kisline (mg/100 g)	193,6 ± 65,8	81,0 ± 29,1	968,1 ± 140,3	1417,0 ± 175,4	65,8 ± 16,5
koeficient variabilnosti (KV) (%)	34,0	36,0	14,5	12,4	25,1
delež maščobne kisline (%)	7,1	3,0	35,5	52,0	2,4

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V hipotezi smo predpostavili dve trditvi. Prva se nanaša na žižolo kot funkcionalno živilo, druga pa na prisotnost esencialnih maščobnih kislin v semenu žižole. Na podlagi rezultatov kemijskih analiz smo prišli do določenih sklepov, ki se nanašajo na zastavljene hipoteze.

5.1.1 Žižola kot funkcionalno živilo

Danes so eden izmed najhitreje rastočih segmentov v živilski industriji funkcionalna živila. V prihodnosti je predvideno nadaljnje povečevanje tržnega deleža in porabe tovrstnih živil (Verbeke, 2005).

Smatramo, da je žižola funkcionalno živilo zaradi visoke vsebnosti L-askorbinske kisline. Vsebnost omenjenega vitamina je bila v svežih izkoščičenih plodovih naše žižole 48,4 mg/100 g. Sadje, ki ima večjo vsebnost vitamina C, so npr. črni ribez s 177 mg/100 g sadja in kivi z 71 mg/100 g sadja. Približno enako vsebnost vitamina C kot žižole, pa imajo jagode s 64 mg/100 g sadja, limone s 53 mg/100 g sadja in pomaranče s 50 mg vitamina C /100 g sadja. Odrasle osebe potrebujejo dnevno okoli 75 mg vitamina C, nosečnice in doječe matere pa 95 mg (Schlieper in sod., 1997). Torej s približno 150 g svežih žižol pokrijemo dnevno potrebo po vitaminu C. Koncentracija vitamina C je odvisna od zrelosti sadeža, sorte, klimatskih pogojev, načina shranjevanja in postopka tehnološke obdelave. Vsebnost vitamina C v devetih sortah kitajskih posušenih zrelih žižolah se je gibala od 9,3 do 18,6 mg/100 g (Wang in sod., 2002 cit. po Liu, 2006). Liu (2004, cit. po Liu, 2006) je v svežih zrelih žižolah določil 540 mg/100 g vitamina C, v posušenih zrelih žižolah pa le 12 mg/100 g.

Žižola je funkcionalno živilo tudi zaradi visoke vsebnosti vlaknine. Vsebnost skupne vlaknine je bila v povprečju 9,7 g /100 g svežega vzorca žižole. Povprečna vsebnost netopne vlaknine, je bila 6,0 g/100 g, povprečna vsebnost topne vlaknine pa 3,8 g/100 g sveže žižole. Določili smo večjo vsebnost vlaknine, kakor Li in sod. (2007a), glej preglednico 29. Wang in sod. (2002, cit. po Liu, 2006) so v devetih sortah posušenih kitajskih žižolah določili od 4,45 do 10,30 g/100 g celuloze, kot netopne vlaknine in od 0,42 do 2,09 g/100 g pektina, ki je topna vlaknina. Pri vseh analizah je vsebnost topne vlaknine manjša od netopne vlaknine. Veliko sadja ima manjšo vsebnost skupne, netopne in topne vlaknine. Vsebnosti skupne, netopne in topne vlaknine so v svežem jabolku 1,53 g/100 g, 0,99 g/100 g in 0,5 g/100 g jedilnega dela sadja. V svežem kiviju so vsebnosti skupnih vlaknin 1,62 mg/100 g, netopnih vlaknin 0,26 g/100 g in topnih vlaknin 1,36 g/100 g jedilnega dela sadeža (Golob, 2003). Dnevna potreba po vlaknini za odrasle je 30 g. Torej s 300 g žižol pokrijemo dnevno potrebo po vlaknini.

Menimo, da je žižola funkcionalno živilo tudi zaradi visoke vsebnosti elementov. Kalij je

po raziskavah Li in sod. (2007a) bistveni element v žižoli. Koncentracija kalija se je gibala od 201 do 458 mg/100 g svežih žižol. Ta vrednost je manjša od vsebnosti kalija v orehih, dateljnih in rozinah (545 mg/100 g, 650 mg/100 g, 780 mg/100 g svežega sadja), vendar večja od vrednosti kalija v jagodah in malinah (145 mg/100 g, 170 mg/100 g svežega sadja) (Golob, 2003). Med elementi je bilo v našem vzorcu žižole največ kalija s koncentracijo 232,7 mg/100 g sadja. Sledili so fosfor, natrij, kalcij (kalcij je element, ki znižuje krvni tlak, absorpcija kalcija iz živila v telo je odvisna od prisotnosti oksalatov in fitatov, ki nase vežejo kalcij in s tem preprečijo absorpcijo kalcija v telo), magnezij (deluje kot kofaktor pri biokemijskih reakcijah v telesu) in železo. V primerjavi s kitajsko žižolo smo v našem vzorcu zasledili večjo vsebnost natrija in rahlo večjo vsebnost cinka, medtem, ko je bilo ostalih elementov več v vzorcih kitajske žižole. Vsebnost elementov v rastlini je odvisna od sorte, pedoklimatskih pogojev in načina merjenja (Li in sod., 2007a).

Žižola je funkcionalno živilo zaradi velike vsebnosti polifenolnih snovi in velike antioksidativne aktivnosti. V kitajski žižoli so v 100 g svežih žižol določili 730 mg fenolnih spojin. Zelo podobno vrednost smo analizirali v naših žižolah, in sicer 695,0 mg/100 g. Antioksidativna aktivnost kitajskih žižol je bila v povprečju 779,4 $\mu\text{mol/g}$. V primerjavi z ostalim sadjem kot so jagode (153,6 $\mu\text{mol/g}$), slive (79,1 $\mu\text{mol/g}$), grenivke (48,3 $\mu\text{mol/g}$) in hruške (9,6 $\mu\text{mol/g}$) je ta vrednost veliko večja. Antioksidanti nudijo zaščito pred škodljivim vplivom prostih radikalov, ki povzročajo oksidativne spremembe na lipidih, proteinih in nukleinskih kislinah. Znana je negativna korelacija med količino zaužitega sadja in zelenjave ter pojavom raka in kardiovaskularnih bolezni. Antioksidacijski učinek sadja in zelenjave je predvsem posledica polifenolov in v manjši meri vitaminov (A, C, E) (Vidrih, 2003).

Parameter, glede na vsebnost katerega lahko uvrščamo žižolo med funkcionalna živila, je tudi vsebnost fruktoze. Fruktoza, ki je v žižoli razmeroma veliko, je pomemben sladkor za diabetike zaradi nizkega glikemičnega indeksa, kar vpliva na počasnejši porast nivoja glukoze v krvi in s tem manjše obremenjevanje encimskega sistema trebušne slinavke. Z analizami smo določili naslednje vsebnosti sladkorjev na 100 g suhe snovi: 36,5 g glukoze, 33,4 g fruktoze, 0,2 g saharoze, 75,1 mg arabinoze, 34,6 mg sorbitola in 6,2 mg ramnoze.

Preglednica 29: Primerjava nekaterih prehranskih komponent kitajske žižole z našim vzorcem žižole

Komponenta	Izkoščičena žižola	
	kitajska (*predstavljene vrednosti so povprečje vseh petih vrednosti sort žižol v članku Li in sod. (2007a))	naš vzorec žižole
beljakovine (g/100 g suhe snovi)	5,93	1,10
pepel (g/100 g suhe snovi)	2,6	1,68
topna vlaknina (g/100 g suhe snovi)	1,48	6,6
netopna vlaknina (g/100 g suhe snovi)	5,98	10,2
glukoza (g/100 g suhe snovi)	22,96	36,5
fruktoza (g/100 g suhe snovi)	21,40	33,4
saharoza (g/100 g suhe snovi)	10,90	0,2
arabinoza (g/100 g suhe snovi)	-	0,07
sorbitol (g/100 g suhe snovi)	2,08	0,03
ramnoza (g/100 g suhe snovi)	12,8	0,006
L-askorbinska kislina (mg/100 g sveže snovi)	273	48,4
dehidroaskorbinska kislina (mg/100 g sveže snovi)	-	22,7
fenolne spojine (mg/100 g sveže snovi)	730	695,0
K (mg/100 g sveže snovi)	271,44	232,7
Na (mg/100 g sveže snovi)	5,868	39,2
Ca (mg/100 g sveže snovi)	79,34	30,5
Mg (mg/100 g sveže snovi)	38,82	20,5
Fe (mg/100 g sveže snovi)	6,38	2,0
P (mg/100 g sveže snovi)	85,26	49,0
Zn (mg/100 g sveže snovi)	0,484	0,7
Mn (mg/100 g sveže snovi)	-	0,1

5.1.2 Esencialne maščobne kisline v semenu žižole

Druga hipoteza se nanaša na vsebnost esencialnih maščobnih kislin v semenu žižole. S plinsko kromatografijo smo določili 1417,0 mg/100 g semen linolne kisline, 968,1 mg/100 g semen oleinske kisline, 193,6 mg/100 g semen palmitinske kisline, 81,0 mg/100 g semen stearinske kisline in 65,8 mg/100 g semen linolenske kisline. Največji delež maščobne kisline v semenu žižole zavzema linolna kislina (C18:2) s 52,0 %, sledi oleinska kislina (C18:1) s 35,5 %, palmitinska kislina (C16:0) s 7,1 %, stearinska kislina (C18:0) s 3,0 % in linolenska (C18:3) s 2,4 %. Esencialni maščobni kislini linolenska in linolna kislina sta prisotni. Linolna kislina predstavlja v semenu žižole nekaj več kot 50 % delež, linolenska pa le dober 2 % delež. Zhao in sod. (2006) so analizirali seme divje kitajske žižole *Ziziphus jujuba* Miller kultivar *spinosa*, kjer so koncentracije analiziranih maščobnih kislin sledile v naslednjem padajočem vrstnem redu: linolenska kislina (C18:3), palmitoleinska kislina (C16:1), lavrinska (C12:0), oleinska kislina (18:1), arahidonska kislina (C20:4), mistrinska kislina (C14:0), dokozanojska kislina (C22:0) in palmitinska kislina (C16:0).

5.2 SKLEPI

Na podlagi opravljenih analiz lahko povzamemo naslednje sklepe:

1. V svežem plodu žižole je:

- vsebnost vode 42,3 g/100 g,
- vsebnost pepela 0,974 g/100 g,
- vsebnost L-askorbinske kisline 48,4 mg/100 g, vsebnost dehidroaskorbinske kisline 22,7 mg/100 g, vsebnost skupnega vitamina C je 71,1 mg/100 g,
- vsebnost skupnih polifenolnih spojin 695,0 mg/100 g,
- vsebnost beljakovin 0,62 g/100 g,
- vsebnost netopne vlaknine 6,0, vsebnost topne vlaknine 3,8 g/100 g, vsebnost skupne vlaknine 9,7 g/100 g,
- vsebnost elementa K 232,7 mg/100 g, P 49,0 mg/100 g, Na 39,2 mg/100 g, Ca 30,5 mg/100 g, Mg 20,5 mg/100 g, Fe 2,0 mg/100 g,
- vsebnost titrabilnih organskih kislin izraženih kot jabolčna kislina 0,0048 g/100 g.

2. Vsebnost posameznih kislin in sladkorjev, določenih s HPLC in GC metodo, je podana na suho snov, zaradi primerjave rezultatov z literaturo, in sicer vsebuje izkoščičen plod žižole 36,5 g/100 g glukoze, 33,4 g/100 g fruktoze, 0,2 g/100 g saharoze, 75,1 mg/100 g arabinoze, 34,6 mg/100g sorbitola in 6,2 mg/100 g ramnoze. Mezokarp žižole vsebuje 814,0 mg/100 g citronske kisline, 788,0 mg/100 g jabolčne kisline, 66,6 mg/100 g galakturonske kisline in 13,1 mg/100 g kininske kisline. Lupina žižole vsebuje 1357,0 mg/100 g citronske kisline, 1260,0 mg/100 g jabolčne kisline, 88,6 mg/100 g galakturonske kisline in 18,7 mg/100 g kininske kisline.

3. Seme žižole vsebuje 2,5 g maščobe-olja na 100 g semen. V semenu žižole je največ linolne kisline, 1417,0 mg/100 g, nato oleinske, 968,1 mg/100 g, potem palmitinske, 193,6 mg/100 g, stearinske, 81,0 mg/100 g in na koncu linolenske kisline, 65,8 mg/100 g.

6 POVZETEK

Žižola (*Ziziphus jujuba* Mill.) je sadna rastlina, ki uspeva v tropskem in subtropskem pasu in spada v rod *Ziziphus* in družino *Rhamnaceae*. Izvira iz Kitajske, kjer jo predelujejo že 2500 let. Tam je tudi zelo pomembna iz gospodarskega in farmacevtskega vidika. Kitajska pridelava več kot 90 % svetovne proizvodnje žižol. Pri nas uspeva v strogem obmorskem pasu v obliki listopadnega drevesa z okusnimi plodovi. Plod žižole z velikostjo od 2 do 4 cm je rjave barve in sladko-kislega okusa. Kislost sadeža se z zrelostjo zmanjšuje. Drevo žižole zraste od 4 do 6 m. Žižola v primerjavi z ostalim sadjem vsebuje veliko vitamina C, prehranskih vlaknin, mineralov in polifenolnih snovi.

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti vsebnost prehranskih komponent v plodou in semenu žižole. Naš vzorec so predstavljali plodovi divje žižole, ki uspeva v hrvaški Istri. Primerjali smo vrednosti analiziranih komponent naše žižole s podatki iz literature kitajske žižole.

V izkoščičenih svežih žižolah smo določali vsebnost: vode oz. suhe snovi, pepela, skupnih fenolnih spojin, askorbinske kisline, dehidroaskorbinske kisline, sladkorjev, vlaknine, organskih kislin, elementov in beljakovin. V semenih, torej v koščicah žižole, smo določali vsebnost skupnih maščob in maščobnokislinsko sestavo semena.

Na podlagi kemijskih analiz smo v svežem plodu izkoščičene žižole ugotovili naslednje vsebnosti prehranskih komponent: 42,3 g/100 g vode, 0,974 g/100 g pepela, 48,4 mg/100 g L-askorbinske kisline, 22,7 mg/100 g dehidroaskorbinske kisline, 71,1 mg/100 g skupnega vitamina C, 695,0 mg/100 g skupnih polifenolnih spojin, 0,62 g/100 g beljakovin, 6,0 g/100 g netopne vlaknine, 3,8 g/100 g topne vlaknine, 9,7 g/100 g skupne vlaknine, 0,0048 g/100 g organskih kislin izraženih kot jabollčna kislina, 232,7 mg/100 g K, 49,0 mg/100 g P, 39,2 mg/100 g Na, 30,5 mg/100 g Ca, 20,5 mg/100 g Mg in 2,0 mg/100 g Fe.

Izkoščičen plod žižole vsebuje na suho snov: 36,5 g/100 g glukoze, 33,4 g/100 g fruktoze, 0,2 g/100 g saharoze, 75,1 mg/100 g arabinoze, 34,6 mg/100g sorbitola in 6,2 mg/100 g ramnoze. Mezokarp žižole vsebuje na suho snov: 814,0 mg/100 g citronske kisline, 788,0 mg/100 g jabolčne kisline, 66,6 mg/100 g galakturonske kisline in 13,1 mg/100 g kininske kisline. Lupina žižole vsebuje na suho snov: 1357,0 mg/100 g citronske kisline, 1260,0 mg/100 g jabolčne kisline, 88,6 mg/100 g galakturonske kisline in 18,7 mg/100 g kininske kisline.

Seme žižole vsebuje 2,5 g/100 g maščobe. Največji delež maščobne kisline v semenu žižole zavzema linolna kislina (C18:2) s 52,0 %, sledi oleinska kislina (C18:1) s 35,5 %, palmitinska kislina (C16:0) s 7,1 %, stearinska kislina (C18:0) s 3,0 % in linolenska (C18:3) s 2,4 %.

V vrtnarji Komunale Koper ugotavljajo, da se večja poudarek na izboru avtohtonih in starih sort, saj se te po dolgem času vračajo nazaj v mediteranske sadovnjake na slovenski obali. V to skopino zanimivih sadnih vrst so uvrstili žižolo, skorš, smokve, granatno jabolko, kaki, japonsko panešpljo in stare sorte jablan (Hrvatini, 2008).

7 VIRI

Abram V. 2000. Antioksidativno delovanje flavonoidov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 23-32

Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. Farmaceutski vestnik, 48: 573-589

AOAC Official Method 920.153. Ash of meat. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. Cunniff P. (ed.). 16th ed. Washington, AOAC International, Chapter 39: 4-4

AOAC Official Method 928.08. Nitrogen in meat Kjeldahl method. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. Cunniff P. (ed.). 16th ed. Washington, AOAC International, Chapter 39: 5-5

AOAC Official Method 950.46. Moisture in meat. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. Cunniff P. (ed.). 16th ed. Washington, AOAC International, Chapter 39: 1-2

AOAC Official Method 991.36. Fat (crude) in meat and meat product. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. Cunniff P. (ed.). 16th ed. Washington, AOAC International, Chapter 39: 1-2

Arndt K.S. 2001. The *Ziziphus* page. Nedlands, University of Western Australia. (julij 2001)

<http://chemsrv0.pph.univie.ac.at/ska/ziplant.htm> (maj 2008): 8 str.

Bi P., Kang Z.Y., Lai F.M., Lu X.Y. 1990. Study on the changes in vitamin C content of fruits of Chinese date cultivars. Shanxi Guoshu 4: 24-25

Boyer R.F. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 40-42

Cheers G. 2003. *Ziziphus*. V: Flora. The gardener's bible . Volume 2. Barnard L., Carter A., Cole L., Doggett D., Doig F., Edwards A., Healey J., Jacobson C., King E., Lumsden S., McNamara H., Misrachi J., Paratore J., Savage A., Simpson J., Stanton J., Taylor M.J., Wall M. (eds.). London, Cassell: 8-8

Connor A.M., Luby J.J., Hancock J.F., Berkheimer S., Hanson E.J. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 893-898

Cortese D. 2000. Žižula. Sadje-moč naravne hrane. Ljubljana, Kmečki glas: 142-145

Costain L. 2004. Zdrava prehrana. Tržič, Učila International založba d.o.o.: 128 str.

Cyong J.G., Hanabusa K. 1980. Cyclic adenosine monophosphate in fruits of *Ziziphus jujuba*. *Phytochemistry* 19: 2747-2748

Cyong J.G., Takahashi M. 1982. Identification of guanosine 3' 5' monophosphate in the fruit of *Ziziphus jujuba*. *Phytochemistry* 21: 1871-1874

Danthu P., Soloviev P., Totte A., Tine E., Ayessou N., Gaye A. 2002. Jujube trees in Senegal: a comparison between the organoleptic and physicochemical characteristics of the wild fruits and the introduced Gola variety. *Fruits*, 57, 3: 173-182

Dermastia M. 2006a. Sekundarni metaboliti. Zbornik projektov problemsko orientiranega učenja študentov prvega letnika študija Biologija 2005/2006. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 85 str.

Dermastia M. 2006b. Biologija rastlinske celice. Teze predavanj. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 81 str.

DeVilliers O.T., Meynhardt J.T., Debruyne J.A. 1974. The metabolism of sorbitol and sugars in Santa Rosa plums. *Agroplanta*, 6:51-54

Dharmananda S. 2001. Zizyphus. Oregon, Institute for Traditional Medicine.(maj 2001) <http://www.itmonline.org/arts/zizyphus.htm> (maj 2008): 9 str.

Galle T.K. 2000. Zdravilne rastline na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga, Založba d.d. Ljubljana: 312 str.

Golob T. 2003. Analiza kakovosti živil. Skripta iz predavanj pri predmetu analiza kakovosti živil v študijskem letu 2002/2003. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za vrednotenje živil: 106 str.

Gordon G., Joiner B.H. 2005. Omega-3; islandski čudež. Ljubljana, Ara založba: 26-28

Grlić L. 1980. Užitarne divje rastline. Ljubljana, Cankarjeva založba: 172-173

Hrvatini I. 2008. Marjetica. Časopis o urejanju in varovanju okolja Komunala Koper, 12: 1-6

Hudina M., Liu M., Veberic R., Stampar F., Colaric M. 2008. Phenolic compounds in the fruit of different varieties of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 83, 3:305-308

Jiang W., Sheng Q., Jiang Y., Zhou X. 2004. Effects of 1-methylcyclopropene and gibberellic acid on ripening of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* M) in relation to quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 31-35

Kader A.A., Li Y., Chordas A. 1982. Postharvest respiration, ethylene production, and compositional changes of Chinese jujube fruits. Hort Science, 17, 4: 678-679

Kodele M., Suwa S. M., Gliha M. 1997. Prehrana. Ljubljana, DZS: 270 str.

Kojić T. 2008. Hrana s potenco (Funkcionalna hrana). Viva: revija za zdravo življenje, 177: 64-68

Korošec L. 2000. Prosti radikali in vloga antioksidantov v bioloških sistemih. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-21

Korošec L. 2001. Živila pri ohranjanju zdravja. Vita: strokovna zdravstvenovzgojna revija, 58: 9-11

Košmerl T., Kač M. 2003. Osnovne kemijske analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 87 str.

Kregar I. 1996. Kromatografske metode. V: Biotehnologija, osnovna znanja. Raspor (ur.). Ljubljana, BIA d.o.o.: 609-632

Li J.W., Chen Y.Y., Ding S.D., Zhang F.L. 2007b. Isolation and analysis of a novel proteoglycan from *Ziziphus jujuba* cv. *Jinsixiaozao*. Journal of Food and Drugs Analysis, 15, 3: 271-277

Li J.W., Ding S.D., Ding X.L. 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts

from five cultivars of Chinese jujube. *Process Biochemistry*, 40: 3607-3613

Li J.W., Fan L.P., Ding S.D., Ding X.L. 2007a. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chemistry*, 103: 454-460

Liu M. 2006. Chinese jujube: botany and horticulture. *Horticultural Reviews*, 32: 229-298

Liu M.J. 2004. Handbook of high quality production of Chinese jujube. Beijing, The Agricultural Publishing House of China: 323 str.

Liu M.J., Cheng C.Y. 1995. A taxonomic study on the genus *Ziziphus*. *Acta Horticulturae*, 390: 161-165

Lobb K., Chow D.K. 1992. Fatty acid classification and nomenclature. V: Fatty acids in foods and their health implications. Chow C.K. (ed.). New York, Marcel Dekker: 1-15

Ločniškar F. 1999. Katalog znanj. Splošna živinoreja, biološke osnove, genetika. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko (december 2005)
(http://www.bfro.uni-lj.si/zoo/publikacije/katalogznanj/frame_c.htm) (december 2008): 1 str.

Medić Š.M., Buhač I., Bradamante V. 2002. Vitamini in minerali. Hoffman-La Roche, Ltd., podružnica Ljubljana: 342 str.

Morvai M., Molnar P.I., Knaus Z.D. 1991. Simultaneous gas-liquid chromatographic determination of sugars and organic acids as trimethylsilyl derivatives in vegetables and strawberries. *Journal of Chromatography*, 552: 337-344

Mrzlič D. 2007. Žižola ali čičimak (*Ziziphus jujuba* Miller). SAD: revija za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo, 4, 18: 5-6

Park W.P., Goins E.R. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acids composition in foods. *Journal of Food science*, 59, 6: 1262-1266

Paš M. 2001. Minerali v funkcionalnem prehranjevanju. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi '01, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 67-78

Pečar S. 2001. Antioksidanti. V: Prehranska dopolnila-zdravila ali hrana. Podiplomsko

strokovno izobraževanje. Mlinarič A., Kristl J.(ur.). Ljubljana, Fakulteta za farmacijo: 97-104

Perkavac J., Perpar M. 1969. Kromatografija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo: 118-167

Plestenjak A., Golob T. 2000. Analiza kakovosti živil. 2.izd. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 102 str.

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

Prosky L., Asp N.G., Scheweizer T.F., DeVries J.W., Furda I., Lee S.G. 1994. Determination of soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. Journal of AOAC International , 77, 3: 690-694

Raspor P., Rogelj I. 2001. Funkcionalna hrana-definicije. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi '01, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 25-36

Salobir K. 2001. Zapiski iz predavanj predmeta Osnove prehrane. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo

Schlieper C., Gregori E., Lindner G. 1997. Pravilna prehrana-hranoslovje. Celovec, Ljubljana, Dunaj, Mohorjeva založba: 124 str.

Schonfelder I. P. 2006. Zdravilne rastline-vodnik. Kranj, Narava: 446 str.

Singleton V.L. , Orthofer R.M., Ramuela-Raventios R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299:152-178

Skvarča M. 2004. Kakovost ocvrtega izdelka. Zapiski s predavanj pri predmetu Prehranski inženiring v študijskem letu 2004/2005. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Southgate D.A.T. 1977. Determination of food carbohydrates. London, Applied Science Publishers Ltd: 19-19

Stanojević S. M. 1999. Tehnologija sadja, vrtnin in pijač. Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za šolstvo: 17-20

Ursell A. 2003. Vitamini in minerali. Tržič, Učila International : 128 str.

USDA. 2008. USDA-United States Department of Agriculture, Nutrient Data Laboratory http://fnic.nal.usda.gov/nal_display/index.php?tax_level=1&info_center=4&tax_subject=2 (december 2008): 6 str.

Verbeke W. 2005. Consumer acceptance of functional foods: socio-demographic, cognitive and attitudinal determinants. *Food Quality and Preference*, 16: 45-57

Vidrih R. 2003. Zapiski s predavanj pri predmetu Tehnologija sadja in zelenjave. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo

Vidrih R., Poklar U.N., Prgomet Ž., Zlatić E., Hribar J. 2008. The nutritional and physico chemical properties of ripe (*Ziziphus jujuba*) fruits grown in Istria. Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology: 1-5

Wang X.H., Cui M.J., Liu M.J., Du G.S. 2002. Analysis of nutritional composition of different Chinese jujube. *Acta Nutrimenta Sinica*: 23, 2: 206-208

Welch C.W. 2002. Jujube, Chinese date, *Ziziphus jujuba*. Texas, The Texas University <http://aggiehorticulture.tamu.edu/extension/newsletters/hortupdate/oct02/art1oct.html> (maj 2008):2 str.

Wikimedia commons. 2006. *Ziziphus ziziphus*. Botanical illustrations (november 2008) http://commons.wikimedia.org/wiki/Adolphus_Ypey (december 2008):1str.

Yan Y.H., Gao Z.P. 2002. Industrialization of Chinese jujube. *Journal of Northwest Science and Technology*: 30, 12: 95-98

Zhao J., Li S.P., Yang F.Q., Li P., Wang Y.T. 2006. Simultaneous determination of saponins and fatty acids in *Ziziphus jujuba* (*Suanzaoren*) by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection and pressurized liquid extraction. *Journal of Chromatography A*, 1108: 188-194

Zittlau J., Kriegisch N. 2001. Zdrava prehrana. 2.izd. Ljubljana, Prešernova družba: 28 -29

Žorž M. 1991. HPLC. Ljubljana, samozaložba: 151 str.

ZAHVALA

Hvala mentorju doc. dr. Rajku Vidrihu, somentorici prof. dr. Nataši Poklar Ulrich in recenzentki prof. dr. Tereziji Golob za strokovno pregledovanje diplomske naloge in za koristne nasvete pri izdelavi diplomskega dela. Hvala Sonji Čerpič za pomoč pri praktičnem delu v laboratoriju in prijazne nasvete in pogovore.

Hvala Ivici Hočevnar, Lini Burkav in Barbari Slemenik pri iskanju literature in pri natančnem pregledovanju virov.

Najlepša hvala moji družini, ki me je ves čas študija podpirala in mi stala ob strani, še posebej moja mama.

Hvala vsem!

PRILOGE

Priloga A: Eksperimentalni podatki za izračun vsebnosti vode (%), suhe snovi (%), pepela (%) in beljakovin (%) v izkoščičeni žižoli ter maščob (%) v semenu žižole

	voda, suha snov (%)	pepel (%)	beljakovine (%)	maščobe v semenu (%)
Paralelka	m vzorca (voda, suha snov) (g)	m vzorca (pepel) (g)	m vzorca (beljakovine) (mg)	masa bučke (g)
1	8,156	3,167	1038,4	105,85
2	9,343	3,033	1036,7	108,13
3	6,639	3,085	1037,2 (filtrirni papir)	-
Paralelka	m tehtiča (g)	m tehtiča (g)	Poraba 0,1 M HCl (mL)- titrino	masa vzorca (g)
1	41,178	27,415	0,66	5,056
2	44,241	27,388	0,93	5,068
3	44,308	21,070	0,408	-
Paralelka	m tehtiča + posušen vzorec (g)	m tehtiča in pepela (g)	Poraba 0,1 M HCl (mL)-formula	masa bučke in maščobe (g)
1	45,570	27,446	0,600	105,969
2	50,036	27,417	0,874	108,268
3	48,11	21,100	0,348	-
Paralelka	teža sušine (g)	m pepela (g)	poraba 0,1 M HCl-slepa (mL)	% maščobe
1	4,392	0,031	0,059	2,266
2	5,795	0,029	0,055	2,696
3	3,810	0,030	0,059	-
Paralelka	% ss (suhe snovi)	% pepela	% dušika - titrino	-
1	53,85	0,982	0,081	-
2	62,02	0,965	0,118	-
3	57,39	0,975	0,047	-
Paralelka	% vode	/	% beljakovin-titrino	-
1	46,14		0,506	-
2	37,97		0,738	-
3	42,60		0,294	-

Priloga B: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti L-askorbinske kisline

a	b	c	d	e	f	g	h	I
Z1s	10,07	20,93	31	86,4173	40,628	3,778	37,522	16,386
Z2s	10,07	20,11	30,18	186,613	87,735	7,943	78,883	20,462
Z3s	10,08	20,09	30,17	161,516	75,936	6,872	68,184	25,092
Z1a	10,07	20,93	31	48,677	22,885	2,128	21,135	
Z2a	10,07	20,11	30,18	138,205	64,976	5,882	58,420	
Z3a	10,08	20,09	30,17	102,076	47,990	4,343	43,091	
Z1a	10,07	20,93	31	56,21	*28,01	0,868	8,623	
Z2a	10,07	20,11	30,18	348,18	*173,508	5,236	52,000	
Z3a	10,08	20,09	30,17	268,34	*133,72	4,034	40,023	

Legenda:

a...vzorec

b... masa vzorca (g)

c... masa vode (ortofosforne kisline) (g)

d... vsota mase vode in mase vzorca (g)

e...površina pikov

f...enačba iz umeritvene krivulje $y = 2,127x$ (mg/L) in $* y = 2,0067x$ (mg/L)

g... vsebnost vitamina C na našo maso vzorca + ortofosforna kislina (mg)

h... vsebnost vitamina C (mg/100 g)

i... vsebnost dehidroaskorbinske kisline (mg/100 g)

Z1a, Z2a, Z3a...paralelke za določanje askorbinske kisline

Z1s, Z2s, Z3s...paralelke za določanje skupne askorbinske kisline

Priloga C: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti polifenolnih snovi in vsebnosti titrabilnih organskih kislin

	Organske kisline (titracija)	Polifenolnih snovi
Paralelka	poraba NaOH (mL)	absorbanca
1	0,68	0,14
2	0,69	0,132
3	0,79	0,14
Paralelka	faktor korelacije	masa vzorca (g)
1	1	5,0
2	1	5,0
3	1	5,0
Paralelka	razredčitev	masa vode (g)
1	10	20,30
2	10	20,30
3	10	20,30
Paralelka	gramekvivalent	izračun po formuli $y = 0,001x$ (mg/L)
1	67,05	140
2	67,05	132
3	67,05	140
Paralelka	G kisline/1000 g	masa vzorca + masa vode (g)
1	0,04613	25,30
2	0,04680	25,30
3	0,05296	25,30
Paralelka	G kisline/100 g	vsebnost fenol. spojin na našo maso vzorca (mg)
1	0,004613	35,423
2	0,004680	33,399
3	0,005296	35,423
Paralelka	-	vsebnost fenolnih spojin (mg/100 g)
1	-	708,39
2	-	667,91
3	-	708,39

Priloga D: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti vlaknine

Vlaknina										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i
netopna	1.	31,9612	32,0392	0,078	-	1,138	0,671	7,527	0,00587	0,0624
	2.	32,0083	32,087	0,0787	-	0,942	0,475	5,281	0,00416	0,0631
	3.	31,7944	31,8677	0,0733	-	1,022	0,555	6,625	0,00486	0,0577
	4.	33,8928	33,9635	0,0707	0,0108	-	-	-	-	0,0551
	5.	35,4142	35,4886	0,0744	0,0114	-	-	-	-	0,0588
	6.	32,077	32,1534	0,0764	0,0096	-	-	-	-	0,0608
topna	7.	35,1554	35,196	0,0406	-	-	-	-	-	0,0406
	8.	36,031	36,076	0,045	-	-	-	-	-	0,045
	9.	31,3537	31,3937	0,04	-	-	-	-	-	0,04
	10.	31,6251	31,661	0,0359	-	-	-	-	-	0,0359
	11.	31,7652	31,7982	0,033	-	-	-	-	-	0,033
	12.	32,0264	32,0657	0,0393	-	-	-	-	-	0,0393

Legenda:

a...masa guča s filtrirnim papirjem (g)

b... masa guča s filtrirnim papirjem in vlaknino (g)

c... masa vlaknine (beljakovine + pepel) (g)

d... masa pepela (g)

e...poraba HCl (mL)

f...poraba HCl ob upoštevanju slepega volumna in filtrirnega papirja (mL)

g... vsebnost beljakovin (%)

h...masa beljakovin (g)

i...masa vlaknine (g)

Priloga E: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti sladkorjev s HPLC metodo

Vzorec	z1 TCEP	z2 TCEP	z3 TCEP	z1	z2	z3
masa vzorca (g)	10,07	10,07	10,08	10,07	10,07	10,08
masa vode (ortofosforna kislina) (g)	20,93	20,11	20,09	20,93	20,11	20,09
masa vode +m vzorca (mg)	31000	30180	30170	31000	30180	30170
površina pikov	257,016	244,939	267,748	202,981	216,897	228,891
formula umeritvena $y = 10,174x$ (mg/L)	25,26	24,07	26,31	19,95	21,31	22,49
vseb glukoze na našo m vzorca+ ortof.kislina (mg)	2349,37	2179,75	2381,94	1855,43	1930,2	2036,26
vsebnost glukoze (mg/100 g)	23330,38	21645,98	23630,37	18425,41	19167,82	20201,01
Vzorec	z1 TCEP	z2 TCEP	z3 TCEP	z1	z2	z3
masa vzorca (g)	10,07	10,07	10,08	10,07	10,07	10,08
masa vode(ortofosforna kislina) (g)	20,93	20,11	20,09	20,93	20,11	20,09
masa vode +masa vzorca (mg)	31000	30180	30170	31000	30180	30170
površina pikov	216,032	206,173	214,986	204,048	221,973	216,885
formula umeritvena $y = 10,034x$ (mg/L)	21,53	20,54	21,42	20,33	22,12	21,61
vsebnost fruktoze na našo m vzorca+ ortof. kislina (mg)	2002,29	1860,365	1939,245	1891,216	2002,934	1956,374
vsebnost fruktoze (mg/100 g)	19883,71	18474,33	19238,54	18780,7	19890,1	19408,48
Vzorec	z1	z2	z3	-	-	-
masa vzorca (g)	10,07	10,07	10,08	-	-	-
masa vode (ortofosforna kislina) (g)	20,93	20,11	20,09	-	-	-
masa vode +masa vzorca (mg)	31000	30180	30170	-	-	-
površina pikov	1,90353	1,75411	1,7156	-	-	-
formula umeritvena $y = 12,961x$ (mg/L)	0,14	0,13	0,13	-	-	-
vsebnost saharoze na našo m vzorca+ ortofosforna kislina (mg)	13,65	12,25	11,98	-	-	-
vsebnost saharoze (mg/100 g)	135,63	121,68	118,85	-	-	-

Legenda:

z1TCEP, z2TCEP, z3TCEP so oznake vzorcev, ki so imeli dodan TCEP reagent, ki pa ni motil analiz sladkorjev in z1,z2,z3 so vzorci brez TCEP reagenta.

Priloga F: Eksperimentalni podatki za določanje vsebnosti maščobnih kislin v semenu žižole

A						
Paralelka	1	2	3	4	vsota koncentracij	-
masa vzorca (g)	0,1111	0,1093	0,1211	0,1069	-	-
masa IS-dodana v vzorce kot raztopina s topilom (C17:0) (g)	0,061	0,0717	0,0742	0,0723	-	-
masa zatehte IS (C17:0) (g)	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	-	-
masa mešanice topila (g)	4,219	4,219	4,219	4,219	-	-
vsota mas zatehte IS in mešanice topila (g)	4,2619	4,2619	4,2619	4,2619	-	-
masa IS (mIS) (C17:0)-končna (mg)	0,602	0,708	0,732	0,714	-	-
površina C16:0 (Ai)	8,597	6,887	4,639	6,104	-	-
površina C17:0 (Ai)	25,626	15,347	18,202	27,237	-	-
površina C18:0 (Ai)	4,017	2,845	1,856	2,293	-	-
površina C18:1 (Ai)	54,849	22,951	26,847	34,311	-	-
površina C18:2 (Ai)	73,749	37,207	38,167	51,228	-	-
površina C18:3 (Ai)	4,215	1,284	1,961	2,211	-	-
vsebnost C16:0 maščobne kisline (mg/100 g)	181,475	290,028	153,850	149,331	774,686	-
vsebnost C18:0 maščobne kisline (mg/100 g)	85,224	120,416	61,865	56,381	323,887	-
vsebnost C18:1 maščobne kisline (mg/100 g)	1163,30	971,11	894,598	843,385	3872,403	-
vsebnost C18:2 maščobne kisline (mg/100 g)	1563,67	1573,81	1271,403	1258,819	5667,714	-
vsebnost C18:3 maščobne kisline (mg/100 g)	89,331	54,289	65,296	54,307	263,225	-

Priloga G: Nadaljevanje eksperimentalnih podatkov za določanje maščobnih kislin v semenu žižole

B						
maščobne kisline (mk)	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	vsota vseh povprečij mk
povprečna vrednost maščobne kisline (mg/100g)	193,671	80,971	968,100	1416,92	65,80	-
stand deviacija	65,790	29,118	140,323	175,427	16,518	-
KV(%)	33,970	35,961	14,494	12,380	25,10	
-	-	-	-	-	-	2725,479272
delež maščobne kisline (%)	7,105	2,970	35,520	51,98	2,41	-
koeficienti posamezne maščobne kisline (FAi)	0,9482	0,9507	0,953	0,9527	0,9524	-

Opomba: Tabela je razdeljena na dva dela A in B, zaradi večje preglednosti.