

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tina SMOLIČ

**VSEBNOST PREHRANSKE VLAKNINE V ŽIVILIH  
RASTLINSKEGA IZVORA**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**DIETARY FIBRE CONTENT IN FOODS OF PLANT ORIGIN**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo mesa in vrednotenje živil Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Za mentorico diplomskega dela je imenovana doc. dr. Jasna Bertonec in za recenzenta prof. dr. Rajko Vidrih.

Mentorica: doc. dr. Jasna Bertonec

Recenzent: prof. dr. Rajko Vidrih

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Tina SMOLIČ

**KJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

- ŠD** Dn
- DK** UDK 641.1 + 613.26: 543.635.2 (043) = 163.6
- KG** živila rastlinskega izvora/ zelenjava/ kruh/ sadje/ prehranska vlaknina/ topna prehranska vlaknina/ netopna prehranska vlaknina/ določanje vsebnosti prehranske vlaknine/ energijska vrednost prehranske vlaknine/ analize metode
- AV** SMOLIČ, Tina
- SA** BERTONCELJ, Jasna (mentorica)/ VIDRIH, Rajko (recenzent)
- KZ** SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA** Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
- LI** 2013
- IN** VSEBNOST PREHRANSKE VLAKNINE V ŽIVILIH RASTLINSKEGA IZVORA
- TD** Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP** IX, 57 str., 20 pregl., 11 sl, 49 vir.
- IJ** Sl
- JI** sl/en
- AI** Namen diplomskega dela je bil vpeljati metode AOAC 991.43 za določanje topne in netopne frakcije prehranske vlaknine v različnih skupinah živil rastlinskega izvora (zelenjavi, kruhu in sadju) in izračun vsebnosti skupne prehranske vlaknine. Dobljene rezultate smo primerjali s podatki tujih baz. Analize so pokazale, da imajo različna živila različno vsebnost prehranske vlaknine. Zelenjavo smo razdelili v skupine in primerjali vsebnost prehranske vlaknine med posameznimi skupinami. Ugotavljali smo, kako toplotna obdelava zelenjave vpliva na vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine. Največ skupne prehranske vlaknine je vseboval vzorec fižola (33,41 g/100 g), najmanj pa kumare (0,60 g/100 g). Glede na skupino zelenjave, največ prehranske vlaknine vsebujejo stročnice, najmanj pa bučnice. Toplotna obdelava zelenjave vpliva na vsebnost prehranske vlaknine. Pri večini toplotno obdelanih vzorcev se je vsebnost topne prehranske vlaknine po obdelavi povečala, vsebnost netopne vlaknine pa zmanjšala. Vsebnost skupne prehranske vlaknine se je po toplotni obdelavi pri nekaterih vrstah zelenjave zmanjšala, pri nekaterih pa povečala. Vsebnost skupne prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih kruha se je gibala od 1,22 g/100 g do 9,61 g/100 g. Največ prehranske vlaknine je vseboval polnozrnat prepečenec, sledi mu ržen mešan kruh. Najmanj prehranske vlaknine je vseboval bel kruh. Od analiziranih vzorcev sadja vsebujejo največ topne prehranske vlaknine breskve (0,63 g/100 g). Pri primerjavi rezultatov analiz vsebnosti prehranske vlaknine s podatki tujih baz smo ugotovili, da so naši rezultati vsebnosti topne, netopne in skupne prehranske vlaknine slabo primerljivi s tujimi bazami podatkov.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

- DN** Dn
- DC** UDC 641.1 + 613.26: 543.635.2 (043) = 163.6
- CX** foods of plant origin/ vegetables/ bread/ fruits/ dietary fibre/ soluble dietary fibre/ insoluble dietary fibre/ determination of dietary fibre content/ energy value of dietary fibre/ analytical methods
- AU** SMOLIČ, Tina
- AA** BERTONCELJ, Jasna (supervisor)/ VIDRIH, Rajko (reviewer)
- PP** SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB** University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Food Science and Technology
- PY** 2013
- TI** DIETARY FIBRE CONTENT IN FOODS OF PLANT ORIGIN
- DT** Graduation Thesis (University studies)
- NO** IX, 57 p., 20 tab., 11 fig., 49 ref.
- LA** sl
- AL** sl/en
- AB** The aim of the thesis was the implementation of AOAC method 991.43 for the determination of soluble and insoluble dietary fibre fractions in foods of plant origin (vegetables, bread and fruits) and a calculation of the total dietary fibre. The results were compared with the data from food composition databases. Analyses showed that different foods have different dietary fibre content. Vegetables were divided into groups and the dietary fibre content was compared among separate groups. The influence of heat treatment on dietary fibre content was also observed. The highest total dietary fibre content was determined in beans (33.41 g/100 g) and the lowest in cucumbers (0.60 g/100 g). Regarding the group of vegetables, legumes had the highest content of the dietary fibre, and cucurbits the lowest. Thermal processing of vegetables affects the dietary fibre content. For most heat-treated samples, the soluble dietary fibre content increased after the treatment, while the content of the insoluble fibre decreased. The content of total dietary fibre after the heat treatment decreased for some types of vegetables and increased for others. The content of the total dietary fibre in bread samples ranged from 1.22 g/100 g to 9.61 g/100 g. The highest content of dietary fibre was found in wholegrain rusk, followed by the mixed rye bread. White bread contained the lowest content of the dietary fibre. Among all fruit samples, the highest content of soluble fiber had peaches (0.63 g/100 g). When comparing the obtained results with other data, we can conclude that our results of soluble, insoluble and total dietary fibre are poorly comparable with foreign food composition databases.

**KAZALO VSEBINE**

<b>KJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK</b>	<b>VIII</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI</b>	<b>IX</b>
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 DELOVNE HIPOTEZE	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>2</b>
2.1 DEFINICIJA PREHRANSKE VLAKNINE	2
2.2 DELITEV PREHRANSKE VLAKNINE	3
<b>2.2.1 Topna in netopna prehranska vlaknina</b>	<b>3</b>
<b>2.2.2 Fermentabilna in nefermentabilna prehranska vlaknina</b>	<b>4</b>
<b>2.2.3 Viskozna in neviskozna prehranska vlaknina</b>	<b>4</b>
2.3 KOMPONENTE PREHRANSKE VLAKNINE IN NJIHOVA FUNKCIONALNOST	4
<b>2.3.1 Pomembnejše komponente prehranske vlaknine</b>	<b>4</b>
<b>2.3.2 Funkcionalne lastnosti prehranske vlaknine</b>	<b>8</b>
2.4 FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE	9
<b>2.4.1 Sposobnost za vezanje vode</b>	<b>9</b>
<b>2.4.2 Sposobnost izmenjave kationov</b>	<b>9</b>
<b>2.4.3 Adsorpcija organskih molekul</b>	<b>10</b>
<b>2.4.4 Velikost delcev</b>	<b>10</b>
<b>2.4.5 Fermentabilnost</b>	<b>10</b>
<b>2.4.6 Viskozna in želirna sposobnost</b>	<b>11</b>
2.5 VIRI PREHRANSKE VLAKNINE	11
2.6 METODE DOLOČANJA PREHRANSKE VLAKNINE	12
2.7 FIZIOLOŠKI UČINKI VLAKNINE	14
<b>2.7.1 Ugodni fiziološki učinki uživanja vlaknine</b>	<b>15</b>
<b>2.7.2 Neugodni fiziološki učinki uživanja vlaknine</b>	<b>16</b>
<b>2.7.3 Vpliv prehranske vlaknine na zdravje</b>	<b>16</b>
2.8 VPLIV PREDELAVE NA PREHRANSKO VLAKNINO	19
2.9 PRIPOROČILA ZA UŽIVANJE PREHRANSKE VLAKNINE	19
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>21</b>
3.1 NAČRT DELA	21
3.2 MATERIAL	21
3.3 METODE	22
<b>3.3.1 Priprava zračno suhega vzorca in določanje zračne sušine (Plestenjak in Golob, 2003)</b>	<b>22</b>
<b>3.3.2 Določanje vsebnosti vode v zračni sušini (Plestenjak in Golob, 2003)</b>	<b>23</b>
<b>3.3.3 Določanje vsebnosti prehranske vlaknine z metodo AOAC 991.43 (AOAC Official Method 991.43..., 1995)</b>	<b>23</b>
<b>3.3.4 Določanje vsebnosti pepela v ostanku prehranske vlaknine (Plestenjak in Golob, 2003)</b>	<b>27</b>

<b>3.3.5</b>	<b>Določanje vsebnosti beljakovin v ostanku prehranske vlaknine (Kjeldahlova metoda) (Plestenjak in Golob, 2003)</b>	<b>27</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Izračun energijske vrednosti in energijskega deleža prehranske vlaknine (Plestenjak in Golob, 2003)</b>	<b>29</b>
3.4	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	30
<b>3.4.1</b>	<b>Univariatna analiza</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI Z RAZPRAVO</b>	<b>32</b>
4.1	REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE V ZELENJAVI	32
<b>4.1.1</b>	<b>Vpliv toplotne obdelave na vsebnost prehranske vlaknine</b>	<b>34</b>
4.2	REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE V KRUHU	37
4.3	REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE V SADJU	38
4.4	REZULTATI ENERGIJSKE VREDNOSTI	39
4.5	REZULTATI STATISTIČNE OBDELAVE	43
<b>4.5.1</b>	<b>Korelacije med analiziranimi parametri (Pearsonov korelacijski koeficient)</b>	<b>46</b>
4.6	PRIMERJAVA NAŠIH REZULTATOV S PODATKI TUJIH BAZ	47
<b>5</b>	<b>SKLEPI</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>54</b>
<b>ZAHVALA</b>		

**KAZALO PREGLEDNIC**

<b>Preglednica 1:</b> Naravni viri komponent prehranske vlaknine (Gray, 2006)	11
<b>Preglednica 2:</b> Analizirani vzorci zelenjave	21
<b>Preglednica 3:</b> Analizirani vzorci kruha	22
<b>Preglednica 4:</b> Analizirani vzorci sadja	22
<b>Preglednica 5:</b> Vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah zelenjave	32
<b>Preglednica 6:</b> Sprememba vsebnosti prehranske vlaknine po toplotni obdelavi	36
<b>Preglednica 7:</b> Vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah kruha	37
<b>Preglednica 8:</b> Vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah sadja	38
<b>Preglednica 9:</b> Energijska vrednost in energijski delež prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih zelenjave	39
<b>Preglednica 10:</b> Energijska vrednost in energijski delež prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih sadja	41
<b>Preglednica 11:</b> Energijska vrednost in energijski delež prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih kruha	42
<b>Preglednica 12:</b> Vsebnost topne prehranske vlaknine (g/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri	43
<b>Preglednica 13:</b> Vsebnost netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri	44
<b>Preglednica 14:</b> Vsebnost skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri	44
<b>Preglednica 15:</b> Energijska vrednost prehranske vlaknine (kJ/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri	45
<b>Preglednica 16:</b> Energijski delež prehranske vlaknine (%) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri	46
<b>Preglednica 17:</b> Zveze med analiziranimi parametri za vzorce zelenjave, sadja in kruha	46
<b>Preglednica 18:</b> Primerjava naših rezultatov (SLO) vsebnosti prehranske vlaknine v zelenjavi s tujimi bazami podatkov	48
<b>Preglednica 19:</b> Primerjava naših rezultatov (SLO) vsebnosti prehranske vlaknine v sadju s tujimi bazami podatkov	49
<b>Preglednica 20:</b> Primerjava naših rezultatov (SLO) vsebnosti prehranske vlaknine v kruhu s tujimi bazami podatkov	50

**KAZALO SLIK**

<b>Slika 1:</b> Shema medsebojnega prekrivanja metod za določanje vsebnosti prehranske vlaknine (Westenbrink in sod., 2012). -----	13
<b>Slika 2:</b> Vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah zelenjave ---	33
<b>Slika 3:</b> Primerjava vsebnosti topne prehranske vlaknine v surovih in toplotno obdelanih vzorcih zelenjave -----	34
<b>Slika 4:</b> Primerjava vsebnosti netopne prehranske vlaknine v surovih in toplotno obdelanih vzorcih zelenjave -----	35
<b>Slika 5:</b> Primerjava vsebnosti skupne prehranske vlaknine v surovih in toplotno obdelanih vzorcih zelenjave -----	36
<b>Slika 6:</b> Vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah kruha-----	37
<b>Slika 7:</b> Vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vzorcih sadja -----	38
<b>Slika 8:</b> Primerjava skupne energijske vrednosti in energijske vrednosti prehranske vlaknine (kJ/100 g) v analiziranih vzorcih zelenjave -----	40
<b>Slika 9:</b> Primerjava skupne energijske vrednosti in energijske vrednosti prehranske vlaknine (kJ/100 g) v analiziranih vzorcih sadja -----	41
<b>Slika 10:</b> Primerjava skupne energijske vrednosti in energijske vrednosti prehranske vlaknine (kJ/100 g) v analiziranih vzorcih kruha-----	42
<b>Slika 11:</b> Korelacija med vsebnostjo topne in netopne prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih zelenjave, sadja in kruha -----	47



## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<b>% N</b>	% dušika
<b>AOAC</b>	Association of Official Analytical Chemists
<b>ED</b>	energijski delež
<b>EtOH</b>	etanol
<b>EV</b>	energijska vrednost
<b>MES</b>	2 - (N-morfolino) etansulfonska kislina
<b>NPV</b>	netopna prehranska vlaknina
<b>PV</b>	prehranska vlaknina
<b>RS1</b>	rezistentni škrob 1 (fizično nedostopen škrob)
<b>RS2</b>	rezistentni škrob 2 (naravna škrobna zrna)
<b>RS3</b>	rezistentni škrob 3 (retrogradiran škrob)
<b>RS4</b>	rezistentni škrob 4 (kemijsko modificiran škrob)
<b>SPV</b>	skupna prehranska vlaknina
<b>SS</b>	suha snov
<b>TPV</b>	topna prehranska vlaknina
<b>TRIS</b>	tris (hidroksimetil) metilamin
<b>ZS</b>	zračna sušina

## 1 UVOD

Pomen zdrave prehrane je v današnjem času vedno večji, saj zdrava prehrana zagotavlja organizmu vse snovi, ki jih potrebuje za pravilen razvoj, rast in obnovo.

Prehranska vlaknina je pomembna sestavina vsakodnevne prehrane ljudi zaradi svojih fizikalno-kemijskih lastnosti in fizioloških učinkov. Nahaja se le v živilih rastlinskega izvora: sadju, zelenjavi, oreščkih, žitaricah in izdelkih iz njih.

Prehranska vlaknina so ogljikovi hidrati, ki jih telo ne more popolnoma prebaviti in ima pozitivne učinke za naše zdravje, saj uravnava delovanje črevesja, znižuje nevarni holesterol, preprečuje pojav raka na črevesju in srčno-žilnih boleznih ter upočasnjuje sproščanje ogljikovih hidratov v kri, kar je zelo pomembno pri zmanjševanju občutka lakote. Tako vlaknina v prehrani omogoča, da se počutimo bolj siti, medtem ko zaužijemo manj kalorij. Zaradi vseh teh specifičnih učinkov prehransko vlaknino uvrščamo med funkcionalne sestavine živil.

Ker ima prehranska vlaknina velik pomen v prehrani in ugodno vpliva na zdravje, je dobro vedeti, koliko le-te posamezno živilo vsebuje. Za določanje vsebnosti prehranske vlaknine je na voljo več metod. Glede na obnašanje vlaknine med prebavo, so najprimernejše encimske metode, kjer beljakovine in škrob razmaščenega vzorca razgradimo z ustreznimi encimi. Tako pridobljeni rezultati so bolj realni v primerjavi s klasičnimi metodami, pri katerih poteka hidroliza organskih snovi v kislem in bazičnem mediju.

Namen diplomskega dela je bil vpeljava metode AOAC 991.43 za določanje topne in netopne frakcije prehranske vlaknine v različnih skupinah živil rastlinskega izvora (zelenjavi, kruhu in sadju) in izračun skupne prehranske vlaknine.

### 1.1 DELOVNE HIPOTEZE

Pred začetkom raziskave smo postavili naslednje hipoteze:

- da bo vpeljana metoda omogočila določanje vsebnosti topne in netopne frakcije prehranske vlaknine,
- da bodo vsebnosti topne, netopne in skupne prehranske vlaknine v različnih živilih različne,
- da bo vsebnost prehranske vlaknine med surovo in toplotno obdelano zelenjavo različna,
- da bodo rezultati naših analiz primerljivi s podatki tujih baz o sestavi živil.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 DEFINICIJA PREHRANSKE VLAKNINE

Prehranska vlaknina je dobila ime po celulozi, ki ima zaradi strukture in velikosti »vlaknast«  
izgled. Polisaharidi imajo lahko od 100 do več tisoč monosaharidnih enot, oligosaharidi pa  
od 3 do 20 monosaharidnih enot. Vendar oligosaharidi kažejo podobne fiziološke lastnosti  
kot prehranska vlaknina, zato so bile nekatere frakcije oligosaharidov obravnavane kot  
prehranska vlaknina, preden so predlagali njihovo priključitev prehranski vlaknini (Lee in  
Prosky, 1994).

Že pred več kot 2000 leti so poznali prehransko vlaknino kot otrobe, krmo in seno. Izraz  
prehranska vlaknina se je prvič pojavil leta 1953, ko je Hipsley opisal prehransko vlaknino  
kot del rastlinske celične stene (Gray, 2006). Prvi je prehransko vlaknino definirala Trowell  
leta 1972, kot del hrane, ki izhaja iz rastlinskih celičnih sten in jo ljudje slabo prebavljamo.  
Leta 1976 pa je s sodelavci označil prehransko vlaknino kot vsoto rastlinskih polisaharidov  
in lignina, ki niso prebavljivi z endogenimi izločki prebavitelj (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Danes obstaja veliko različnih definicij prehranske vlaknine, saj je na kratko težko opisati  
skupino snovi z raznoliko kemijsko zgradbo in različnimi učinki na prebavo. Po prvotnih  
kemijskih analizah so prehransko vlaknino, kot jo imenujemo danes, uvrstili v skupino  
surovih vlaknin in naj bi predstavljala tisti del živalske krme, ki se ne more prebaviti.  
Vlaknini pravimo tudi strukturni ogljikovi hidrati, saj je večina vlaknine v celični steni  
rastlin. Vsebnost in vrsta vlaknine je odvisna od vrste rastlin in pogojev rasti. Tudi v  
posameznih delih rastline se vsebnost in vrsta vlaknine lahko razlikuje (Salobir J. in Salobir  
B., 2001).

Najbolj splošno sprejeta definicija pravi: Prehranska vlaknina so oligosaharidi, polisaharidi  
in njihovi derivati, ki se ne morejo prebaviti s človekovimi prebavnimi encimi, tako da bi se  
komponente vsrkale v zgornjem delu prebavnega trakta, to vključuje tudi lignin (Thebaudin  
in sod., 1997).

Definicija iz 2009, ki jo je predlagal Komite za prehrano ter za živila za posebne prehranske  
namene (Codex Committee on nutrition and foods for special dietary uses):

Prehranska vlaknina je sestavljena iz polimernih ogljikovih hidratov z 10 ali več  
monomernimi enotami, ki niso hidrolizirani z endogenimi encimi v tankem črevesu človeka  
in spadajo v naslednje kategorije:

- užitni polimeri ogljikovih hidratov, naravno prisotni v živilih v obliki, v kateri se  
zaužijejo,
- užitni polimeri ogljikovih hidratov, ki so bili pridobljeni iz surovine za živilo s  
fizikalnimi, encimskimi ali kemijskimi sredstvi in ki imajo ugoden fiziološki učinek,  
dokazan s splošno sprejetim znanstvenim dokazom,
- užitni sintetični polimeri ogljikovih hidratov, ki imajo ugoden fiziološki učinek,  
dokazan s splošno sprejetim znanstvenim dokazom (Lupton, 2010).

Še vedno pa je v razpravi ali vključiti oligosaharide s 3 do 9 monomernimi enotami med  
prehransko vlaknino (Lupton, 2010). Evropska komisija je sprejela to opredelitev, vendar

sklepa še ni bilo. Definicija, ki so jo sprejeli Codex Alimentarius, EU in drugi, vključuje živilom dodane neprebavljive ogljikove hidrate, vendar pa mora biti znanstveno dokazano, da koristno vplivajo na zdravje (Commission directive..., 2008; Westenbrink in sod., 2012).

Pravilnik o spremembah Pravilnika o označevanju hranilne vrednosti živil (2009) navaja energijsko vrednost prehranske vlaknine, ki znaša 8 kJ/g oz. 2 kcal/g. Zato je pri vrednotenju hranilne vrednosti živila potrebno poznati tudi vsebnost prehranske vlaknine in izračunati njeno energijsko vrednost. Do nedavnega se je prehransko vlaknino upoštevalo kot del ogljikovih hidratov. Če pa je bila njena vsebnost znana, pa se je prehransko vlaknino odštelo od skupne vsebnosti ogljikovih hidratov in izračunalo energijsko vrednost le za izkoristljive ogljikove hidrate (Golob, 2012).

## 2.2 DELITEV PREHRANSKE VLAKNINE

Prehransko vlaknino v osnovi delimo na netopno in topno prehransko vlaknino. Lahko jo delimo tudi na fermentabilno in nefermentabilno ter na viskozno in neviskozno (Salobir J. in Salobir B., 2001).

### 2.2.1 Topna in netopna prehranska vlaknina

O tem ali bo polisaharid topen ali netopen odloča urejena oz. neurejena oblika polisaharida oz. njegova stabilnost. Če je struktura molekul polisaharidov urejena v obliko kristala, je polimer po vsej verjetnosti energetsko bolj stabilen v trdnem stanju, kot v raztopini. Tako so takšni polisaharidi, ki imajo ploščato linearno strukturo (celuloza), netopni. Polisaharidi z nepravilno oz. razvejano strukturo na glavni ali stranski verigi so topni (guar guma). Polisaharidi z nabitimi skupinami, kot so pektini, so na splošno topni v fiziološki raztopini zaradi elektrostatičnega odboja, ki inhibira deformacijo strukture. Nasprotno s tem bo prehranska vlaknina netopna v kislem mediju kot tudi v prisotnosti močne ionske sile. Nekatere komponente, ki so netopne v mrzli vodi, se bodo raztopile pri visoki temperaturi, saj le ta spodbuja prehod na neurejene oblike s pretrganjem vezi (Guillon in Champ, 2000).

Med netopno prehransko vlaknino uvrščamo tiste polisaharide, ki jih človeški encimi ne morejo razgraditi in se neprebavljeni izločajo z blatom. K netopni prehranski vlaknini spadajo celuloza, hemiceluloza, lignin, protopektin, netopni pentozani, kutin, suberin in rastlinski voski (Batič, 2001).

Med topno prehransko vlaknino pa spadajo snovi, ki se delno ali v celoti fermentirajo v debelem črevesju in so topne v vroči ali topli vodi ter se oborijo v presežku etanola. V to skupino spadajo pektini, beta-glukan in različne polisaharidne gume (Lee in Prosky, 1994).

Po definiciji je netopna prehranska vlaknina frakcija skupne prehranske vlaknine, ki ni topna v vroči pufrski raztopini. Njena vsebnost lahko niha tudi glede na metodo določanja skupne prehranske vlaknine (Mongeau in Brooks, 2003).

Topna in netopna prehranska vlaknina različno vplivata na človeški organizem. Topna vlaknina tvori viskozne raztopine in s tem poveča viskoznost črevesne vsebine, ki deluje kot pregrada pri difuziji prebavljenih snovi, upočasni absorpcijo glukoze ter veže holesterol in

žolčne kisline. Netopna vlaknina pa vpliva na adsorpcijo žolčnih kislin, povečano količino izločenega blata in skrajšanje prehoda skozi prebavni trakt (Salobir J. in Salobir B., 2001).

### **2.2.2 Fermentabilna in nefermentabilna prehranska vlaknina**

S pomočjo bakterij lahko nekatere komponente prehranske vlaknine v črevesju fermentirajo, pri čemer nastajajo plini in kratkoverižne maščobne kisline (ocetna, propionska in maslena kislina), ki se lahko absorbirajo in porabijo za energijo ali pa so vir energije za notranjo plast črevesnih celic. Med fermentabilno vlaknino spadajo inulin, oligofruktoza, beta-glukani, pektin in nekatere gume. Med nefermentabilno vlaknino pa spadata lignin in celuloza. Živila z visoko vsebnostjo fermentabilne prehranske vlaknine so ječmen, oves, sadje in zelenjava, nefermentabilno vlaknino pa vsebujejo žitarice in otrobi, oziroma živila z visoko vsebnostjo celuloze (Gray, 2006).

Splošno je znano, da topna prehranska vlaknina skoraj v celoti fermentira v debelem črevesu, zato se pojavljajo mnenja, da je netopna vlaknina nefermentabilna. Vendar sta tako topna kot netopna vlaknina lahko fermentabilni (Mongeau in Brooks, 2003).

Obstajajo raziskave, ki dokazujejo, da je fermentacija prehranske vlaknine, poleg izvora in strukture polisaharidov ter drugih dejavnikov, odvisna tudi od velikosti delcev; manjši kot so delci, boljša je razgradnja (Mongeau in Brooks, 2003).

### **2.2.3 Viskozna in neviskozna prehranska vlaknina**

Nekatere vrste prehranske vlaknine v kombinaciji z vodo tvorijo viskozne raztopine, ki upočasnjujejo absorpcijo nekaterih hranil in praznjenje želodca ter znižajo nivo krvnega holesterola. Med viskozno vlaknino spadajo nekatere gume, psilium, pektin in beta-glukani. Sposobnost za tvorbo viskoznih raztopin je ena najpomembnejših lastnosti prehranske vlaknine. Neškrobni polisaharidi v raztopini tvorijo tridimenzionalne mreže, v katere se lahko veže precejšnja količina vode. Viskoznost take raztopine je odvisna od vrste neškrobnega polisaharida oz. od fizikalno-kemijske strukture molekule, vrednosti pH in koncentracije elektrolitov v okoliški tekočini. Zaradi tega se prehranska vlaknina v različnih delih prebavil tudi različno obnaša (Salobir J. in Salobir B., 2001).

## **2.3 KOMPONENTE PREHRANSKE VLAKNINE IN NJIHOVA FUNKCIONALNOST**

### **2.3.1 Pomembnejše komponente prehranske vlaknine**

Polisaharidi imajo po definiciji lahko od 100 do tudi več tisoč monosaharidnih enot. Oligosaharidi pa imajo pogosto od 2 do 20 monosaharidnih enot. Med seboj se ločijo po dolžini verige, sestavi monosaharidov, stopnji polimerizacije in čistosti. V praksi je ločevanje med oligosaharidi in polisaharidi precej nenatančno. Zato je težko dodajati čiste in dobro definirane frakcije polisaharidov t.i. funkcionalnim živilom. Čiste frakcije bi omogočale jasno razmerje med strukturo in aktivnostjo, kar bi potrdilo trditve na izdelku o ugodnem vplivu na zdravje človeka (Batič, 2001).

## Oligosaharidi

Oligosaharidi so glikozidi s 3 do 10 enostavnimi sladkorji, povezanimi v verigo, ki vsebujejo nizek nivo mono- in di- ali polisaharidov. Lastnosti oligosaharidnih dodatkov so odvisne od kemijske strukture, molekulske mase in vsebnosti mono- in disaharidov. Oligosaharidi z nizko molekulsko maso lahko kot dodatek živilom vplivajo na temperaturo zamrzovanja živilskega izdelka. Oligosaharidi z dolgimi verigami pa se uporabljajo pri pripravi pijač s funkcionalnimi lastnostmi ali kot nadomestki maščob, ker zaokrožujejo občutek, ki ga daje živilo v ustih. Nahajajo se v sadju, zelenjavi, mleku in medu (Batič, 2001).

## Celuloza

Celuloza je najbolj razširjen polimer v naravi in glavna strukturna komponenta v rastlinah. Je linearni polimer, kjer so D-glukozne enote povezane z beta-1,4-glikozidnimi vezmi. Povprečna molekula celuloze je sestavljena iz 10000 do 15000 glukoznih enot. Ravne verige celuloze, ki so posledica beta konfiguracije glikozidnih vezi, se lahko povežejo v snope vzporednih verig, te pa se sestavijo v močne in toge mreže, ki predstavljajo osnovno ogrodje rastlinske celične stene. Mreže stabilizirajo intra- in intermolekularne vodikove vezi. Celuloza v živilih ne služi kot vir energije, saj človeško telo ne sintetizira encimov, ki bi katalizirali hidrolizo beta-1,4-glikozidne vezi. Vseeno je celuloza pomembna v prehrani, saj pomaga pri absorpciji in razgradnji drugih hranil (Boyer, 2005).

Encime za prebavo celuloze dobimo iz mikroorganizmov. Celulaze cepijo molekule beta-glukoze v nižje maščobne kisline (ocetno, propionsko, mravljično, masleno, valeriansko) in v CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in H<sub>2</sub> (Koch in sod., 1993).

## Hemiceluloza

Po kemijski sestavi je hemiceluloza sestavljena iz monosaharidnih enot pentoz in heksoz, od katerih največjo skupino predstavljajo pentozani, grajeni iz arabinoze in ksiloze. Hemicelulozni polisaharidi imajo mnogo nižjo stopnjo polimerizacije kot celuloza (50 do 200 enot). Hemicelulozo sestavljajo mešanice polisaharidov manana, galaktana, arabana, ksilana in poliuronskih kislin.

Največja skupina hemiceluloz vsebuje pentozane, kot so ksilan in arabinoksilan. Drugo skupino sestavljajo polimeri heksoze (galaktani), tretjo skupino hemiceluloz pa sestavljajo kisle hemiceluloze, ki sestavljajo galakturonsko kislino. Pod vplivom mikroorganizmov se hemiceluloza hitreje razgradi v debelem črevesu kot celuloza (Koch in sod., 1993).

## Pektin

Je kompleksna mešanica koloidnih polisaharidov. Pektini so polimeri D-galakturonske kisline, povezane z alfa-1,4-vezmi (Davidson in sod., 1986). Nastanejo z oksidacijo CH<sub>2</sub>OH skupine na šestem ogljikovem atomu galaktoze (Boyer, 2005). Nekatere karboksilne skupine so metilirane. Njihova topnost je odvisna od stopnje zaestritve galakturonske kisline in od sestavin stranskih verig (galaktoza, glukoza, ramnoza) (Davidson in sod., 1986).

Pomembno vlogo imajo pektinske substance v obliki gela v rastlinski celici že na prvi stopnji primarnega oblikovanja celice in nato v stopnji sekundarnega zgoščevanja (Koch in

sod., 1993). Zaradi teh lastnosti se pektin uporablja kot želirno sredstvo pri pripravi marmelad, džemov in želejev (Boyer, 2005).

Pektinom pripisujejo dve lastnosti, ki sta pomembni za prebavo in presnovo: vpliv na viskoznost raztopin in veliko kapaciteto vezanja ionov. V črevesju se pektinske substance popolnoma metabolizirajo, ugotovljeno pa je bilo tudi fiziološko delovanje njihovih nizkomolekularnih metaboličnih produktov (Koch in sod., 1993).

### **Beta-glukani**

Spadajo v heterogeno skupino neceluloznih polisaharidov, ki jih iz rastlin lahko ekstrahiramo z vročo vodo. Ti polisaharidi vplivajo na viskoznost žitne hrane.

So polimeri glukoze, kjer so posamezne glukozne enote med sabo povezane z beta-1,4- in beta-1,3-vezmi, ki ta polimer naredijo obstojen na hidrolizo. Večina prisotnega beta-glukana je topnega, čeprav so izredno majhne količine lahko netopne. V znatnih količinah se beta-glukani nahajajo v ovsu, rži in ječmenu (Koch in sod., 1993).

### **Inulin**

Inulin je polimer, sestavljen iz enot D-fruktoze ki imajo na koncu glukozo. Enote fruktoze v inulinu so povezane z beta-2,1-glikozidno vezjo. Rastlinski inulini na splošno vsebujejo med 2 in 140 enot fruktoze. Najpreprostejša oblika inulina je 1-kestoz, ki ima dve enoti fruktoze in eno enoto glukoze (Boyer, 2005; Roberfroid, 2005).

Inulin nekatere rastline izkoriščajo za hrambo energije in ga običajno najdemo v koreninah ali gomoljih. Večina rastlin, ki tvori in shranjuje inulin, ne shranjuje drugih snovi, kakršna je denimo škrob. Inulin se v prehrani pogosto uporablja, saj ima veliko prehransko in funkcionalno vrednost (Van Loo in sod., 1995).

Inulin se skupaj z oligofruktozo uporablja v živilski industriji za povečanje deleža prehranske vlaknine v končnem izdelku. Njuna prednost pred ostalimi viri prehranske vlaknine je, da imata značilen, surov okus in ne prispevata k povečanju viskoznosti končnega izdelka. Zato taki izdelki ohranijo senzorične lastnosti (Niness, 1999).

Inulin in oligofruktoza sta močna prebiotika, saj nista občutljiva na delovanje želodčne kisline in prebavnih encimov, zato dosežeta črevo nedotaknjena in tam spodbujata rast bifidobakterij in laktobacilov ter nekaterih drugih vrst bakterij (Langlands in sod., 2004). Inulin tako povzroči povečano proizvodnjo kratkoverižnih maščobnih kislin (ocetne, propionske in maslene), mlečne kisline in plina v črevesju, kar zmanjšuje vrednost pH v črevesu, posledično pa se izboljša prekrvavitev in moč črevesne stene (Gibson in sod., 1995).

### **Rezistentni škrob**

Raziskave kažejo, da je določen del škroba neprebavljiv v tankem črevesu. Te frakcije imenujemo rezistentni škrob. Ta se ne absorbira v tankem črevesu, ampak se v debelem črevesu razgradi s črevesno mikrofloro. Obnaša se podobno kot topna vlaknina. Na vsebnost rezistentnega škroba poleg drugih dejavnikov močno vpliva razmerje amiloza/amilopektin (Koch in sod., 1993).

Rezistentni škrob lahko opredelimo na štiri skupine:

- fizično nedostopen škrob (v stročnicah) - RS1,
- naravna škrobna zrna (v bananah in surovem krompirju) - RS2,
- retrogradiran škrob (v ohlajenem kuhanem krompirju) - RS3,
- kemijsko modificiran škrob (dodatek otroški hrani) - RS4 (Gray, 2006).

Pridobivanje rezistentnega škroba vključuje kemijske spremembe, kot so pretvorba, nadomeščanje ali navzkrižno povezovanje. Takšne spremembe preprečujejo prebavo rezistentnega škroba tako, da blokirajo dostop do encimov in z oblikovanjem atipične povezave (Zhang in Jin, 2011).

Na hitrost prebave in vsebnost rezistentnega škroba v živilu vplivajo notranji in zunanji faktorji. Prebava škroba v tankem črevesu se upočasni, če se onemogoči dostop pankreasne amilaze do škrobnih zrn, če trde celične stene inhibirajo nabrekanje in disperzijo škroba, ali če je škrob trdno stisnjen v hrani. Na spremembo občutljivosti škroba za hidrolizo s pankreasno amilazo pa vpliva tudi žvečenje, ki olajša dostopnost do škrobnih zrn, čas prehoda hrane od ust do ileuma, koncentracija amilaze, količina prisotnega škroba in prisotnost drugih sestavin hrane, ki lahko upočasnijo encimsko hidrolizo (Koch in sod., 1993).

Čeprav rezistentni škrob ni prebavljiv v tankem črevesu, lahko fermentira s pomočjo mikroflora v debelem črevesu ter razpade na kratkoverižne maščobne kisline in pline. Rezistentni škrob ima pomembno fiziološko vlogo in potencial za izboljšanje zdravja ljudi in zmanjšuje tveganje za nastanek mnogih bolezni, povezanih s prehrano. Njegova glavna uporaba je kot funkcionalna sestavina za vzdrževanje nizke vsebnosti vode v živilskih proizvodih, kot so kruh, kolači in žitarice za zajtrk (Zhang in Jin, 2011).

### **Ostale komponente prehranske vlaknine**

Lignin je kompleksen polimer aromatskih alkoholov, ki se pod vplivom črevesnih bakterij ne razgradi in je hidrofobni del prehranske vlaknine. Pripisujejo mu adsorpcijo žolčnih kislin in kancerogenih snovi (Koch in sod., 1993).

Kutin je polimer mono-, di-, tri- in polihidroksi maščobnih kislin. Je visoko hidrofobna snov in se ne razgradi v človeškem prebavnem traktu (Koch in sod., 1993).

Suberin je kompleks snovi, ki vsebujejo fenolne spojine, alkohole z dolgimi verigami in različne kisline. Je hidrofoben in rezistenten na razgradnjo v prebavnem traktu (Koch in sod., 1993).

Rastlinski voski so estri maščobnih kislin in višjih alkoholov. Navadno so zelo kompleksne sestavine, ki vsebujejo ketone, estre, fenolne estre in alkohole. Voske hidrolizirajo lipaze, ob prisotnosti žolčnih kislin pa je njihova prebava v intestinalnem traktu omejena (Koch in sod., 1993).

Gume so zelo heterogena skupina kompleksnih polisaharidov, ki niso sestavni del rastlinske celične stene. Vsebujejo več različnih sladkorjev in skupine uronske kisline. V vodi so topne in dajejo viskozne koloidne raztopine. V glavnem so neprebavljive (Davidson in sod., 1986).



### 2.3.2 Funkcionalne lastnosti prehranske vlaknine

Polisaharidi, ki se uporabljajo v živilstvu, imajo tehnološko pomembne lastnosti, kot so tvorba gelov, vezava vode, vezava olj, vezava mineralnih in organskih molekul. Tehnološke in fiziološke lastnosti so povezane tudi s topnostjo vlaknine v vodi. Polisaharidi, kot je celuloza, so gradniki netopne prehranske vlaknine. Otrobi se že od nekdaj uporabljajo pri pripravi izdelkov, kot so žitarice za zajtrk, različni kruhi in testenine. Slaba stran uporabe polisaharidnih dodatkov je omejeno vključevanje v živilske izdelke zaradi tehnoloških ovir: spremembe konzistence in okusa izdelka (Batič, 2001).

Stranski produkti, ki nastajajo pri predelavi in obdelavi hrane rastlinskega izvora (žitaric, sadja, zelenjave, alg) so bogat vir prehranske vlaknine in lahko obogatijo živila. Živila z dodatkom prehranske vlaknine imajo nižjo energijsko vrednost, manjšo vsebnost holesterola in maščob. Stranski produkti lahko služijo tudi kot funkcionalna sestavina za izboljšanje fizikalnih in strukturnih lastnosti: vezanje vode, zadrževanje maščob, viskoznost, tekstura, senzorične lastnosti in rok uporabe (Elleuch in sod., 2011).

Za pridelovalce hrane so sekundarni produkti, bogati s prehransko vlaknino, zelo pomembni. Potrošniki prisegajo na naravne dodatke, saj obstaja bojazen, da so sintetični dodatki toksični. Stranski produkt, bogat z vlaknino, je ostanek pri industrijski predelavi citrusov (zunanja lupina), ki predstavlja 25 % celotne teže sadeža. Primeri sekundarnih produktov so tudi ostanki pri predelavi ovsenih kosmičev, zelenih alg, pšeničnih otrobov, riževih kosmičev, sladkornega trsa in breskov koncentrat (Elleuch in sod., 2011).

Stranski proizvodi z visoko vsebnostjo prehranske vlaknine se dodajajo v živilske izdelke kot poceni in brezenergijska sredstva za povečanje volumna živil. Delno lahko nadomestijo moko, maščobo in sladkor, izboljšajo sposobnost zadrževanja vode in olja ter izboljšajo stabilnost emulzije ali antioksidativno učinkovitost. Količina dodatka vlaknine je omejena, saj lahko prevelika vsebnost povzroči nezaželene spremembe v barvi in strukturi živil. Prehransko vlaknino se dodaja v živila, kot so peciva, pijače, slaščice, mleko in mlečni izdelki, meso, testenine in juhe. Najpogosteje je prehranska vlaknina dodana v pekovske izdelke, saj s sposobnostjo zadrževanja vode podaljša svežino kruha. Na ta način se zmanjšajo tudi ekonomske izgube. Kruh z dodatkom prehranske vlaknine je tako bolj mehak in elastičen, ima večji volumen in boljše senzorične lastnosti (Elleuch in sod., 2011).

Vse bolj je razširjena uporaba prehranske vlaknine v mlekarstvu. Najpogostejši dodatek je inulin, ki izboljša teksturo sirov in sladoledov. Zmanjšuje sinerezo v jogurtu in drugih fermentiranih mlečnih izdelkih. Izboljšuje teksturo in gladkost sladoleda, povečuje zaželeno odpornost na taljenje in ovira rast kristalov med nihanjem skladiščne temperature (Elleuch in sod., 2011).

Prehranska vlaknina se lahko uporablja tudi kot sestavina marmelad. Raziskave so pokazale, da lahko dodatek breskove kaše jagodnemu džemu nadomesti del industrijskega pektina. Breskova kaša namreč vsebuje veliko prehranske vlaknine, ki džemu izboljša psevdoplastične lastnosti, viskoznost in poveča vsebnost prehranske vlaknine (Elleuch in sod., 2011).

Prehranska vlaknina je uporabna tudi v mesno-predelovalni industriji. Mesnim izdelkom dodatek vlaknine zmanjša energijsko vrednost, izboljša teksturo in stabilnost. Nekateri pšenični otrobi lahko celo nadomestijo maščobe v nekaterih mesnih izdelkih, kar predvsem pomeni zmanjšanje ravni holesterola. Vlaknino se lahko dodaja tudi ribjim izdelkom. Dodatek topne vlaknine kot so karagenan iz alg, guar ali ksantan iz semen, izboljša funkcionalnost ribjih izdelkov. Izboljša vezavo vode, zgoščevanje, emulgiranje in želirne sposobnosti zmletega ribjega mesa (Elleuch in sod., 2011).

## 2.4 FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE

Ker je prehranska vlaknina kemijsko zelo heterogena skupina, ima različne kemijske in fizikalne lastnosti. Prehranska vlaknina je lahko topna, ali netopna, lahko ima visoko ali nizko kapaciteto za vezanje vode ali pa sploh nima kapacitete za vezanje vode. Nekatere vrste prehranske vlaknine imajo večji delež topne vlaknine kot druge (Golob in sod., 1995).

### 2.4.1 Sposobnost za vezanje vode

Prehranska vlaknina veže večje količine vode, zaradi česar v prebavilih nabrekne in tako vpliva na hitrost praznjenja želodca, na absorpcijo hranljivih snovi v tankem črevesu in na prehod hrane skozi črevesje (Koch in sod., 1993).

Prehranska vlaknina zadržuje vodo s pomočjo vpijanja. Vsa voda se v celoti ne vpije v vlaknino, ampak je nekaj ostane (prosta voda). Na sposobnost vezanja vode vpliva velikost delcev, struktura in kemijska sestava prehranske vlaknine (Mongeau in Brooks, 2003).

Sposobnost zadrževanja vode ali hidratacija je količina vode, ki se obdrži v 1 g suhe vlaknine pod posebnimi pogoji: temperatura, čas nabrekanja in hitrost centrifugiranja. Sposobnost vezave vode je povezana s kemijsko strukturo prehranske vlaknine in drugih dejavnikov: poroznost, velikost delcev, ionska oblika, vrednost pH, temperatura, ionska moč, vrsta ionov v raztopini in fizikalna obdelava vlaknine (Elleuch in sod., 2011). Največjo sposobnost zadrževanja vode imajo pektinske snovi, sluzi in hemiceluloza, v manjšem obsegu pa celuloza in lignin (Jalili in sod., 2007).

### 2.4.2 Sposobnost izmenjave kationov

Velik vnos prehranske vlaknine lahko zmanjša absorpcijo mineralov. V »in vitro« pogojih je bilo dokazano, da fitati v žitnih otrobih vežejo kovinske ione. Nabiti polisaharidi nimajo prehranskega vpliva na absorpcijo mineralov in elementov v sledovih, medtem ko imajo lahko priključene spojine, kot so fitati, negativen učinek (Guillon in Champ, 2000).

Prehranska vlaknina vsebuje veliko karboksilnih skupin, zato se obnaša kot šibki ionski izmenjevalec. Kationska izmenjava je delno odvisna od prisotnosti uronske kisline v neesterificirani obliki. Več kot vlaknina vsebuje uronske kisline, večja je afiniteta do izmenjave kationov. Vlaknina iz pšeničnih otrobov lahko nase veže težke kovine in tako zmanjša njihovo toksičnost (Mongeau in Brooks, 2003).

Sposobnost vezave oz. izmenjave kationov se določa s pH metri ali konduktometri pod nadzorovanimi pogoji »in vitro«, vendar so te meritve lahko zelo različne v primerjavi s tistimi v črevesju in niso dober pokazatelj dostopnosti mineralov v črevesju (Guillon in Champ, 2000).

#### **2.4.3 Adsorpcija organskih molekul**

Prehranska vlaknina je sposobna adsorbirati organske molekule, kot so žolčne kisline, steroli in toksične spojine. Netopna vlaknina, posebno lignin, je sposobna vezati v svoj matriks gela substance, ki jih naše telo želi izločiti (Koch in sod., 1993).

Celuloza ima majhno sposobnost vezave žolčnih kislin. Posledica adsorpcije je povečanje količine žolčnih kislin v blatu, kar zmanjša količino holesterola v plazmi. Zaradi teh lastnosti predstavlja vlaknina zaščitni mehanizem proti kancerogenim snovem v hrani (Davidson in sod., 1986).

Sposobnost različnih komponent prehranske vlaknine, da razgradijo in celo kemijsko vežejo žolčne kisline, je bila predlagana kot potencialni mehanizem, s katerim imajo lahko nekatere komponente prehranske vlaknine, ki so bogate z uronsko kislino in fenolnimi spojinami, hipoholesterolni učinek. Okoljski pogoji (trajanje izpostavljenosti, vrednost pH), fizikalne in kemijske lastnosti vlaknine in narava žolčnih kislin lahko vplivajo na sposobnost adsorpcije prehranske vlaknine (Guillon in Champ, 2000).

#### **2.4.4 Velikost delcev**

Velikost delca odloča o dostopnosti vlaknine za prebavo, o sposobnosti za vezanje vode in o transportnem času skozi črevo. Nepoškodovana celična stena predstavlja oviro za prebavne encime in razgradnja tako poteka počasneje kot pri zmleti celični steni. Večji delci se počasneje razgrajujejo. Na sposobnost kationske izmenjave pa ne vpliva velikost delcev, temveč vrednost pH (Davidson in sod., 1986).

#### **2.4.5 Fermentabilnost**

Prebavni encimi človeka prehranske vlaknine ne morejo razgraditi. Do različnih stopenj jo fermentira mikroflora, prisotna v debelem črevesu. Pri bakterijski prebavi vlaknine se sproščajo plini (vodik, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) in hlapne maščobne kisline s kratkimi verigami, kot so očetna, propionska in maslena.

Po nekaterih hipotezah hlapne maščobne kisline kratkih verig vežejo žolčne kisline in se tako vključujejo v presnovo maščob ter znižujejo vrednost pH v debelem črevesu, kar ima določeno vlogo v preventivi gastrointestinalnih obolenj, vključno z rakom debelega črevesa (Koch in sod., 1993).

Razsežnost fermentacije prehranske vlaknine v debelem črevesu je med drugim odvisna od vira prehranske vlaknine, fizikalne strukture, prisotnosti določenih komponent vlaknine, vira dušika, bakterijske adaptacije in časa prehoda skozi gastrointestinalni trakt (Mongeau in Brooks, 2003).

Stopnja razgradnje vlaknine se spreminja in je odvisna od sposobnosti vlaknine za vezanje vode in od strukture. Tako različne komponente prehranske vlaknine v debelem črevesu

fermentirajo do različnih stopenj. Pektin, sluzi in gume skoraj popolnoma fermentirajo (90-100 %), celuloza se prebavi 30-50 %, hemiceluloza se razgradi 50-80 %, lignin pa ostane nespremenjen. Prehranska vlaknina iz sadja in zelenjave velja za bolj fermentativno kot vlaknina iz žitnih otrobov (Jalili in sod., 2007; Kutoš, 1994).

#### 2.4.6 Viskozna in želirna sposobnost

V določenih pogojih lahko nekateri polisaharidi tvorijo gele (Guillon in Champ, 2000). Nekatero komponento topne prehranske vlaknine, kot je beta-glukan, postanejo zelo viskozne ob prisotnosti vode. Pektinske snovi pa ob prisotnosti vode kažejo želirne sposobnosti. To vpliva na čas praznenja črevesja in čas absorpcije v tankem črevesu (Mongeau in Brooks, 2003). Viskoznost je večja, če je večja koncentracija prehranske vlaknine, ob povečanju temperature pa se viskoznost zmanjša (Elleuch in sod., 2011).

Viskoznost, ki jo ustvari topna prehranska vlaknina v prebavilih, je težko določiti. Koncentracija prehranske vlaknine v lumnu tankega črevesa je odvisna od zaužitja viskozne raztopine (Guillon in Champ, 2000).

### 2.5 VIRI PREHRANSKE VLAKNINE

Glavni viri prehranske vlaknine so žitna zrna, stročnice, zelenjava, sadje in semena. V povezavi z žiti se pogosto uporablja izraz »polnozrnat«, saj imajo cela zrna visoko vsebnost prehranske vlaknine, vključno z rezistentnim škrobom in neprebavljivimi oligosaharidi (Gray, 2006).

Skupna vsebnost prehranske vlaknine v hrani je odvisna od sorte rastline, stopnje zrelosti, razmer, v katerih je rastlina rasla, ter od načina priprave hrane (Mongeau in Brooks, 2003). Večina sadja in zelenjave vsebuje majhne količine skupne prehranske vlaknine (1,0-2,2 %), žitarice pa je vsebujejo med 1-2,2 % (koruza). Več skupne prehranske vlaknine (okoli 4 %) vsebujejo stročnice, največji vir prehranske vlaknine (15,5-15,8 %) pa so ovseni otrobi. Na vsebnost prehranske vlaknine vpliva tudi vsebnost vode v živilu. Zato je vsebnost prehranske vlaknine v žitih (vsebnost vode do 10 %) višja kot v sadju in zelenjavi, ki vsebujeta 80-90 % vode (Mongeau in Brooks, 2003).

**Preglednica 1:** Naravni viri komponent prehranske vlaknine (Gray, 2006)

Komponenta vlaknine	Glavni vir
celuloza	zelenjava, lesnate rastline, žitni otrobi
hemiceluloza	žitna zrna
lignin	žitni otrobi, luščine riža in stročnic, lesnate rastline
beta-glukan	zrna (ovsa, ječmena, rži, pšenice)
pektin	sadje, zelenjava, stročnice, sladkorna pesa, krompir
gume	stročnice, morske alge, mikroorganizmi (guar, karagenan, ksantan, gumi arabika)
inulin in fruktooligosaharidi	cikorija, artičoka, čebula
oligosaharidi	humano mleko, zrnate stročnice
rezistentni škrob	semena stročnic, žitna zrna, semena, surov krompir, zelene banane, staran kruh, koruzni kosmiči, ohlajen kuhan krompir, riž

## 2.6 METODE DOLOČANJA PREHRANSKE VLAKNINE

Določanje neškrobnih polisaharidov - vlaknine v hrani je povezano s številnimi težavami. Metode s katerimi določamo vlaknino so gravimetrične. Zajemajo izolacijo različnih frakcij polisaharidov iz vzorca, sušenje in tehtanje. Metode se razlikujejo v postopkih, s katerimi odstranimo iz vzorca sestavine, ki jih ne uvrščamo med vlaknino.

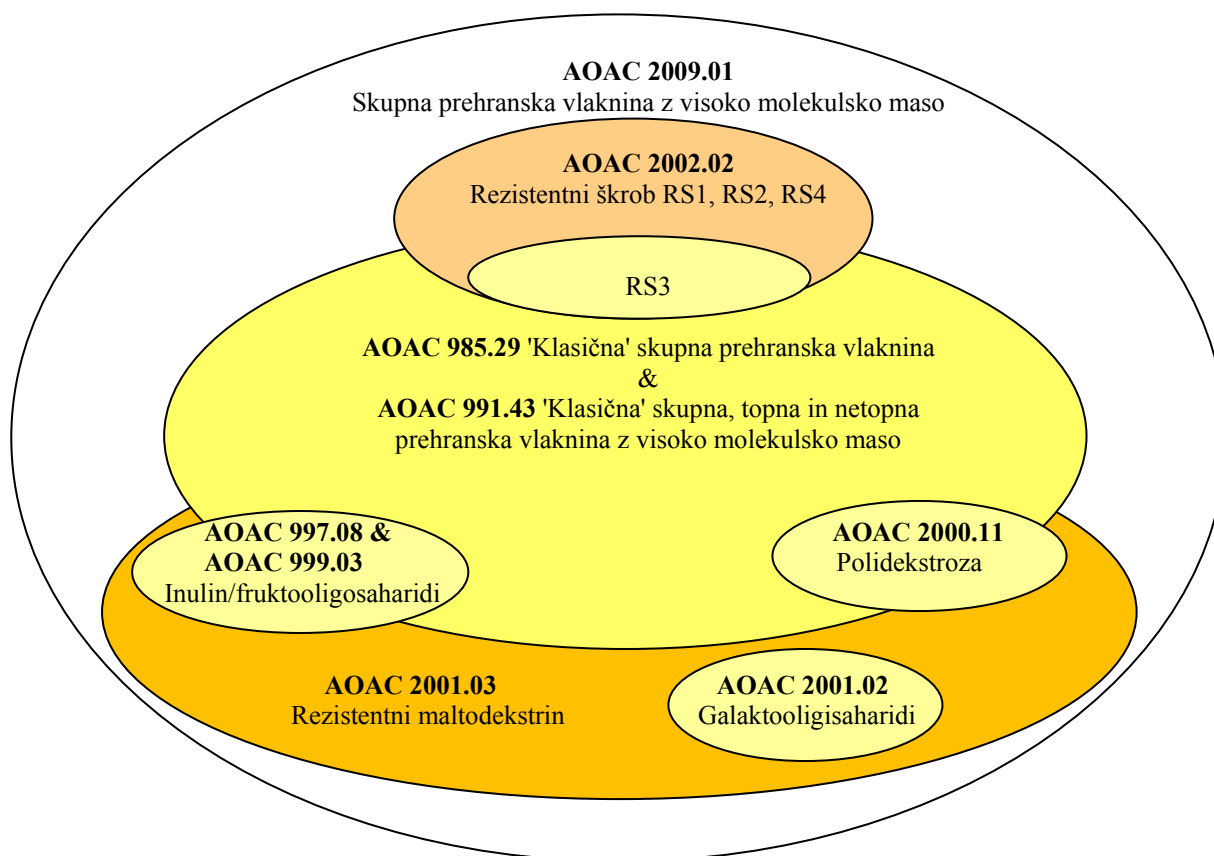
Pri klasični metodi razgradimo maščobe, sladkorje, škrob in dušik vsebujoče snovi vzorca s kislom in alkalno hidrolizo. Preostanek po izolaciji in tehtanju je surova vlaknina (97 % celuloze in lignina).

Sestavine vzorca lahko razgradimo tudi s posebnimi raztopinami - detergenti, ki so lahko nevtralni ali kisli. Ta metoda je primerna za določanje netopnih strukturnih polisaharidov in lignina. Rezultati so podani kot vlaknina, določena z nevtralnimi detergentom (celuloza, lignin, hemiceluloza) ali vlaknina, določena s kislim detergentom (celuloza, lignin) (Plestenjak, 1993).

Pri encimsko gravimetrični metodi beljakovine in škrob razmaščenega vzorca razgradimo z ustreznimi encimi. Ostanek korigiramo na vsebnost pepela in beljakovin ter gravimetrično določimo skupno vlaknino.

Ta metoda da nekoliko višje rezultate kot ostale, ker so v količino vlaknine vključene nekatere nerazgradljive sestavine (npr. škrob). Z encimsko metodo je mogoče določiti tudi netopne in topne komponente prehranske vlaknine (Plestenjak, 1993).

Več let sta bili metodi AOAC 985.29 in AOAC 991.43 glavni analizni metodi za določanje vsebnosti prehranske vlaknine v živilih. Ti metodi lahko določita frakcije z visoko molekulsko maso, ki lahko vsebujejo nekaj škroba (predvsem RS3). Metoda AOAC 991.43 ločuje med netopno in topno prehransko vlaknino z visoko molekulsko maso, metoda AOAC 985.29 pa poda vsoto netopne in topne prehranske vlaknine z visoko molekulsko maso. Pomanjkljivost klasičnih metod je, da se lahko določi le ena skupina rezistentnega škroba. Pri vseh razpoložljivih metodah je zapleteno najti pravo za določanje prehranske vlaknine v neznanem vzorcu. Uporaba tako klasičnih, kot tudi posebnih metod ni rešitev, saj obstaja precejšnje medsebojno prekrivanje metod, kar je razvidno s slike 1 (Westenbrink in sod., 2012; Englyst in sod., 2012).



**Slika 1:** Shema medsebojnega prekrivanja metod za določanje vsebnosti prehranske vlaknine (Westenbrink in sod., 2012).

Metoda AOAC 2009.01 ima spremenjen postopek hidrolize, ki je namenjen za določanje rezistentnega škroba. Metoda se od metode AOAC 991.43 razlikuje v pogojih za razgradnjo in hidrolizo škroba, kar vključuje drugačno temperaturo inkubacije in drugačno ravnanje s termostabilnimi amilazami, ki ne hidrolizirajo RS3. Metoda AOAC 2002.02 ima podaljšano inkubacijo amilaze pri nižji temperaturi in obdrži več rezistentnega škroba. Metodi AOAC 2009.01 in 2001.03 (ki je razširitev metode 991.43) sta omogočili določitev rezistentnih oligosaharidov, ne da bi jih poškodovali ali spremenili velikost verige, ostali so taki kot jih najdemo v naravi (Englyst in sod., 2012).

Trowellova definicija je bila v uporabi več kot 30 let in je privedla do razvoja primernih analitskih metod za določanje prehranske vlaknine. Proskyjevo delo je bilo osnova za uradno metodo AOAC 985.29, ki je bila sprejeta leta 1985 (Westenbrink in sod., 2012). V številnih državah je ta metoda vključena v nacionalne predpise, vendar vključitev živilom dodanih polisaharidov v definicijo prehranske vlaknine ni bila splošno sprejeta. Kasneje so le-to z zamenjavo pufra spremenili: to je metoda AOAC 991.43. Namen teh metod je bil določanje prehranske vlaknine s pomočjo hidrolize za odstranjevanja škroba in beljakovin iz živilskega matriksa (Megazyme, 2011).

Uporaba teh metod je pripeljala do odkritja rezistentnega škroba, katerega metoda AOAC 991.43 ne določi v celoti. Zato so se razvile metode, s katerimi naj bi rezistentni škrob natančno določili. V 90-ih letih so med prehransko vlaknino vključili tudi neškrobne polisaharide: metode AOAC 997.08 in 999.03 ter AOAC 2001.03 in AOAC 2000.11. Te

metode so postale uporabne pri določanju specifičnih komponent prehranske vlaknine. Leta 2007 je McCleary z združevanjem več metod razvil enotno metodo za določanje skupne prehranske vlaknine: AOAC 2009.01 (Megazyme, 2011).

Englystova metoda je bila priporočena kot metoda za določanje vsebnosti prehranske vlaknine. Vsebnost prehranske vlaknine, ki je bila določena z Englystovo metodo, je bila nižja od tiste, določene z metodo AOAC 985.29, saj lignin in rezistentni škrob nista vključena. Englystova metoda ni bila sprejeta kot del standardne metode, ki jih določajo smernice AOAC ali drugi pristojni organi, vendar so bile vsebnosti prehranske vlaknine, določene z Englystovo metodo, vključene v zbirkah podatkov o sestavi hrane v Veliki Britaniji in še nekaterih državah (Westenbrink in sod., 2012).

## 2.7 FIZIOLOŠKI UČINKI VLAKNINE

Prehranska vlaknina je zaradi svoje sestave in fiziološke funkcije v zadnjem času predmet številnih raziskav. Dokazani so številni pozitivni vplivi topne in netopne prehranske vlaknine pri varovanju pred kardiovaskularnimi obolenji, motnjami metabolizma, obolenji gastrointestinalnega trakta in obolenji žolčnika.

Fiziološko delovanje vlaknine pa ni pomembno samo za gastrointestinalne funkcije in patologijo, temveč tudi za metabolizem lipidov in glukoze ter ravnotežje mineralov (Koch in sod., 1993).

Topna in netopna prehranska vlaknina imata različen vpliv na človeški organizem. Tako topni prehranski vlaknini pripisujejo naslednje delovanje:

- preprečuje absorpcijo žolčnih kislin,
- vpliva na viskoznost črevesne vsebine,
- upočasni (zavira) absorpcijo glukoze,
- zniža potrebo organizma po inzulinu,
- pektin zniža plazemski holesterol,
- posredno vpliva na sintezo holesterola v jetrih (Koch in sod., 1993).

Netopni prehranski vlaknini pripisujejo naslednje delovanje:

- adsorpcija žolčnih kislin,
- celuloza reducira aktivnost lipaze,
- povečuje količino izločenega blata,
- skrajša čas prehoda skozi prebavni trakt (Koch in sod., 1993).

Prehranska vlaknina ima poglobljen vpliv na praznjenje črevesja in na transportni čas skozi tanko črevo, kar se kaže v izboljšani glukozni toleranci in zmanjšani prebavljivosti škroba (Golob in sod., 1995).

Teoretično je prehranska vlaknina lahko koristna pri uravnavanju telesne teže zaradi neprebavljivih ali malo prebavljivih sestavin, ki zamenjajo prebavljive sestavine in tako pridobimo izdelek z nižjo energijsko vrednostjo (Owen in Cetton, 1982).

Prehrana z malo prehranske vlaknine lahko povzroči divertikulozo, diabetes, degenerativne srčne in žilne bolezni, povišan krvni tlak, debelost, rak debelega črevesa, nastanek žolčnih kamnov. Preobilno uživanje prehranske vlaknine pa ima za posledico drisko, napenjanje, zaporo črevesja in pomanjkanje nekaterih mineralnih snovi (Pokorn, 1990).

Dokazano je tudi, da je učinek prehranske vlaknine na delovanje gastrointestinalnega trakta in izkoristek hranil močno odvisen od vrste in tipa vlaknine. Nekatere vrste vlaknine, predvsem v vodi netopne (celuloza, lignin in nekatere hemiceluloze), spreminjajo peristaltiko gastrointestinalnega trakta in ovirajo absorpcijo hranilnih snovi. Druge vrste prehranske vlaknine, topne v vodi (pektin, gume, nekatere hemiceluloze), pa ovirajo metabolizem lipidov in ogljikovih hidratov. Znano je tudi, da so lastnosti in metabolični učinki prehranske vlaknine odvisni od vrste, starosti in rastnih razmer rastline, iz katere izvirajo (Koch in sod., 1993).

Prehranska vlaknina v prebavnem traktu regulira hitrost prebave in tako vpliva na glikemični odziv telesa na zaužito hrano. Prehod glukoze iz prebavnega trakta v krvni obtok je počasnejši in postopnejši, s tem pa je tudi manjši dvig krvnega sladkorja (Koch in sod., 1993).

### **2.7.1 Ugodni fiziološki učinki uživanja vlaknine**

Rezultati številnih opravljenih raziskav o vplivu prehranske vlaknine na človeški organizem kažejo, da te sestavine niso pomembne le za pravilno delovanje gastrointestinalnega trakta, temveč vplivajo tudi na metabolizem lipidov in glukoze, ter celo na ravnotežje mineralov v sledovih. Ti vplivi prehranske vlaknine izvirajo predvsem iz fizikalnih lastnosti, ki jih vlaknina ima (Koch in sod., 1993).

Vrste prehranske vlaknine se med seboj razlikujejo v lastnostih, ki imajo v različnih predelih prebavil različen učinek. V zgornjem delu prebavil je pomembno predvsem delovanje topne, viskozne vlaknine, ki vpliva na dinamiko in učinkovitost prebave ter absorpcijo hranil na način, ki zmanjšuje možnost nastanka koronarne srčne bolezni, sladkorne bolezni tipa II in verjetno tudi visokega krvnega tlaka. V spodnjem delu prebavil pa je pomembno delovanje fermentabilne, kot tudi nefermentabilne vlaknine. Prehranska vlaknina ugodno vpliva na steno debelega črevesa in s tem zmanjšuje možnost zaprtja, kolorektalnega raka, vnetje debelega črevesa in divertikuloze (Salobir J. in Salobir B, 2001).

Prehranska vlaknina ima direkten učinek na črevesno sluznico. Lahko pa indirektno učinkuje na morfološke in biokemijske spremembe črevesne stene, kar vpliva na absorpcijo hranil, funkcijo celotnega prebavnega trakta in tudi regulacijo hranjenja.

Dnevna prehrana z veliko prehranske vlaknine znižuje apetit, oziroma zmanjša energijski vnos hrane, upočasni prebavo hranil in praznjenje želodca. Hrano z veliko prehranske vlaknine moramo tudi temeljito prežvečiti, kar vpliva na večjo nasitnost zaužitega obroka hrane. Dolgotrajna prehrana z malo vlaknine, pod 20 g na dan, povzroča debelost in številne presnovne motnje. Večja količina prehranske vlaknine v obrokih hrane lahko zniža absorpcijo nekaterih mineralov, npr. kalcija, magnezija, železa, cinka, bakra in drugih; na pomanjkanje vitaminov in ostalih hranil pa nima vidnega učinka (Pokorn, 1990).



### 2.7.2 Neugodni fiziološki učinki uživanja vlaknine

Prekomerno uživanje prehranske vlaknine ima tudi negativne posledice. Škodljivi učinki se pokažejo predvsem pri prehitrem povečanju dnevnega vnosa. Vendar ti simptomi ponavadi prenehajo, ko se telo navadi na večji vnos vlaknine (Prosky in DeVries, 1991).

Prekomerno uživanje hrane, bogate z vlaknino in revne z mineralnimi snovmi, lahko privede do pomanjkanja nekaterih elementov (Ca, Fe, Zn). Fitinska kislina namreč tvori z nekaterimi esencialnimi elementi netopne komplekse. Prehranska vlaknina vpliva tudi na razpoložljivost nekaterih vitaminov. Vendar ostane bilanca vitaminov in mineralov dokaj konstantna ob uravnoteženi prehrani.

Ob povečanem vnosu vlaknine v organizem, je potrebno zaužiti bistveno večje količine vode. Vlaknina, ki ima visoko sposobnost za vezanje vode, v črevesju močno nabrekne, poveča se ji volumen. Če ni dovolj vode, pride do zastajanja blata v črevesju, kar ima za posledico zaprtje.

Vsem tem neugodnim učinkom se izognemo z uživanjem pestre nepredelane rastlinske hrane in primernih količin prehranske vlaknine v dnevni prehrani. Pri tem ne smemo pozabiti, da je pomembno uživanje različnih virov prehranske vlaknine. Prisotne morajo biti v vodi topne in v vodi netopne komponente (Prosky in DeVries, 1991).

### 2.7.3 Vpliv prehranske vlaknine na zdravje

Že nekaj desetletij nazaj so raziskovalci ugotovili povezavo med prehransko vlaknino in kroničnimi boleznimi, kar je spodbudilo veliko novih raziskav na to temo. Te so pokazale, da imajo lahko različni viri prehranske vlaknine različne presnovne in fiziološke učinke. Priporočena vrednost za vnos različnih vrst prehranske vlaknine iz različnih virov je 25-30 g celotne prehranske vlaknine. To prispeva k zmanjšanju pojavnosti presnovnih bolezni, kot so diabetes, debelost in/ali bolezni srca in ožilja (Guillon in Champ, 2000).

#### Preprečevanje kardiovaskularnih bolezni (znižanje holesterola)

Za več virov prehranske vlaknine je znano, da imajo pozitivne učinke na koncentracijo lipidov v krvi. Mehanizmi delovanja so odvisni od fizikalno-kemijskih lastnosti vlaknine. Zvišanje LDL holesterola, zmanjšana koncentracija HDL holesterola in trigliceridemija so bili opredeljeni kot dejavniki tveganja za bolezni srca in ožilja. Uživanje prehranske vlaknine, ki ugodno vpliva na te parametre je priporočljivo za vso populacijo, še posebej za "ogrožene" osebe (Guillon in Champ, 2000).

Veliko podobnosti so našli pri vplivu prehranske vlaknine na presnovo glukoze in lipidov. Vendar, kadar gre za absorpcijo in presnovo lipidov, je poleg viskoznosti prehranske vlaknine pomembna tudi sposobnost ionske izmenjave, saj vlaknine kot molekule z ionskimi skupinami zlahka reagirajo s holesterolom in žolčnimi kislinami ter s tem spreminjajo enterohepatično cirkulacijo in s tem izločanje blata.

Predvidevajo, da obstajata dva različna mehanizma delovanja prehranske vlaknine na presnovo holesterola v črevesju in jetrih. Eden izmed učinkov je povezan s povečanim holesterolom in zmanjšanim izločanjem žolčnih kislin, kar je opaženo pri vlaknini iz pese, ječmena in kot splošni učinek prehrane z veliko prehranske vlaknine. Drugi način pa je

povezan s povečanim izločanjem žolčnih kislin s pektinom iz citrusov in beta-glukana iz ovsa. Raziskave o vplivu ovsenih vlaknin na absorpcijo hranil in metabolizem sterolov pravijo, da je glavni fiziološki učinek ovsenih vlaknin povečano izločanje žolča, ki povzroča nastanek številnih sprememb v presnovi holesterola. Beta-glukan iz ovsenih otrobov poveča izločanje žolčnih kislin za 83-93 %. Serumski holesterol se uporablja tudi za sintezo žolčnih kislin, kar pojasnjuje nižjo koncentracijo holesterola v serumu po dolgotrajnem uživanju ovsenih vlaknin (Guillon in Champ, 2000).

Slovenski strokovnjaki so decembra 2011 prejeli prestižno mednarodno priznanje za inovativno in patentirano tehnologijo za pridobivanje sestavine za naravno uravnavanje holesterola. Gre za sestavino reduchol, ki je bogat in koncentriran vir ječmenovih beta-glukanov. Učinkovitost sestavine je tesno povezana z vrhunskimi postopki proizvodnje brez uporabe kemikalij ali encimov, kar pomeni uspešno izolacijo dolge verige beta-glukana v najaktivnejši obliki. Tako proizvedeni ječmenovi beta-glukani znižujejo koncentracijo skupnega in LDL-holesterola ter tako zmanjšujejo tveganje za nastanek srčno-žilnih bolezni. Raziskave so pokazale, da dnevno zaužitje 3 g beta-glukanov iz ječmena lahko zniža raven holesterola celo za 17 %. Dodatek tega koncentriranega vira ječmenovih beta-glukanov omogoča živilski industriji pripravo kakovostnih končnih izdelkov (npr. žitaric za zajtrk, ekstrudiranih kosmičev, testenin, prepečenca, keksov, kruha), kajti s selekcijo žit in sodobno predelavo se je vsebnost beta-glukanov v ječmenu in pripravljenih živilih močno znižala (Mljač, 2012).

## **Rak**

Povezava med zaščito pred rakom in prehransko vlaknino vključuje učinek kratkoverižnih maščobnih kislin (butirat), ki so produkt fermentacije prehranske vlaknine. Izkazalo se je, da butirat povečuje diferenciacijo in vpliva na izražanje različnih genov povezanih z rakom v tkivni kulturi. Vendar pa so dokazi za ta učinek »in vivo« šibkejši. Lastnosti različnih vrst prehranske vlaknine, ki so povezane z zaviranjem rasti tumorjev, so povezane s koncentracijo kratkoverižnih maščobnih kislin. Guar gume in pektin bi bili v tem primeru pričakovano bolj varovalni vrsti vlaknine kot bodisi celuloze in pšenični otrobi, medtem ko drži ravno obratno. Študije kažejo, da je pri bolnikih z dedno boleznijo oz. z rakom, ki v svojo prehrano dodajajo pšenične otrobe skupaj z vitaminoma C in E, manj možnosti za ponovitev adenoma danke v štirih letih. Tudi pri osebah, ki so jim odstranili polipe v debelem črevesu in so uživali pšenične otrobe je manj možnosti za razvoj adenoma (Harris in Ferguson, 1999).

Ker se lahko izraz prehranska vlaknina nanaša na zelo različne komplekse, je zelo malo verjetno, da bodo vse oblike prehranske vlaknine tudi zaščita pri preprečevanju raka na debelem črevesju. Tako, na primer, moramo vedeti, ali je 30 g prehranske vlaknine v obliki celične stene krompirjevih gomoljev bolj varovalno kot enaka teža celične stene pšeničnih otrobov. V primeru študije skupine ljudi, ki je povečala vnos pšeničnih otrobov do 50 g/dan, je bilo ugotovljeno, da so ženske zaščitene pred rakom, moški pa ne. Torej obstaja nekaj dokazov, da prehranska vlaknina, predvsem pšenični otrobi, ščitijo pred rakavimi obolenji (Harris in Ferguson, 1999).

## Diabetes tipa 2

Dokazano je, da je prehrana, ki vključuje živila z nizkim glikemičnim indeksom, priporočljiva za bolnike s sladkorno boleznijo tipa 2, da bi preprečili nadaljnji razvoj bolezni. Vnos prehranske vlaknine prispeva k zmanjšanju hiperglikemije po obroku. Pomembna je preventiva, predvsem pri mlajši populaciji, da bi se pozneje izognili diabetesu tipa 2 (Guillon in Champ, 2000).

Živila, ki so bogata s prehransko vlaknino, so običajno priporočljiva za diabetike, saj naj bi zmanjševala glikemični odziv in s tem znižala potrebo po inzulinu. Večina podatkov kaže, da imajo tak učinek nepredelana živila. Živila z najnižjim glikemičnim indeksom so tista, ki imajo najbolj odporne celične stene, to so stročnice. Pozitivni vpliv na glikemični odziv kažejo beta-glukani. Če ne hidrolizirajo med uživanjem, lahko beta-glukani iz žit bistveno vplivajo na presnovni odziv zaradi visoke viskoznosti. Zelo podoben učinek imajo tudi gume, predvsem guar gume z visoko molekulsko maso. Podatki kažejo, da lahko viskoznost vpliva na absorpcijo glukoze v procesih presnove, tako da upočasni praznjenje želodca, zmanjša dostopnost  $\alpha$ -amilaze za škrob, in upočasni absorpcijo glukoze, ki je nastala pri hidrolizi škroba. Podobno učinkujejo tudi komponente prehranske vlaknine z visoko viskoznostjo. Vpliv prehranske vlaknine na glikemični odziv je torej bolj ali manj odvisen od strukture hrane (sestave celične stene v nepredelanih živilih) in sposobnosti vlaknine, da poveča viskoznost v prebavilih (Guillon in Champ, 2000).

## Debelost

Vnos prehranske vlaknine je obratno povezan s telesno težo in telesno maščobo. Poleg tega je vnos vlaknine obratno povezan tudi z indeksom telesne mase. Dodajanje prehranske vlaknine na splošno zmanjša vnos hrane in posledično telesno težo. Omenjeni so mnogi načini, kako prehranska vlaknina pomaga pri obvladovanju telesne teže, vključno s spodbujanjem sitosti, zmanjševanjem absorpcije makrohranil in spremenjenim izločanjem črevesnih hormonov. Povečanje uživanja prehranske vlaknine iz sadja, zelenjave, polnovrednih žitaric in stročnic je pomembno pri zaviranju epidemije debelosti, ki je pogosta v razvitih državah. Dodatek prehranske vlaknine v prehrano je torej orodje za uravnavanje telesne teže (Slavin, 2005).

V epidemioloških raziskavah lahko merijo običajni vnos prehranske vlaknine, tako topne, kot tudi netopne vlaknine, in to povezujejo s telesno težo. Raziskava posameznikov s prekomerno težo kaže, da obstaja povezava s povečanim vnosom energije in zmanjšanim uživanjem s prehransko vlaknino bogatih živil. Populacije, ki uživajo večjo količino prehranske vlaknine imajo tudi dokazano nižjo stopnjo debelosti. Raziskave kažejo, da dodajanje prehranske vlaknine v nizkokalorično dieto občutno izboljša hujšanje. Tudi ženske po menopavzi z uživanjem več vlaknine, ob zmanjšanem vnosu maščob, lažje zmanjšajo telesno težo (Slavin, 2005).

Prehranska vlaknina deluje kot fiziološka ovira vnosa energije na tri načine:

- nadomesti hranila in izkoristljivo energijo v hrani,
- vsebnost vlaknine v prehrani povečuje žvečenje in s tem pospeši izločanje sline in želodčnega soka, kar povzroči širjenje želodca in povečano sitost,
- zmanjša absorpcijo hranil v tankem črevesu.

Živila, ki ponujajo ustrezno vsebnost vlaknine, so običajno manj energijsko gosta in imajo večji volumen kot hrana z manj prehranske vlaknine. Da pojemo to večjo maso hrane, traja dlje, kar lahko prinese občutek sitosti prej, vendar je ta občutek polnosti kratkotrajen (Slavin, 2005).

## 2.8 VPLIV PREDELAVE NA PREHRANSKO VLAKNINO

Za predelavo hrane se uporablja veliko različnih postopkov, kot so: kuhanje, konzerviranje, zamrzovanje, blanširanje, predkuhanje, ekstrudiranje in mletje. Vsi ti procesi lahko vplivajo na prehransko vlaknino. Toplotna obdelava lahko prekine glikozidne vezi v komponenti prehranske vlaknine. Nekatere vrste netopne prehranske vlaknine lahko postanejo topne, lahko pa se tudi zmanjša vsebnost skupne prehranske vlaknine, če se polimeri razgradijo na manjše fragmente. Toplotna obdelava lahko zmanjša dolžino polisaharidne verige, kar povzroči zmanjšano viskoznost in sposobnost zadrževanja vode. Kuhanje zelenjave poveča vsebnost skupne prehranske vlaknine, saj se nekaj ostalih komponent živila izgubi v vodi. Ekstrudiranje žit poveča sposobnost prehranske vlaknine za zadrževanje vode in zviša vsebnost topne prehranske vlaknine.

Mletje vpliva na fermentacijo prehranske vlaknine v debelem črevesu. Žitna zrna imajo trdo zunanjo plast, ki bi bila popolnoma odporna na prebavo, če žito ne bi bilo pred uporabo brušeno. Mletje pa povzroči, da postane endosperm dostopen prebavnim encimom v zgornjem prebavnem traktu, kot tudi encimom v debelem črevesu. Mletje lahko tudi negativno vpliva na fiziološke lastnosti prehranske vlaknine v zrnih, saj poruši strukturo celične stene. To je lahko moteče predvsem pri določanju prehranske vlaknine v živilu (Mongeau in Brooks, 2003).

## 2.9 PRIPOROČILA ZA UŽIVANJE PREHRANSKE VLAKNINE

Priporočeni vnos prehranske vlaknine v ZDA je 25 do 38 g/dan (14 g/1000 kcal/dan) Pri posameznikih, mlajših od 50 let je dnevno priporočilo za vnos prehranske vlaknine 38 g/dan za moške in 25 g/dan za ženske. Za starejše od 50 let pa jo priporočajo 30 g za moške in 21 g/dan za ženske. Povprečni vnos prehranske vlaknine je kljub priporočilom precej manjši, med 13 in 14 g/dan (King in sod., 2012).

Priporočila za zdravo prehrano navajajo, da naj bi bilo v prehrani zdravih ljudi dnevno 30 do 35 g prehranske vlaknine. V prehrani kroničnih bolnikov, npr. diabetikov, pa naj bi jih bilo več, 20 g/4200 kJ zaužite energije. Po priporočilih Nacionalnega onkološkega inštituta ZDA je zgornja meja dnevno zaužite prehranske vlaknine 35 g (Koch in sod., 1993).

Proskey in DeVries (1991) navajata, da je priporočeno uživanje 20-30 g skupne vlaknine na dan za zdravo populacijo, od katerih naj bi predstavljala 1/3 topna prehranska vlaknina. Za ljudi z diabetesom, povečano telesno težo in hiperlipidemijo pa so priporočene vrednosti od 35-50 g dnevno, od katerih naj bi ravno tako predstavljala 1/3 topna prehranska vlaknina.

Odrasli naj bi na dan zaužili najmanj 30 g prehranske vlaknine, kar je približno 3 g/MJ oz. 12,5 g/1000 kcal pri ženskah in 2,4 g/MJ oz. 10 g/1000 kcal pri moških. Otroci naj bi prav tako zaužili okrog 2,4 g/MJ oz. 10 g/1000 kcal (Referenčne vrednosti..., 2004).

Pri uživanju prehranske vlaknine je pomembna velikost porcije posameznega živila: 30 g žitaric za zajtrk zagotovi približno 4 g prehranske vlaknine, 50 g solate zagotovi 0,35 g vlaknine, 50 g rozin približno 1,8 g ter 125 g koruze zagotovi okoli 2 g prehranske vlaknine (Mongeau in Brooks, 2003).

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 NAČRT DELA

Načrt dela je obsegal vpeljavo encimsko gravimetrične metode AOAC 991.43 za določanje vsebnosti prehranske vlaknine. Določili smo vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine ter izračunali skupno prehransko vlaknino v različnih vzorcih živil rastlinskega izvora.

#### 3.2 MATERIAL

Za analizo smo uporabili različne vrste zelenjave, kruha in sadja.

**Preglednica 2:** Analizirani vzorci zelenjave

Oznaka vzorca	Vrsta zelenjave	Skupina zelenjave	Pridelovalec/prodajalec
V7	brstični ohrovt	kapusnice	Tržnica Koseze
V20TO	brstični ohrovt, kuhan		Kmetija Kristan – Tržnica Sneberje
V26	kislo zelje		Tržnica LJ-center
V52	zelje, mlado		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V57	cvetača		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V57TO	cvetača, kuhana		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V25	radič	solatnice	Kmetija Vukina – Tržnica Prade
V62	solata, kristalka		Kmetijska šola Grm NM, Srebrniče
V29	kisla repa	korenovke	Brkini- Tržnica Koper
V37	rumena koleraba		Kmetija Vukina – Tržnica Prade
V37TO	rumena koleraba, kuhana		Kmetija Vukina – Tržnica Prade
V63	rdeča pesa		Kmetijska šola Grm NM, Srebrniče
V63TO	rdeča pesa, kuhana		Kmetijska šola Grm NM, Srebrniče
V65	koleraba, nadzemna		/
V66	korenje		Kmetijska šola Grm NM, Srebrniče
V66TO	korenje, kuhano		Kmetijska šola Grm NM, Srebrniče
V40	fižol, češnjevcevec	stročnice	Kmetija Kristan – Tržnica Sneberje
V43TO	fižol, češnjevcevec, kuhan		Tržnica Koseze
V67	grah		/
V67TO	grah, kuhan		/
V70	stročji fižol		Kmetija Pleško, Lutrško selo, Otočec
V70TO	stročji fižol, kuhan		Kmetija Pleško, Lutrško selo, Otočec
V49	čemaž	čebulnice	/
V61	por		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V61TO	por, kuhan		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V54	kumare	bučnice	Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V59	bučke		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V58	paprika, rumena	plodovke	Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V69	paprika, zelena		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V56	šparglji	špargljevke	/
V56TO	šparglji, kuhani		/
V60	krompir kifeljčar	gomoljnice	Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V60TOK	krompir kifeljčar, kuhan		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
V60TOP	krompir kifeljčar, pečen		Kmetija Medle, Sela pri Ratežu

/: ni podatka

**Preglednica 3:** Analizirani vzorci kruha

Oznaka vzorca	Vrsta kruha	Proizvajalec
K2	ržen, domač	Kmetija Kavh, Prevalje
K3	črn	Mercator, Pekarna Grosuplje
K5	mešan (pšenični + ržen), <i>Krjavelj</i>	Mercator, Pekarna Grosuplje
K15	koruzni, pogača	Mlinotest
K20	bel, primorska bela štruca	Mlinotest
K23	ržen, mešan	Mlinotest
K31	polnozrnat prepečenec, <i>Krex</i>	Žito
K34	mešan, s 30 % manj soli	Žito

**Preglednica 4:** Analizirani vzorci sadja

Oznaka vzorca	Vrsta sadja	Pridelovalec
S1	jagode	Kmetija Medle, Sela pri Ratežu
S2	češnjke	Vidrih Rajko, Lože, Vipava
S3	breskve	Kmetija Pleško, Lutrško selo, Otočec

### 3.3 METODE

#### 3.3.1 Priprava zračno suhega vzorca in določanje zračne sušine (Plestenjak in Golob, 2003)

##### Princip

Vzorci, ki vsebujejo visok odstotek vode ali so precej nehomogeni, predhodno sušimo v sušilniku z ventilatorjem več ur ali celo dni pri temperaturi 50-60 °C

##### Pribor:

sušilnik SO-250N/Elektromedicina (sušenje pri 50-60 °C).

##### Izvedba:

Vzorec stehtamo in homogeniziramo. Del vzorca odtehtamo v predhodno stehtano petrijevko ter sušimo približno 16 ur pri 50-60 °C. Vmes večkrat premešamo. Nato pustimo 2 uri na sobni temperaturi in stehtamo. Tako dobimo zračno suh vzorec. Vzorec nato zmeljemo in uporabimo za analize.

$$\text{Zračna sušina (g/100 g)} = \frac{b}{a} \cdot 100 \quad \dots(1)$$

$$I \text{ (g/100 g)} = 100 - \text{zračna sušina} \quad \dots(2)$$

a odtehta vzorca (g)

b teža zračno suhega vzorca (g)

I izguba teže med zračnim sušenjem (g/100 g)

### 3.3.2 Določanje vsebnosti vode v zračni sušini (Plestenjak in Golob, 2003)

#### Princip:

Sušenje vzorca v sušilniku pri temperaturi 105 °C do konstantne teže.

#### Pribor:

tehnica Scalter SPB 31,  
sušilnik Kambič, tip S 50 (sušenje pri 105 °C).

#### Izvedba:

V predhodno posušen in stehtan tehtič odtehtamo 2 do 2,5 g ( $\pm 0,1$  mg) zračno suhega vzorca. Sušimo pri 105 °C do konstantne teže. Ohladimo v eksikatorju in stehtamo.

$$\text{Vsebnost suhe snovi (g/100g)} = \frac{b}{a} \cdot 100 \quad \dots(3)$$

$$V \text{ (g/100 g)} = 100 - \text{vsebnost suhe snovi} \quad \dots(4)$$

- a odtehta vzorca (g)  
b teža vzorca po sušenju (g)  
V vsebnost vode v zračno suhem vzorcu (g/100 g)

Izračun vsebnosti vode v svežem vzorcu (Plestenjak in Golob, 2003):

$$\text{Vsebnost vode (g/100 g)} = I + V - \frac{I \cdot V}{100} \quad \dots(5)$$

Odstotek suhe snovi v živilu je torej:

$$\text{Vsebnost suhe snovi (g/100 g)} = 100 - \text{vsebnost vode} \quad \dots(6)$$

### 3.3.3 Določanje vsebnosti prehranske vlaknine z metodo AOAC 991.43 (AOAC Official Method 991.43..., 1995)

#### Princip:

Encimska razgradnja škroba in beljakovin, filtracija in gravimetrična določitev ostanka vlaknine. S to metodo določamo topno in netopno prehransko vlaknino.

#### Reagenti:

- pufer MES/TRIS,  $c = 0,05$  mol/L,  $\text{pH} = 8,3$ ; 2,13 g MES in 1,22 g TRIS raztopimo v 170 mL destilirane vode, uravnamo pH na 8,3 s 6 mol/L NaOH in dopolnimo z destilirano vodo do 200 mL,
- 6 M NaOH: 24 g NaOH raztopimo v 70 mL vode in dopolnimo do 100 mL,
- 5 % Na OH: 5,1 g 98 % NaOH raztopimo v 100 mL vode,
- 0,56 M HCl: 55,2 g konc. HCl (46,4 mL HCl z gostoto 1,19 kg/L) raztopimo v vodi in dopolnimo do 1000 mL,



- 5 % HCl: 13,4 g HCl (11,2 mL HCl z gostoto 1,19 kg/L) raztopimo v vodi in dopolnimo do 100 mL,
- encimi:
  - $\alpha$ -amilazna raztopina (Bioquant),
  - proteazna raztopina (Bioquant),
  - amiloglukozidazna raztopina (Bioquant),
- etanol (95 % v/v),
- etanol (78 %),
- aceton,
- celit (filtrirno sredstvo),
- petroleter.

#### Pribor:

- erlenmajerice (100 mL, 500 mL),
- pipete, mikropipete,
- filtrirni lončki,
- termostatisirana vodna kopel brez stresalnika,
- stresalna kopel Tecator 1024 Shaking Water Bath,
- pH-meter Metrel 5736,
- vakuumaska črpalka ABM,
- presesalne buče,
- steklene palčke,
- termometer,
- žarilni lončki,
- žarilna peč Iskraterm,
- eksikator,
- alu-folija,
- merilni valji, kapalke,
- sušilnik Sterimatic ST-11,
- tehtnica Scalter SPB 31,
- magnetno mešalo Rotamix 550 MMH.

#### Izvedba:

##### **Priprava celita in filtrirnih lončkov**

Prežarimo več gramov celita (terilnica) na 525 °C 1 uro. Po ohlajanju v eksikatorju ga po 1 g natehtamo v filtrirne lončke, ki so bili predhodno 1 uro sušeni v sušilniku na 105 °C. Filtrirne lončke s celitom sušimo 1 uro na 105 °C.

##### **Razmaščevanje vzorcev**

Vzorci, ki vsebujejo vsaj 1 % maščobe (kruh), je potrebno predhodno razmastiti s petroleterom. V erlenmajerico zatehtamo približno 1,5 g vzorca, kateremu dodamo 25 mL petroletra in premešamo. Ko se trdi delci usedejo, odlijemo odvečni petroleter. Postopek

ponovimo trikrat za vsak vzorec, nato pa damo erlenmajerico z vzorcem v sušilnik, da izpari ves petroleter.

## Analiza

Delamo v štirih vzporednih določitvah in v vsako erlenmajerico (100 mL) zatehtamo 1 g vzorca (paralelke se ne smejo razlikovat med seboj za več kot 20 mg) ter dodamo 40 mL pufru MES/TRIS, pH 8,3. Vzporedno delamo tudi dva slepa vzorca (brez vzorca, samo reagenti).

## ENCIMSKA RAZGRADNJA

V vsako erlenmajerico z mikropipeto dodamo 50  $\mu$ L termostabilne  $\alpha$ -amilaze, dobro premešamo, pokrijemo z alu-folijo in inkubiramo na vreli vodni kopeli (95-100 °C) 30 min. Čas merimo od trenutka, ko raztopina v erlenmajerici doseže 95 °C. Občasno premešamo. Raztopino ohladimo na 60 °C in z mikropipeto dodamo 50  $\mu$ L proteaze, dobro premešamo, pokrijemo z alu-folijo in med stalnim stresanjem inkubiramo 30 min pri 60 °C. Čas inkubacije začnemo meriti, ko raztopina v erlenmajerici doseže 60 °C. Dodamo 5 mL 0,56 M HCl in uravnamo vrednost pH na 4,0-4,7. Dodamo 150  $\mu$ L amiloglukozidaze, dobro premešamo, pokrijemo z alu-folijo in med stalnim stresanjem inkubiramo 30 min pri 60 °C. Čas inkubacije začnemo meriti, ko raztopina v erlenmajerici doseže 60 °C.

## FILTRACIJA IN OBARJANJE

Še vroč vzorec iz erlenmajerice prefiltriramo skozi stehant filtrirni lonček s celitom, ki je postavljen na presesalno bučo, vse skupaj pa je povezano z vakuumsko črpalko. Vsebino erlenmajerice zlivamo v filtrirni lonček počasi ob stekleni palčki, da se celit ne dviguje. Ko je vzorec prefiltriran, erlenmajerico speremo dvakrat z 10 mL destilirane vode. Nato ustavimo vakuumsko črpalko in odlijemo vsebino iz presesalne buče (filtrat) v 500 mL erlenmajerico. Z ogretim (60 °C) 95 % EtOH speremo presesalno bučo. Nato dodamo filtratu štirikratno maso 95 % EtOH (glede na maso filtrata: cca 300 mL), ogretega na 60 °C. Erlenmajerice pokrijemo z zamaškom in pustimo obarjati 1 h.

100 mL erlenmajerico, v kateri je bil vzorec, speremo še trikrat s 15 mL 78 % EtOH, dvakrat z 10 mL 95 % EtOH in trikrat z 10 mL acetona. Filtrirne lončke sušimo v sušilniku pri 105 °C 5 h, nato jih ohladimo v eksikatorju in tehtamo. Če od te teže odštejemo težo praznega filtrirnega lončka s celitom, dobimo maso ostanka netopne vlaknine. Ostanek, ki smo ga na ta način dobili, moramo še korigirati na vsebnost pepela (dve vzporedni določitvi), na vsebnost beljakovin v preostanku (drugi dve vzporedni določitvi) in slepe vzorce.

Ostanek topne prehranske vlaknine dobimo tako, da vsebino 500 mL erlenmajerice po 1 uri obarjanja prefiltriramo skozi svež stehant filtrirni lonček s celitom.

500 mL erlenmajerico speremo trikrat s 15 mL 78 % EtOH, dvakrat z 10 mL 95 % EtOH in trikrat z 10 mL acetona. Filtrirni lonček sušimo v sušilniku pri 105 °C 5 ur. Po sušenju filtrirne lončke ohladimo v eksikatorju in tehtamo. Če od te teže odštejemo težo praznega filtrirnega lončka s celitom, dobimo maso ostanka topne vlaknine, ki jo moramo še korigirati

na vsebnost pepela (dve vzoredni določitvi), na vsebnost beljakovin v preostanku (drugi dve vzoredni določitvi) in slepe vzorce.

Izračun vsebnosti prehranske vlaknine:

$$\text{Vsebnost NPV v zračni sušini (g/100 g)} = \frac{B_n - C_n - D_n - O_n}{A} \cdot 100 \quad \dots(7)$$

A	masa vzorca (g)
B <sub>n</sub>	masa ostanka netopne vlaknine (g)
C <sub>n</sub>	masa pepela v netopnem ostanku (g) (enačba 12)
D <sub>n</sub>	masa beljakovin v netopnem ostanku (g) (enačba 15)
O <sub>n</sub>	masa ostanka v slepem vzorcu
NPV	netopna prehranska vlaknina

$$\text{Vsebnost NPV v svežem vzorcu (g/100 g)} = \frac{\text{NPV v ZS} \cdot \text{SS}}{100 - V} \quad \dots(8)$$

ZS	zračna sušina
SS	vsebnost suhe snovi
V	vsebnost vode v zračno suhem vzorcu (g/100 g) (enačba 4)

$$\text{Vsebnost TPV v zračni sušini (g/100 g)} = \frac{B_t - C_t - D_t - O_t}{A} \cdot 100 \quad \dots(9)$$

A	masa vzorca (g)
B <sub>t</sub>	masa ostanka topne vlaknine (g)
C <sub>t</sub>	masa pepela v topnem ostanku (g) (enačba 12)
D <sub>t</sub>	masa beljakovin v topnem ostanku (g) (enačba 15)
O <sub>t</sub>	masa ostanka v slepem vzorcu
TPV	topna prehranska vlaknina

$$\text{Vsebnost TPV v svežem vzorcu (g/100 g)} = \frac{\text{TPV v ZS} \cdot \text{SS}}{100 - V} \quad \dots(10)$$

ZS	zračna sušina
SS	vsebnost suhe snovi
V	vsebnost vode v zračno suhem vzorcu (g/100 g) (enačba 4)

Vsota topne in netopne vlaknine nam daje vsebnost skupne prehranske vlaknine v svežem vzorcu:

$$\text{Vsebnost SPV (g/100 g)} = \text{TPV} + \text{NPV} \quad \dots(11)$$

SPV	vsebnost skupne prehranske vlaknine
-----	-------------------------------------

### 3.3.4 Določanje vsebnosti pepela v ostanku prehranske vlaknine (Plestenjak in Golob, 2003)

Vsebino filtrirnih lončkov (ostanek topne in netopne vlaknine ter celit) dveh paralelk in ene paralelke slepega vzorca prenesemo v stehtane žarilne lončke, žarimo v žarilni peči pri 525 °C, 5 ur. Nato jih ohladimo v eksikatorju in stehtamo. Od te mase odštejemo maso praznega žarilnega lončka in celita ter dobimo maso pepela.

$$C_n = m_{3n} - m_{2n} - m_{1n} \quad \dots(12)$$

$C_n$  masa pepela v netopnem ostanku (g)  
 $m_{1n}$  masa celita  
 $m_{2n}$  masa praznega žarilnega lončka  
 $m_{3n}$  masa žarilnega lončka s pepelom in celitom

$$C_t = m_{3t} - m_{2t} - m_{1t} \quad \dots(13)$$

$C_t$  masa pepela v topnem ostanku (g)  
 $m_{1t}$  masa celita  
 $m_{2t}$  masa praznega žarilnega lončka  
 $m_{3t}$  masa žarilnega lončka s pepelom in celitom

### 3.3.5 Določanje vsebnosti beljakovin v ostanku prehranske vlaknine (Kjeldahlova metoda) (Plestenjak in Golob, 2003)

Metoda temelji na določanju beljakovin neposredno preko dušika (ob upoštevanju, da je ves dušik, prisoten v živilu, beljakovinski). Za preračunavanje dušika v beljakovine uporabljamo ustrezne faktorje.

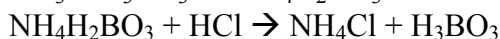
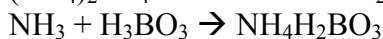
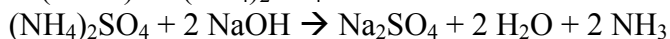
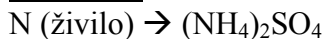
$$\text{vsebnost beljakovin} = \%N \cdot F \quad \dots(14)$$

F empirični faktor za preračunavanje dušika v beljakovine (6,25)

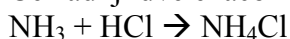
Vzorec razklopimo z mokrim sežigom s pomočjo kisline ( $H_2SO_4$ ), katalizatorja in visoke temperature.

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 zadnji dve enačbi združimo:



Iz te enačbe sledi:

1 mol HCl = 1 mol N = 14 g N

1 ml 0,1 M HCl = 0,0014 g N

#### Reagenti

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sigma Aldrich),

katalizator KJELTABS Cu/3,5 (3,5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 0,4 g CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O),

nasičena raztopina H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (ca 3 %),

30 % raztopina NaOH,

0,1 M HCl.

#### Pribor:

aparat za sežiganje vzorcev BÜCHI K424 (razklopna enota),

BÜCHI SCRUBER B-414 (čistilna enota),

BÜCHI DISTILLATION UNIT B-324 (destilacijska enota),

METROHM 702 SM TITRINO (titracijska enota),

tehnica Scalter SPB 31.

#### Izvedba:

Delo smo razdelili na tri faze:

a) mokri sežig pripravljenega homogeniziranega vzorca,

b) destilacija,

c) titracija.

a) V sežigne epruvete pretresemo vsebino filtrirnih lončkov (2 paralelki vzorca in 1 slepi vzorec), v vsako dodamo 2 tableti bakrovega katalizatorja in 20 mL koncentrirane H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Epruvete postavimo v stojalo in pokrijemo s steklenimi zvonci. Vse skupaj postavimo v ogreto enoto za razklop (Digestion Unit), kjer je temperatura 370 °C. Z vodno črpalko odvajamo zdravju škodljive hlapne preko enote imenovane Scrubber, kjer se del hlapov utekočini, preostanek pa se nevtralizira v cca. 15 % raztopini NaOH in na koncu vodi preko aktivnega oglja. Sežig je končan po 1 uri.

b) Vzorec ohladimo v epruveti na sobno temperaturo. Epruveto postavimo v destilacijsko enoto (Distillation Unit), kjer poteče doziranje 50 mL destilirane vode in 70 mL baze (NaOH). V destilacijsko predložko se dozira 60 mL borove kisline (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Nato se začne uvajati paro v vzorec. Destilacija poteka 4 minute.

c) Raztopino nastalega amonborata v predložki titriramo z 0,1 M HCl do vrednosti pH 4,65. Titracija poteka avtomatsko po vnosu odtehte vzorca (v mg) v titracijski enoti (Titrino). V končni točki titracije se zabeleži poraba kisline, iz katere se izračuna % dušika v vzorcu ter % beljakovin v vzorcu.

Izračun vsebnosti beljakovin v ostanku:

$$D_n \text{ (mg)} = \frac{\text{mL } 0,1 \text{ M HCl} \cdot 1,4 \cdot 6,25}{1000} \quad \dots(15)$$

D<sub>n</sub> masa beljakovin v netopnem ostanku (mg)

mL HCl poraba mL 0,1 M HCl za vzorec – poraba mL 0,1 M HCl za slepi poskus  
 1,4 ekvivalent (1 mL 0,1 M HCl ... 1,4 mg N)  
 6,25 splošni empirični faktor za preračun N v beljakovine

$$D_t \text{ (mg)} = \frac{\text{mL } 0,1 \text{ M HCl} \cdot 1,4 \cdot 6,25}{1000} \quad \dots(16)$$

$D_t$  masa beljakovin v topnem ostanku (mg)  
 mL HCl poraba mL 0,1 M HCl za vzorec – poraba mL 0,1 M HCl za slepi poskus  
 1,4 ekvivalent (1 mL 0,1 M HCl ... 1,4 mg N)  
 6,25 splošni empirični faktor za preračun N v beljakovine

### 3.3.6 Izračun energijske vrednosti in energijskega deleža prehranske vlaknine (Plestenjak in Golob, 2003)

Energijsko vrednost smo izračunali iz vsebnosti beljakovin, maščob, ogljikovih hidratov in prehranske vlaknine tako, da smo uporabili eksperimentalno določeno sežigno energijsko vrednost posameznih hranljivih snovi v procesih presnove, in sicer:

- beljakovine: 17 kJ/g ali 4 kcal/g,
- maščobe: 37 kJ/g ali 9 kcal/g,
- ogljikovi hidrati: 17 kJ/g ali 4 kcal/g,
- prehranska vlaknina: 8 kJ/g ali 2 kcal/g.

$$EV \text{ beljakovin (kJ/100 g)} = \text{vsebnost beljakovin (g/100 g)} \cdot 17 \text{ kJ/g} \quad \dots(17)$$

$$EV \text{ maščob (kJ/100 g)} = \text{vsebnost maščob (g/100 g)} \cdot 37 \text{ kJ/g} \quad \dots(18)$$

$$EV \text{ ogljikovih hidratov (kJ/100 g)} = \text{vsebnost ogljikovih hidratov (g/100 g)} \cdot 17 \text{ kJ/g} \quad \dots(19)$$

$$EV \text{ prehranske vlaknine (kJ/100 g)} = \text{vsebnost prehranske vlaknine (g/100 g)} \cdot 8 \text{ kJ/g} \quad \dots(20)$$

$$EV \text{ 100 g živila (kJ)} = EV \text{ beljakovin} + EV \text{ maščob} + EV \text{ ogljikovih hidratov} + EV \text{ PV} \quad \dots(21)$$

$$ED \text{ prehranske vlaknine (\%)} = \frac{EV \text{ vlaknine (v 100 g)}}{EV \text{ 100 g živila}} \cdot 100 \quad \dots(22)$$

### 3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Vse podatke in končne rezultate smo uredili s programom Microsoft Excel nato pa smo jih statistično obdelali z računalniškim programom SPSS.

Pri statistični obdelavi podatkov smo uporabili naslednje statistične parametre in teste:

- aritmetično sredino ali povprečno vrednost ( $\bar{X}$ ),
- standardni odmik (so),
- koeficient variabilnosti (KV),
- minimalno (min) vrednost,
- maksimalno (max) vrednost,
- korelacijsko analizo (Pearsonov koeficient korelacije).

#### 3.4.1 Univariatna analiza

Univariatna analiza je opisna statistika, ki podaja izračune različnih povprečnih vrednosti in mer, standardnega odklona, koeficienta variacije in minimalnih ter maksimalnih vrednosti.

##### **Aritmetična sredina ali povprečna vrednost ( $\bar{X}$ )**

Izračunamo jo, da seštejemo vrednosti spremenljivke vseh enot (podatkov) in vsoto delimo s številom enot (podatkov). Aritmetična sredina predstavlja težišče podatkov, saj je vsota odklonov posameznih vrednosti spremenljivke od povprečja navzgor enaka vsoti odklonov navzdol (Adamič, 1989).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \dots(23)$$

##### **Standardna deviacija ali odmik (sd ali so)**

Je pozitivna vrednost kvadratnega korena iz variance ( $S^2$ ). Je povprečje kvadratov odklonov posameznih vrednosti od aritmetične sredine in je osnovna mera variacije (Adamič, 1989).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad \dots(24)$$

$$so = \sqrt{S^2} = S \quad \dots(25)$$

**Koeficient variacije (KV)**

Je najpomembnejša relativna mera variabilnosti in meri kolikšen odstotek aritmetične sredine predstavlja standardni odklon. Omogoča primerjavo variabilnosti različnih spremenljivk (Košmelj, 2007).

$$KV = \frac{so}{\bar{X}} \cdot 100 \quad \dots(26)$$

**Pearsonov koeficient korelacije**

Lahko zasede vse vrednosti med -1 in 1. Pozitivne vrednosti pomenijo, da vrednost ene spremenljivke narašča z vrednostjo druge, negativne pa, da vrednost ene spremenljivke raste, druge pa pada. Vrednost nič pomeni, da med obema spremenljivkama ni nobene povezanosti. Na osnovi velikosti koeficienta korelacije lahko sklepamo, kako močna je povezava med statističnimi enotami. Kadar je vrednost koeficienta korelacije nad 0,7, govorimo o močni povezanosti. Velikost koeficienta korelacije pa nam ne pove ničesar o tem, če je povezava značilna (Adamič, 1989).



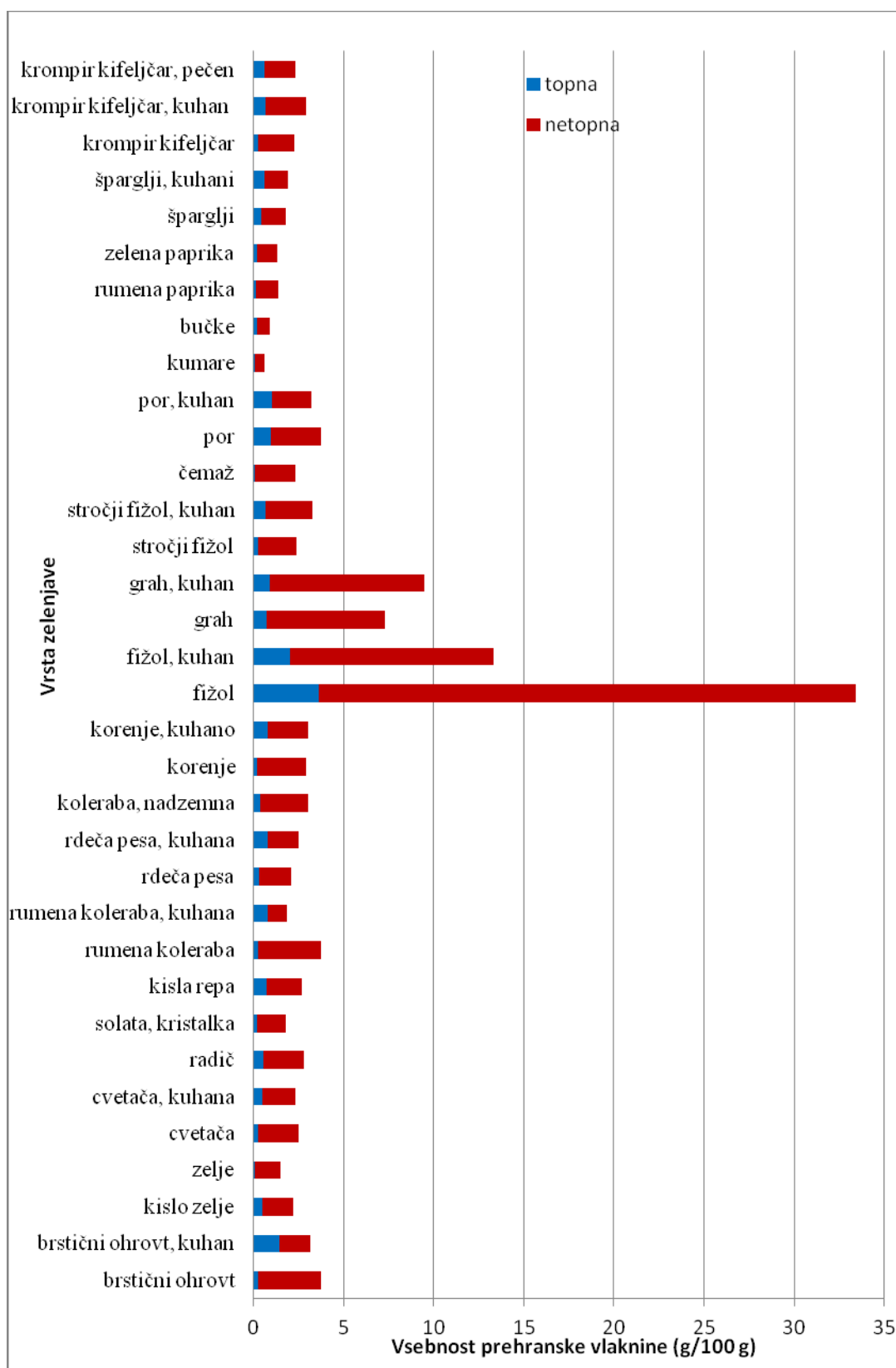
## 4 REZULTATI Z RAZPRAVO

V tem poglavju so skupaj z razpravo predstavljeni rezultati analiz določanja vsebnosti topne in netopne prehranske vlaknine ter izračun vsebnosti skupne prehranske vlaknine v različnih vrstah zelenjave, kruha in sadja. Izračunali smo energijsko vrednost in energijski delež prehranske vlaknine. Predstavljen je vpliv toplotne obdelave na vsebnost prehranske vlaknine v nekaterih vrstah zelenjave. Podana je tudi primerjava naših rezultatov s podatki tujih podatkovnih baz o hranilni sestavi živil. Vsi rezultati za vsebnost prehranske vlaknine so podani v g/100 g svežega vzorca.

### 4.1 REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE V ZELENJAVI

**Preglednica 5:** Vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah zelenjave

Skupina zelenjave	Vrsta zelenjave	Vsebnost TPV (g/100 g)	Vsebnost NPV (g/100 g)	Vsebnost SPV (g/100 g)
kapusnice	brstični ohrovt	0,24	3,51	3,75
	brstični ohrovt, kuhan	1,42	1,72	3,14
	kislo zelje	0,47	1,73	2,20
	zelje	0,06	1,41	1,47
	cvetača	0,27	2,21	2,48
	cvetača, kuhana	0,47	1,86	2,33
solatnice	radič	0,53	2,26	2,79
	solata, kristalka	0,20	1,57	1,77
korenovke	kisla repa	0,74	1,95	2,69
	rumena koleraba	0,22	3,49	3,71
	rumena koleraba, kuhana	0,76	1,11	1,87
	rdeča pesa	0,33	1,75	2,08
	rdeča pesa, kuhana	0,75	1,73	2,48
	koleraba, nadzemna	0,39	2,63	3,02
	korenje	0,18	2,72	2,90
	korenje, kuhano	0,80	2,25	3,05
stročnice	fižol	3,61	29,8	33,41
	fižol, kuhan	2,04	11,30	13,34
	grah	0,70	6,56	7,26
	grah, kuhan	0,89	8,58	9,47
	stročji fižol	0,22	2,13	2,35
	stročji fižol, kuhan	0,64	2,65	3,29
čebulnice	čemaž	0,05	2,27	2,32
	por	0,93	2,80	3,73
	por, kuhan	0,99	2,23	3,22
bučnice	kumare	0,05	0,55	0,60
	bučke	0,18	0,69	0,87
plodovke	rumena paprika	0,15	1,20	1,35
	zelena paprika	0,17	1,15	1,32
špargljevke	šparglji	0,45	1,31	1,76
	šparglji, kuhani	0,61	1,31	1,92
gomoljnice	krompir kifeljčar	0,23	2,04	2,27
	krompir kifeljčar, kuhan	0,68	2,22	2,90
	krompir kifeljčar, pečen	0,62	1,71	2,32



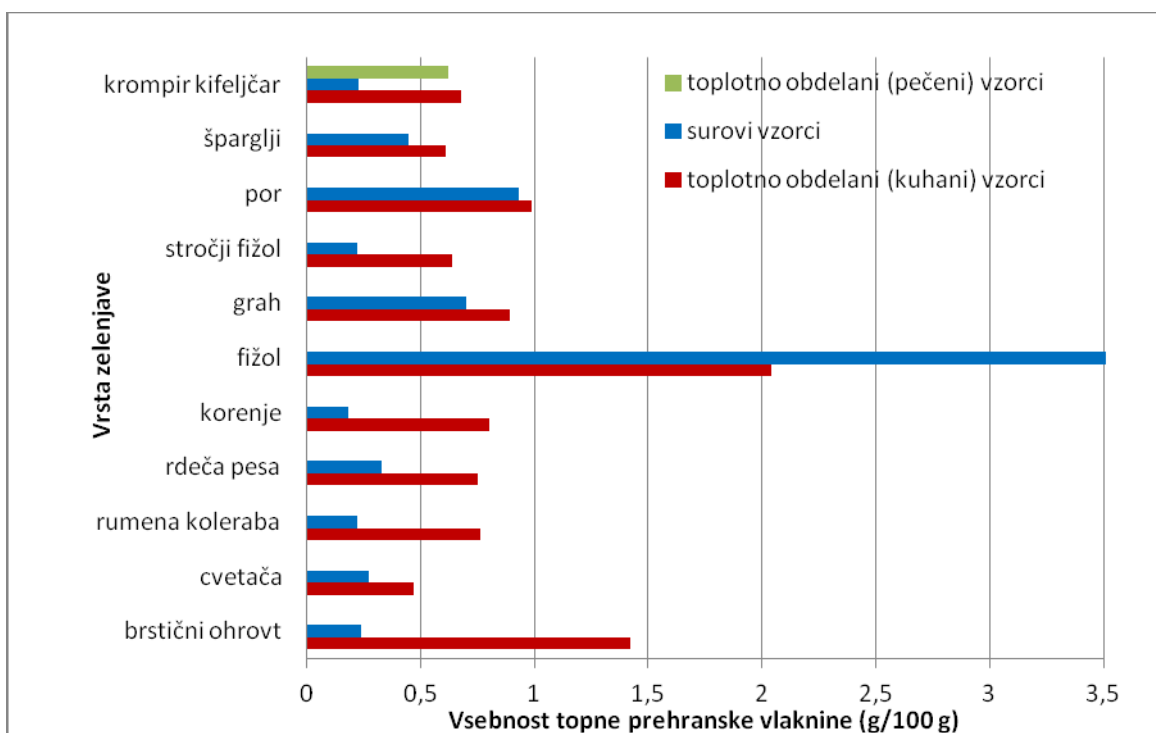
Slika 2: Vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah zelenjave

V preglednici 5 in na sliki 2 je razvidno, da je vsebnost topne vlaknine najmanjša v čemažu in kumarah (0,05 g/100 g), največja pa v fižolu (3,61 g/100 g). Najmanjšo vsebnost netopne vlaknine smo določili v kumarah (0,55 g/100 g) in največjo v surovem fižolu (29,8 g/100 g). Vsebnost skupne prehranske vlaknine v zelenjavi se je gibala med 0,60 (kumare) in 33,41 g/100 g (surov fižol).

Kot je razvidno s slike 2, najbolj izstopa fižol, ki ni toplotno obdelan. Vsebnost skupne prehranske vlaknine v surovem fižolu je znašala 33,41 g/100 g. Vsebnost prehranske vlaknine izstopa tudi pri grahu. Vsebnosti pri ostalih vrstah zelenjave se gibljejo do 3,73 g/100 g skupne prehranske vlaknine, kar pomeni, da surov fižol vsebuje približno desetkrat več skupne prehranske vlaknine kot ostali analizirani vzorci zelenjave.

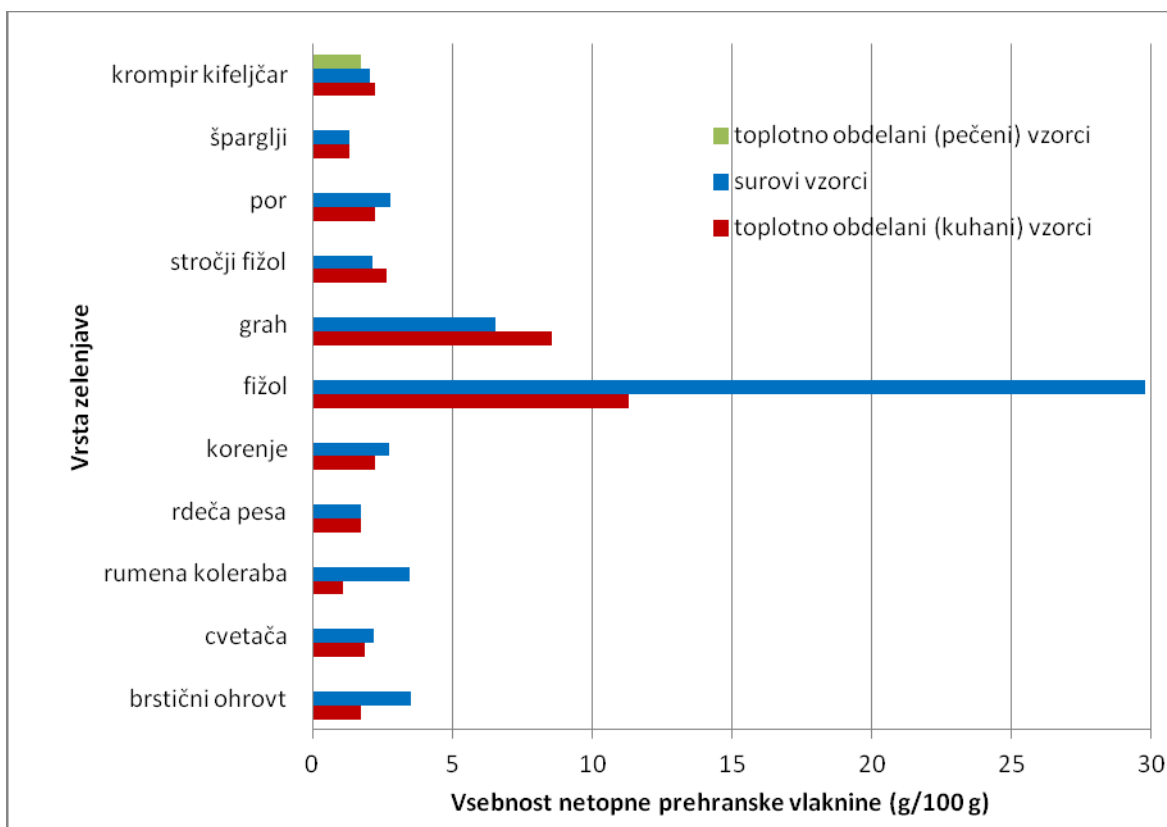
#### 4.1.1 Vpliv toplotne obdelave na vsebnost prehranske vlaknine

Toplotno smo obdelali 11 vzorcev zelenjave, ki smo jih kuhali nekaj minut v neslanem kropu, toliko, da se niso razkuhali. Krompir kifeljčar smo poleg kuhanja tudi spekli v pečici brez maščobe.



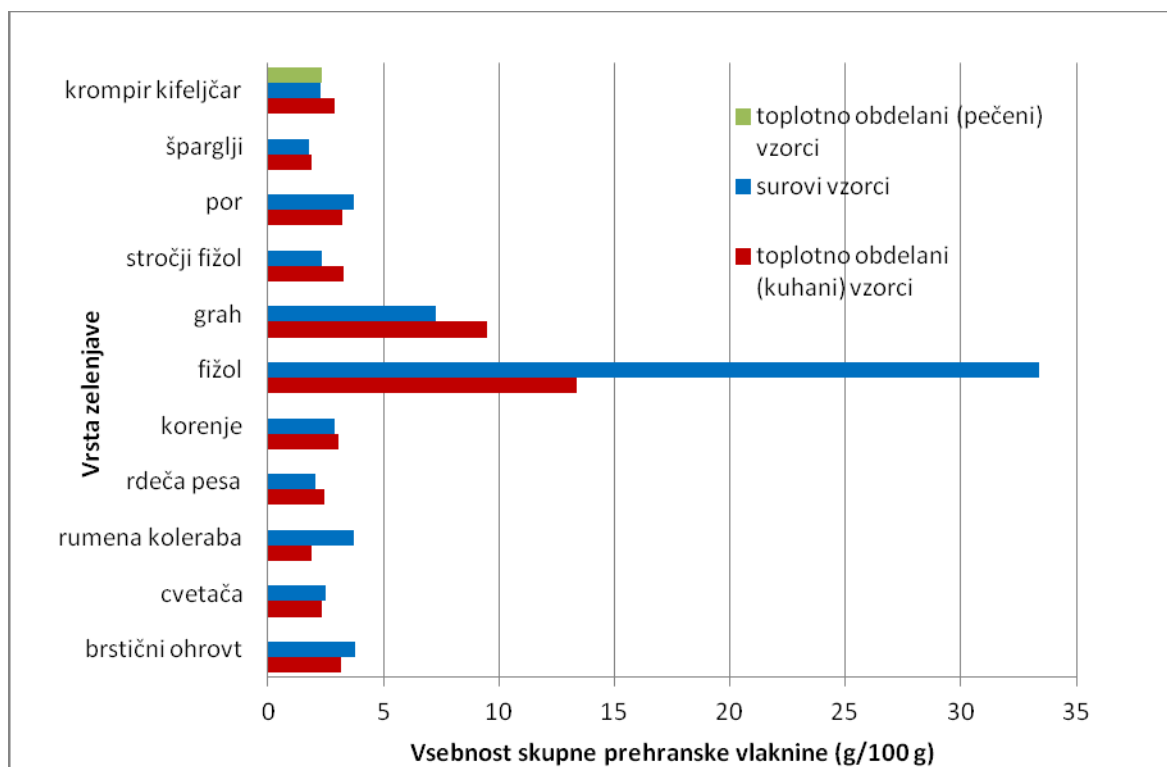
Slika 3: Primerjava vsebnosti topne prehranske vlaknine v surovih in toplotno obdelanih vzorcih zelenjave

S slike 3 je razvidno, da se je pri večini vzorcev vsebnost topne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala, razen pri vzorcu fižola, kjer se je zmanjšala za 43 %. Pri kuhanem brstičnem ohrovtu se je vsebnost topne prehranske vlaknine močno povečala. Možen vzrok je, da nekatere vrste netopne prehranske vlaknine med toplotno obdelavo postanejo topne (Mongeau in Brooks, 2003). Možen vzrok za povečanje vsebnosti topne prehranske je tudi izguba vode med kuhanjem,



**Slika 4:** Primerjava vsebnosti netopne prehranske vlaknine v surovih in toplotno obdelanih vzorcih zelenjave

Na sliki 4 vidimo, da se je vsebnost netopne vlaknine po toplotni obdelavi večinoma zmanjšala. Izjeme so grah, stročji fižol in kuhan krompir, kjer se je vsebnost netopne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala, ter šparglji in rdeča pesa, kjer je vsebnost netopne prehranske vlaknine ostala nespremenjena. Mongeau in Brooks (2003) navajata, da po toplotni obdelavi del netopne vlaknine lahko postane topen.



Slika 5: Primerjava vsebnosti skupne prehranske vlaknine v surovih in toplotno obdelanih vzorcih zelenjave

Toplotna obdelava različno vpliva na vsebnost skupne prehranske vlaknine (slika 5). Pri nekaterih vzorcih zelenjave se je vsebnost prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala, kar lahko pripišemo izgubi ostalih komponent v živilu. Za zmanjšanje vsebnosti skupne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi je možen vzrok razgradnja polimerov na manjše fragmente (Mongeau in Brooks, 2003). Pri pečenem krompirju se vsebnost skupne prehranske vlaknine skoraj ni spremenila v primerjavi s surovim krompirjem.

Preglednica 6: Sprememba vsebnosti prehranske vlaknine po toplotni obdelavi

Vzorec	% spremembe		
	Vsebnost TPV	Vsebnost NPV	Vsebnost SPV
brstični ohrovč	+ 492	- 51	- 16
cvetača	+ 74	- 16	- 6
rumena koleraba	+ 245	- 68	- 50
rdeča pesa	+ 127	- 1	+ 19
korenje	+ 344	- 17	+ 5
fižol	- 43	- 62	- 60
grah	+ 27	+ 31	+ 30
stročji fižol	+ 191	+ 24	+ 40
por	+ 6	- 20	- 14
šparglji	+ 36	0	+ 9
krompir kifeljčar	+ 195	+ 9	+ 28
	+ 170*	- 43*	+ 2*

\*pečen vzorec

V preglednici 6 so podane spremembe v vsebnosti vlaknine po toplotni obdelavi v %. Vsebnost topne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi se je najbolj spremenila pri

brstičnem ohrovtu, in sicer se je povečala kar za 492 % v primerjavi s surovim vzorcem. Precej se je povečala tudi pri korenju (za 344 %) in rumeni kolerabi (245 %). Največje spremembe v vsebnosti topne vlaknine po toplotni obdelavi so pri vzorcih, ki imajo v surovem stanju majhno vsebnost topne vlaknine. Vsebnost topne prehranske vlaknine se je zmanjšala le pri fižolu, in sicer za 43 %.

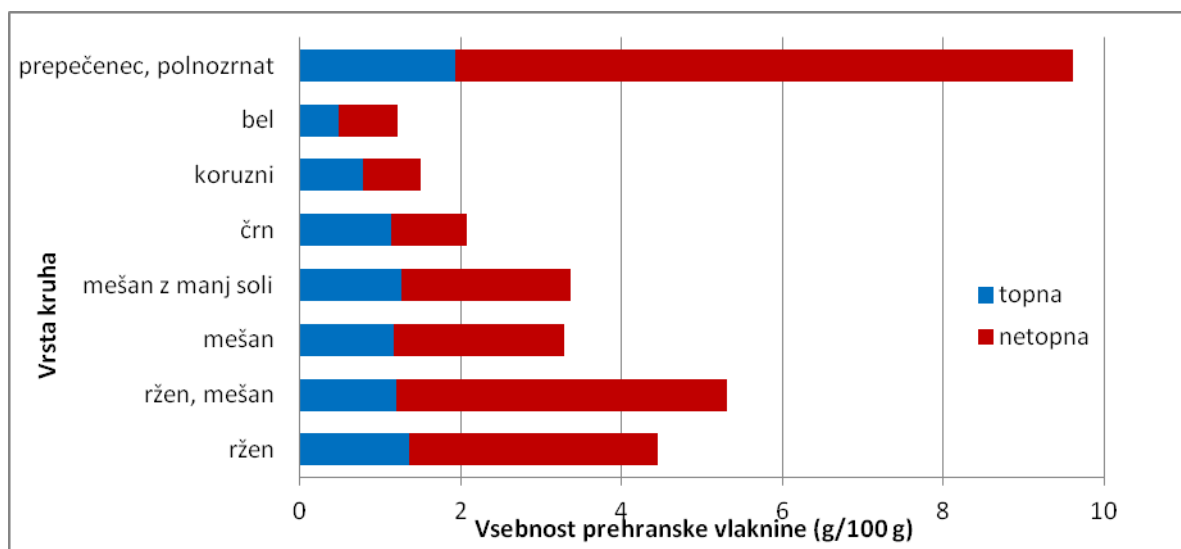
Vsebnost netopne prehranske vlaknine se je pri večini vzorcev po toplotni obdelavi zmanjšala, najbolj pri rumeni kolerabi in fižolu, za 68 oz. 62 %. Pri grahu in stročjem fižolu se je vsebnost povečala za 31 oz. 24 %. Pri špargljih se vsebnost netopne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi ni spremenila.

Največja sprememba vsebnosti skupne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi je bila pri fižolu, kjer se je zmanjšala za 60 %. Najmanj se je vsebnost skupne prehranske vlaknine spremenila pri pečenem krompirju kifeljčarju, kjer se je vsebnost povečala za 2 %.

#### 4.2 REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE V KRUHU

**Preglednica 7:** Vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah kruha

Vrsta kruha	Vsebnost TPV (g/100 g)	Vsebnost NPV (g/100 g)	Vsebnost SPV (g/100 g)
ržen	1,36	3,09	4,45
ržen, mešan	1,20	4,11	5,31
mešan	1,17	2,11	3,28
mešan z manj soli	1,26	2,10	3,36
črn	1,13	0,95	2,08
koruzni	0,78	0,73	1,51
bel	0,49	0,73	1,22
prepečenec, polnozrnat	1,94	7,67	9,61



**Slika 6:** Vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah kruha

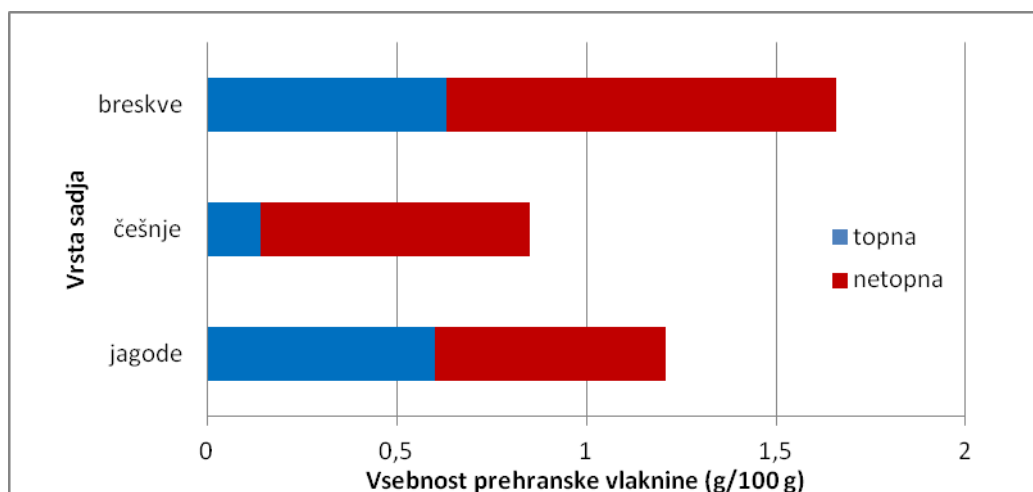
Na sliki 6 in v preglednici 7 vidimo, da se vsebnost prehranske vlaknine v različnih vrstah kruha precej razlikuje. Najmanjšo vsebnost topne vlaknine smo določili v belem kruhu (0,49 g/100 g), največ topne prehranske vlaknine pa je vseboval polnozrnat prepečenec (1,94 g/100 g). Bel in koruzni kruh sta vsebovala najmanj netopne prehranske vlaknine (0,73

g/100 g). Največ netopne prehranske vlaknine je vseboval polnozrnat prepečenec. Vsebnost skupne prehranske vlaknine v kruhu je bila največja v polnozrnatem prepečencu (9,61 g/100 g). To lahko pripišemo dejstvu, da prepečenec med vsemi analiziranimi vzorci kruha vsebuje najmanj vode. Najmanj skupne prehranske vlaknine je vseboval bel kruh (1,22 g/100 g). Če izvzamemo prepečenec, sta največ prehranske vlaknine vsebovala mešan in ržen kruh.

#### 4.3 REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE V SADJU

**Preglednica 8:** Vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vrstah sadja

Vrsta sadja	Vsebnost TPV (g/100 g)	Vsebnost NPV (g/100 g)	Vsebnost SPV (g/100 g)
jagode	0,60	0,61	1,21
češnje	0,14	0,71	0,85
breskve	0,63	1,03	1,66



**Slika 7:** Vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v različnih vzorcih sadja

Na sliki 7 in v preglednici 8 je prikazana vsebnost prehranske vlaknine v treh vrstah sadja. Breskve so vsebovale največ topne prehranske vlaknine (0,63 g/100 g), podobno vsebnost smo določili v jagodah, 0,60 g/100 g, najmanj topne prehranske vlaknine pa so vsebovale češnje (0,14 g/100 g). Breskve so vsebovale tudi največ netopne prehranske vlaknine (1,03 g/100 g), najmanj netopne vlaknine pa smo določili v jagodah. Največjo vsebnost skupne prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih sadja smo določili v breskvah (1,66 g/100 g), najmanj pa v češnjah (0,85 g/100 g).

Pri analizi vzorcev sadja je bila na površini vidna nekakšna želatina, za katero predvidevamo, da je bil pektin, vrsta prehranske vlaknine, ki prevladuje v sadju.

Med vsebnostjo prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih sadja ni velikih odstopanj, saj je največja vsebnost skupne prehranske vlaknine le 1,65 g/100 g.

## 4.4 REZULTATI ENERGIJSKE VREDNOSTI

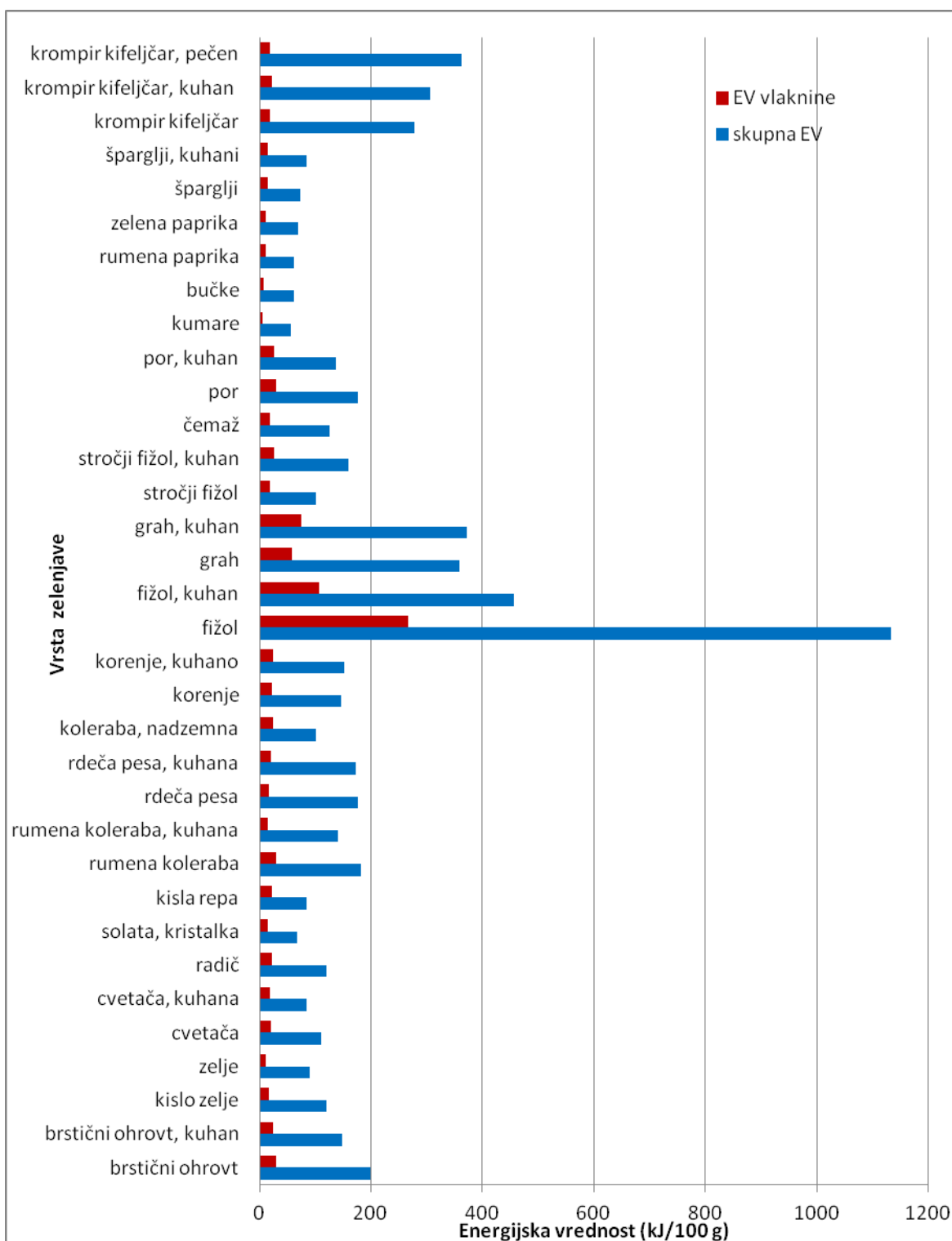
Energijsko vrednost posameznih živil smo izračunali na podlagi rezultatov vsebnosti posameznih hranljivih snovi v živilih rastlinskega izvora, ki so bila predmet raziskav v okviru diplomskih del (Boštjančič, 2012; Šumiga, 2012; Leskovec, 2012). Pri izračunu energijske vrednosti prehranske vlaknine smo upoštevali vsebnost skupne prehranske vlaknine in faktor za izračun energijske vrednosti prehranske vlaknine, ki znaša 8 kJ/g.

**Preglednica 9:** Energijska vrednost in energijski delež prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih zelenjave

Skupina zelenjave	Vrsta zelenjave	EV vlaknine (kJ/100 g)	ED vlaknine (%)
kapusnice	brstični ohrovt	30,0	15,0
	brstični ohrovt, kuhan	25,1	16,9
	kislo zelje	17,5	14,5
	zelje	11,8	13,0
	cvetača	19,8	17,9
	cvetača, kuhana	18,7	22,0
solatnice	radič	22,2	18,4
	solata, kristalka	14,1	20,8
korenovke	kisla repa	21,5	25,6
	rumena koleraba	29,7	16,4
	rumena koleraba, kuhana	14,9	10,7
	rdeča pesa	16,6	9,4
	rdeča pesa, kuhana	19,8	11,4
	koleraba, nadzemna	24,1	23,7
	korenje	23,2	15,7
	korenje, kuhano	24,3	15,9
stročnice	fižol	267,2	23,6
	fižol, kuhan	106,7	23,4
	grah	58,0	16,2
	grah, kuhan	75,8	20,4
	stročji fižol	18,7	18,6
	stročji fižol, kuhan	26,3	16,5
čebulnice	čemaž	18,6	14,8
	por	29,8	16,9
	por, kuhan	25,7	18,8
bučnice	kumare	4,7	8,4
	bučke	6,9	11,2
plodovke	rumena paprika	10,8	17,4
	zelena paprika	10,5	15,3
špargljevke	šparglji	14,0	19,4
	šparglji, kuhani	15,3	18,1
gomoljnice	krompir kifeljčar	18,1	6,5
	krompir kifeljčar, kuhan	23,1	7,6
	krompir kifeljčar, pečen	18,6	5,1

EV - energijska vrednost, ED - energijski delež





**Slika 8:** Primerjava skupne energijske vrednosti in energijske vrednosti prehranske vlaknine (kJ/100 g) v analiziranih vzorcih zelenjave

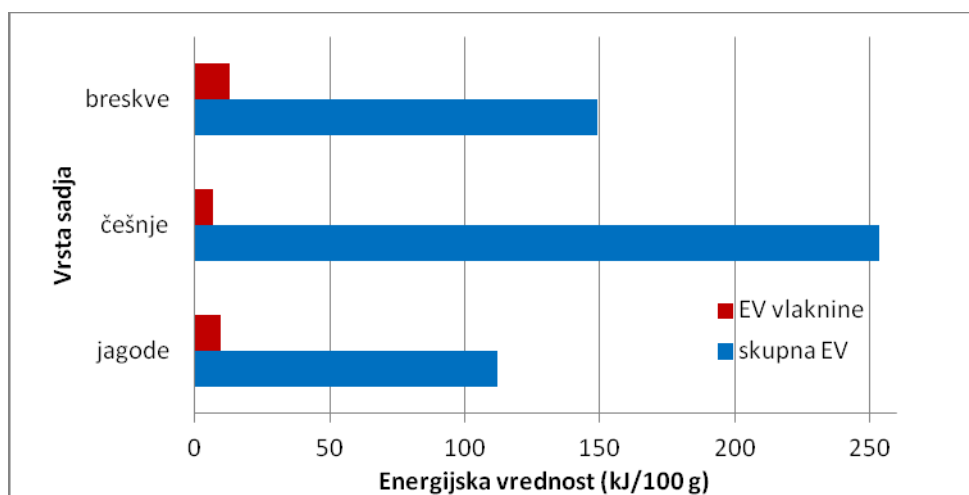
S slike 8 je razvidno, da je imel največjo energijsko vrednost fižol (1132,2 kJ/100 g). Energijske vrednosti ostalih vrst zelenjave so bile bistveno manjše. Energijska vrednost prehranske vlaknine je bila prav tako največja pri fižolu (267,2 kJ/100 g), posledično je imel fižol tudi velik energijski delež vlaknine: 23,6 % (preglednica 9). Kisla repa je imela največji

energijski delež prehranske vlaknine: 25,6 %. Najmanjšo energijsko vrednost smo določili v kumarah, le 56,7 kJ/100 g, prav tako so imele kumare najmanjšo energijsko vrednost vlaknine (4,7 kJ/100 g). Najmanjši energijski delež vlaknine je imel pečen krompir kifeljčar (5,1 %).

**Preglednica 10:** Energijska vrednost in energijski delež prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih sadja

Vrsta sadja	EV vlaknine (kJ/100 g)	ED vlaknine (%)
jagode	9,6	8,6
češnje	6,8	2,7
breskve	13,2	8,9

EV - energijska vrednost, ED - energijski delež



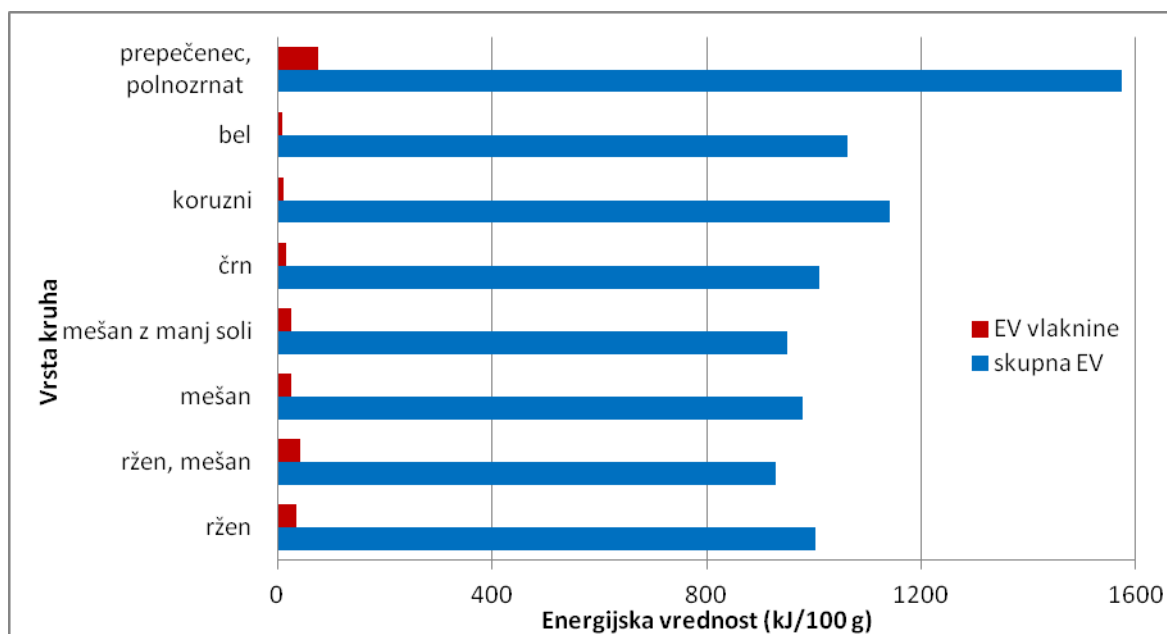
**Slika 9:** Primerjava skupne energijske vrednosti in energijske vrednosti prehranske vlaknine (kJ/100 g) v analiziranih vzorcih sadja

Na sliki 9 vidimo, da so imele češnje največjo energijsko vrednost (253,6 kJ/100 g), največjo energijsko vrednost vlaknine pa smo določili v breskvah (13,2 kJ/100 g). Prav tako so imele breskve največji energijski delež vlaknine (8,9 %), kar je razvidno iz preglednice 10. Češnje so imele najmanjši energijski delež vlaknine (2,7 %).

**Preglednica 11:** Energijska vrednost in energijski delež prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih kruha

Vrsta kruha	EV vlaknine (kJ/100 g)	ED vlaknine (%)
ržen	35,6	3,6
ržen, mešan	42,5	4,6
mešan	26,2	2,7
mešan z manj soli	26,9	2,8
črn	16,6	1,7
koruzni	12,1	1,1
bel	9,7	0,9
prepečenec, polnozrnat	76,8	4,9

EV - energijska vrednost, ED - energijski delež



**Slika 10:** Primerjava skupne energijske vrednosti in energijske vrednosti prehranske vlaknine (kJ/100 g) v analiziranih vzorcih kruha

Energijske vrednosti različnih vrst kruha, ki so podane na sliki 10, se med seboj ne razlikujejo veliko. Izstopa le polnozrnat prepečenec z energijsko vrednostjo 1572,8 kJ/100 g. Bolj se med seboj razlikujejo energijske vrednosti prehranske vlaknine, ki dosegajo vrednosti od 9,7 kJ/100 g (bel kruh) do 76,8 kJ/100 g (polnozrnat prepečenec). Energijski deleži prehranske vlaknine (preglednica 11) so bili med 0,9 % (bel kruh) in 4,9 % (polnozrnat prepečenec). Če polnozrnatega prepečenca ne bi upoštevali, bi imel največji energijski delež prehranske vlaknine ržen mešan kruh (4,6 %).

## 4.5 REZULTATI STATISTIČNE OBDELAVE

S pomočjo programa SPSS smo statistično obdelali rezultate za topno, netopno in skupno prehransko vlaknino ter za energijsko vrednost in energijski delež prehranske vlaknine. Za lažjo obdelavo podatkov smo vzorce razdelili v skupine. Rezultati za osnovne statistične parametre so podani v preglednicah 12 do 16. Pri zelenjavi smo vključili samo surove vzorce. Pri kruhu nismo vključili polnozrnatega prepečenca, ker zaradi nizke vsebnosti vode rezultati močno odstopajo v primerjavi z ostalimi vrstami kruha.

**Preglednica 12:** Vsebnost topne prehranske vlaknine (g/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri

Skupina živil	Vsebnost topne prehranske vlaknine (g/100 g)					
	n	$\bar{X}$	min	max	so	KV (%)
kapusnice	8	0,26	0,05	0,64	0,18	69
solatnice	4	0,36	0,19	0,53	0,19	53
korenovke	10	0,37	0,08	0,76	0,22	60
stročnice	6	1,51	0,21	3,63	1,64	109
čebulnice	4	0,49	0,04	0,94	0,51	105
bučnice	4	0,11	0,01	0,19	0,08	74
plodovke	4	0,16	0,13	0,18	0,02	13
špargljevke	2	0,45	0,44	0,46	0,01	3
gomoljnice	2	0,23	0,19	0,27	0,06	25
sadje	6	0,46	0,13	0,66	0,25	54
kruh	14	1,06	0,09	1,59	0,37	35

n - število obravnavanj,  $\bar{X}$  - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, so - standardni odklik, KV - koeficient variabilnosti

V preglednici 12 so podane povprečne vsebnosti topne prehranske vlaknine po skupinah živil in razvidno je, da so največ topne prehranske vlaknine vsebovale stročnice (1,51 g/100 g) in kruh (1,06 g/100 g), najmanj pa bučnice (0,11 g/100 g) in plodovke (0,16 g/100 g). Ostale skupine živil so imele vsebnost topne prehranske vlaknine v območju med 0,26 in 0,49 g/100 g. Minimalna vsebnost topne prehranske vlaknine med je bila 0,01 g/100 g pri bučnicah, maksimalna pa 3,63 g/100 g pri stročnicah.

**Preglednica 13:** Vsebnost netopne prehranske vlaknine (g/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri

Skupina živil	Vsebnost netopne prehranske vlaknine (g/100 g)					
	n	$\bar{X}$	min	max	so	KV (%)
kapusnice	8	2,21	1,33	3,56	0,86	39
solatnice	4	1,91	1,47	2,35	0,41	22
korenovke	10	2,50	1,61	3,52	0,67	27
stročnice	6	12,83	2,11	30,76	13,31	104
čebulnice	4	2,54	2,21	2,92	0,33	13
bučnice	4	0,62	0,52	0,70	0,09	14
plodovke	4	1,18	1,09	1,22	0,06	5
špargljevke	2	1,31	1,29	1,32	0,02	2
gomoljnice	2	2,04	2,03	2,04	0,01	0,4
sadje	6	0,78	0,56	1,10	0,21	28
kruh	14	1,97	0,41	4,18	1,26	64

n - število obravnavanj,  $\bar{X}$  - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, so - standardni odklik, KV - koeficient variabilnosti

V povprečju so po skupinah (preglednica 13) največ netopne prehranske vlaknine vsebovale stročnice (12,83 g/100 g). Najmanj netopne prehranske vlaknine smo določili v bučnicah, samo 0,62 g/100 g. Tudi ostale skupine so imele precej manjšo vsebnost netopne prehranske vlaknine v primerjavi s stročnicami, vsebnosti so se gibale od 0,78 g/100 g (skupina sadja) do 2,54 g/100 g (čebulnice). Minimalna vsebnost netopne prehranske vlaknine je bila 0,41 g/100 g pri kruhu, maksimalna pa 30,76 g/100 g pri stročnicah.

**Preglednica 14:** Vsebnost skupne prehranske vlaknine (g/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri

Skupina živil	Vsebnost skupne prehranske vlaknine (g/100 g)					
	n	$\bar{X}$	min	max	so	KV (%)
kapusnice	8	2,47	1,39	3,80	0,89	36
solatnice	4	2,27	1,67	2,87	0,60	26
korenovke	10	2,88	1,89	3,76	0,58	20
stročnice	6	14,33	2,31	34,39	14,95	104
čebulnice	4	3,02	2,25	3,83	0,82	27
bučnice	4	0,73	0,53	0,87	0,16	23
plodovke	4	1,33	1,27	1,36	0,04	3
špargljevke	2	1,76	1,73	1,78	0,04	2
gomoljnice	2	2,27	2,22	2,31	0,06	3
sadje	6	1,24	0,73	1,76	0,38	31
kruh	14	3,03	0,65	5,46	1,51	50

n - število obravnavanj,  $\bar{X}$  - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, so - standardni odklik, KV - koeficient variabilnosti

Preglednica 14 prikazuje povprečne vsebnosti skupne prehranske vlaknine za posamezne skupine živil. Najmanj skupne prehranske vlaknine so vsebovale bučnice (0,73 g/100 g), največ pa stročnice (14,33 g/100 g). Povprečne vrednosti za vsebnost skupne prehranske vlaknine pri ostalih skupinah so se gibale od 1,24 g/100 g v skupni sadja do 3,02 g/100 g pri čebulnicah. Minimalna vsebnost skupne prehranske vlaknine je bila določena pri bučnicah (0,53 g/100 g), maksimalna pa pri stročnicah, 34,39 g/100 g.

**Preglednica 15:** Energijska vrednost prehranske vlaknine (kJ/100 g) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri

Skupina živil	Energijska vrednost prehranske vlaknine (kJ/100 g)					
	n	$\bar{X}$	min	max	so	KV (%)
kapusnice	8	19,8	11,1	30,4	7,1	36
solatnice	4	18,2	13,4	23,0	4,8	26
korenovke	10	23,0	15,2	30,1	4,7	22
stročnice	6	114,6	18,5	275,1	119,6	104
čebulnice	4	24,7	18,0	30,7	5,2	21
bučnice	4	5,8	4,2	7,0	1,4	23
plodovke	4	10,8	10,2	10,9	0,3	3
špargljevke	2	14,0	13,8	14,2	0,3	2
gomoljnice	2	18,1	17,8	18,5	0,5	3
sadje	6	9,9	5,8	14,1	3,0	31
kruh	14	24,2	5,2	43,7	12,1	50

n - število obravnavanj,  $\bar{X}$  - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, so - standardni odmik, KV - koeficient variabilnosti

Energijska vrednost prehranske vlaknine (preglednica 15) je bila v povprečju največja pri skupini stročnic (114,6 kJ/100 g). Najmanjšo povprečno energijsko vrednost prehranske vlaknine smo določili za skupino bučnic (5,8 kJ/100 g). Ostale energijske vrednosti prehranske vlaknine so bile od 9,9 kJ/100 g pri sadju do 24,7 kJ/100 g pri čebulnicah. Minimalno energijsko vrednost prehranske vlaknine so imele bučnice 4,2 kJ/100 g, maksimalno pa so dosegle stročnice 275,1 kJ/100 g.

**Preglednica 16:** Energijski delež prehranske vlaknine (%) v posameznih skupinah živil in osnovni statistični parametri

Skupina živil	Energijski delež prehranske vlaknine (%)					
	n	$\bar{X}$	min	max	so	KV (%)
kapusnice	8	15,1	12,2	18,0	2,2	14
solatnice	4	19,6	17,7	20,9	1,5	8
korenovke	10	18,2	8,5	29,2	6,5	36
stročnice	6	19,5	16,1	24,5	3,4	18
čebulnice	4	15,8	13,7	17,4	1,5	10
bučnice	4	9,8	7,4	11,2	1,8	19
plodovke	4	16,3	14,7	17,4	1,3	8
špargljevke	2	19,4	19,1	19,7	0,5	2
gomoljnice	2	6,5	6,4	6,7	0,2	3
sadje	6	6,7	2,3	9,5	3,2	48
kruh	14	2,5	0,5	4,7	1,3	54

n - število obravnavanj,  $\bar{X}$  - povprečna vrednost, min - minimalna vrednost, max - maksimalna vrednost, so - standardni odmik, KV - koeficient variabilnosti

Energijski deleži prehranske vlaknine po skupinah živil so prikazani v preglednici 16. Najmanjši povprečni energijski delež prehranske vlaknine je imel kruh (2,5 %), med zelenjavo pa gomoljnice (6,5 %). Največji povprečni energijski delež prehranske vlaknine so imele solatnice (19,6 %) in stročnice (19,5 %). Med vsemi podatki je bil minimalni energijski delež 0,5 % v skupini kruhov, maksimum pa je bil 29,2 % pri korenovkah.

Kruh ima v primerjavi z ostalimi skupinami živil precej manjši energijski delež prehranske vlaknine. Glavna sestavina kruha je moka, ki vsebuje veliko škroba, ki ima tudi višjo energijsko vrednost kot pa prehranska vlaknina. Zato predstavlja največji energijski delež v kruhu škrob, ne pa prehranska vlaknina. Če bi analizirali samo polnozrnat kruh, bi bil energijski delež prehranske vlaknine večji, saj le ta vsebuje cela žitna zrna, ki so bolj bogata z vlaknino. Sadje in zelenjava pa vsebujeta več prehranske vlaknine in manj drugih hranil.

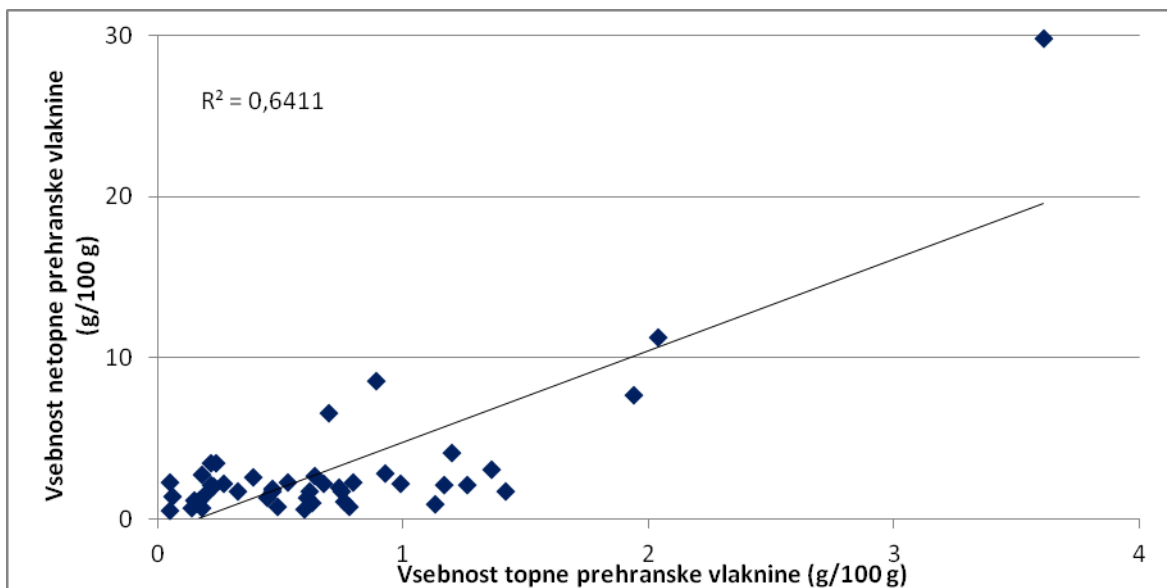
#### 4.5.1 Korelacije med analiziranimi parametri (Pearsonov korelacijski koeficient)

Pri iskanju povezav med spremenljivkami smo izračunali Pearsonov korelacijski koeficient ( $r$ ). V preglednici 17 so prikazane zveze med analiziranimi parametri. Povezanost vzorcev pomeni, da se vrednosti obeh spremenljivk spreminjajo hkrati, vendar spremenljivki nista nujno odvisni ena od druge in so lahko med seboj odvisne le posredno.

**Preglednica 17:** Zveze med analiziranimi parametri za vzorce zelenjave, sadja in kruha

Par parametrov	Pearsonov korelacijski koeficient ( $r$ )
TPV – SPV	0,835
NPV – SPV	0,997
TPV – NPV	0,789

Iz preglednice 17 je razvidno, da gre za močno povezanost med analiziranimi parametri, vrednosti korelacijskih koeficientov so večje od 0,7. Na sliki 11 je predstavljena zveza med vsebnostjo topne in netopne prehranske vlaknine za vse analizirane vzorce živil rastlinskega izvora. Koeficient korelacije je znašal 0,789.



**Slika 11:** Korelacija med vsebnostjo topne in netopne prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih zelenjave, sadja in kruha

#### 4.6 PRIMERJAVA NAŠIH REZULTATOV S PODATKI TUJIH BAZ

Naši podatki o vsebnosti prehranske vlaknine v različnih živilih rastlinskega izvora in podatki iz tujih baz o sestavi živil so zbrani v preglednicah 18 - 20. Vsi rezultati za vsebnost prehranske vlaknine so podani v g/100 g svežega vzorca. Rezultate naših analiz smo primerjali z nemškimi (Souci in sod., 2008), danskimi (DTU, 2009), slovaškimi (SFCDB, 2008) in italijanskimi (BDA, 2008) bazami podatkov, ki so del evropske baze podatkov o hranilni sestavi živil.



**Preglednica 18:** Primerjava naših rezultatov (SLO) vsebnosti prehranske vlaknine v zelenjavi s tujimi bazami podatkov

Vrsta zelenjave	Vsebnost prehranske vlaknine (g/100 g)								
	SLO			NEM			DAN	SVK	ITA
	TPV	NPV	SPV	TPV	NPV	SPV	SPV	SPV	SPV
brstični ohrovt	0,24	3,51	3,75	/	/	4,40	4,1	4,3	5,2
brstični ohrovt, kuhan	1,42	1,72	3,14	0,59	3,40	3,99	/	/	/
kislo zelje	0,47	1,73	2,20	0,84	1,30	2,14	/	2,1	1,1
zelje	0,06	1,41	1,47	1,33	1,62	2,95	2,3	2,6	2,9
cvetača	0,27	2,21	2,48	0,49	2,43	2,92	2,4	2,7	2,4
cvetača, kuhana	0,47	1,86	2,33	0,70	1,68	2,38	/	2,7	/
radič	0,53	2,26	2,79	0,37	0,89	1,26	1,1	1,4	3,0
solata, kristalka	0,20	1,57	1,77	0,20	1,24	1,44	1,1	2,4	2,1
kisla repa	0,74	1,95	2,69	/	/	/	/	/	2,6
rumena koleraba	0,22	3,49	3,71	/	/	2,90	2,9	3,7	/
rumena koleraba, kuhana	0,76	1,11	1,87	/	/	/	/	/	/
rdeča pesa	0,33	1,75	2,08	0,48	2,05	2,53	/	2,5	2,6
rdeča pesa, kuhana	0,75	1,73	2,47	/	/	/	/	2,5	/
koleraba, nadzemna	0,39	2,63	3,01	0,48	0,96	1,44	3,6	2,7	/
korenje	0,18	2,72	2,90	1,74	1,89	3,63	2,9	3,5	3,1
korenje, kuhano	0,80	2,25	3,04	1,17	1,30	2,47	/	1,5	/
fižol	3,61	29,8	33,41	5,24	18,0	23,2	17,8	16	10,6
fižol, kuhan	2,04	11,30	13,34	/	/	/	/	3,08	/
grah	0,70	6,56	7,25	0,26	3,99	4,25	5,9	7,4	5,2
grah, kuhan	0,89	8,58	9,47	/	/	3,36	/	7,4	/
stročji fižol	0,22	2,13	2,33	0,88	1,01	1,98	3,0	3,6	2,9
stročji fižol, kuhan	0,64	2,65	3,29	/	/	/	/	3,6	/
čemaž	0,05	2,27	2,32	0,92	1,26	2,18	/	/	/
por	0,93	2,80	3,73	0,52	1,75	2,27	2,2	2,5	2,9
por, kuhan	0,99	2,23	3,22	/	/	/	/	/	/
kumare	0,05	0,55	0,60	0,15	0,39	0,54	0,7	0,9	0,6
bučke	0,18	0,69	0,87	0,26	0,82	1,08	1,1	1,1	1,3
rumena paprika	0,15	1,20	1,35	/	/	/	26,2	/	0,9
zelena paprika	0,17	1,15	1,32	0,97	2,62	3,59	1,8	2,0	/
šparglji	0,45	1,31	1,76	0,40	0,91	1,27	1,8	1,5	2,1
šparglji, kuhani	0,61	1,31	1,91	0,47	0,84	1,31	/	1,5	/
krompir kifeljčar	0,23	2,04	2,27	0,91	1,15	2,07	/	0,6	1,4
krompir kifeljčar, kuhan	0,68	2,22	2,89	0,74	0,96	1,70	/	/	/
krompir kifeljčar, pečen	0,62	1,71	2,32	/	/	3,10	/	/	/

SLO - rezultati naših analiz (laboratorij Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil)

NEM - Food Composition and Nutrition Tables (Souci in sod., 2008)

SVK - Slovak Food Composition Data Bank (SFCDB, 2008)

ITA - Food Composition Database for Epidemiological Studies in Italy (BDA, 2008)

DAN - Danish Food Composition Databank (DTU, 2009)

/ - ni podatka

TPV - topna prehranska vlaknina

NPV - netopna prehranska vlaknina

SPV - skupna prehranska vlaknina

Iz preglednice 18 je razvidno, da so nekateri rezultati primerljivi s podatki iz tujih baz, pri večini analiziranih vzorcev zelenjave pa so velike razlike v primerjavi s tujimi bazami. Naši rezultati so najmanj primerljivi z italijanskimi podatki (BDA, 2008). Možnih vzrokov za razlike med našimi rezultati in tujimi podatki je več. Na rezultate lahko vplivajo zunanji

dejavniki, kot so sestava tal, podnebje, način pridelave, stopnja zrelosti ter vpliv skladiščenja in transporta. Možen vzrok za razlike je tudi uporaba različnih metod za določanje vsebnosti prehranske vlaknine.

Rezultati vsebnosti topne prehranske vlaknine so slabo primerljivi z nemškimi podatki (Souci in sod., 2008). Najbolj sta primerljiva vzorca solate in špargljev. Pri ostali zelenjavi se rezultati precej razlikujejo od nemške baze.

Tudi rezultati vsebnosti netopne prehranske vlaknine so slabo primerljivi z nemško bazo podatkov (Souci in sod., 2008). Najbolj so primerljivi rezultati za cvetačo, solato in zelje.

Nekaj rezultatov za vsebnost skupne prehranske vlaknine je primerljivih z nemškimi podatki (Souci in sod., 2008). Večina analiziranih vzorcev zelenjave je imela večjo vsebnost skupne prehranske vlaknine v primerjavi z nemškimi podatki (Souci in sod., 2008). Vsebnost skupne prehranske vlaknine v analiziranih vzorcih zelenjave je slabo primerljiva tudi z dansko bazo podatkov (DTU, 2009). S to bazo podatkov so najbolj primerljivi rezultati vzorcev cvetače in korenja. V primerjavi s slovaškimi podatki (SFCDB, 2008) je prav tako primerljivih samo nekaj vzorcev: kisló zelje, cvetača, rumena koleraba in rdeča pesa. Z italijansko bazo podatkov (BDA, 2008) pa je vsebnost skupne prehranske vlaknine primerljiva le za kumare, cvetačo, kisló repo in korenje.

**Preglednica 19:** Primerjava naših rezultatov (SLO) vsebnosti prehranske vlaknine v sadju s tujimi bazami podatkov

Vrsta sadja	Vsebnost prehranske vlaknine (g/100 g)								
	SLO			NEM			DAN	SVK	ITA
	TPV	NPV	SPV	TPV	NPV	SPV	SPV	SPV	SPV
jagode	0,60	0,61	1,21	0,58	1,05	1,63	1,5	3,0	1,6
češnje	0,14	0,71	0,85	0,50	0,81	1,31	1,3	2,0	1,3
breskve	0,63	1,03	1,65	0,78	1,14	1,92	1,7	2,2	2,1

SLO - rezultati naših analiz (laboratorij Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil)

NEM - Food Composition and Nutrition Tables (Souci in sod., 2008)

SVK - Slovak Food Composition Data Bank (SFCDB, 2008)

ITA - Food Composition Database for Epidemiological Studies in Italy (BDA, 2008)

DAN - Danish Food Composition Databank (DTU, 2009)

/ - ni podatka

TPV - topna prehranska vlaknina

NPV - netopna prehranska vlaknina

SPV - skupna prehranska vlaknina

V preglednici 19 smo primerjali naše rezultate vsebnosti prehranske vlaknine v sadju s tujimi bazami podatkov. Vsi naši rezultati niso primerljivi s tujimi bazami podatkov. V primerjavi z nemško bazo podatkov (Souci in sod., 2008) se le nekaj podatkov ujema z našimi rezultati. Primerljivi so le nekateri rezultati za vsebnost topne in netopne prehranske vlaknine. Z danskimi podatki (DTU, 2009) so naši rezultati primerljivi, izstopajo le češnje. Če primerjamo naše rezultate s slovaškimi podatki (SFCDB, 2008), ugotovimo, da podajajo večjo vsebnost skupne prehranske vlaknine za te vrste sadja. Tudi z italijansko bazo podatkov (BDA, 2008) so naši rezultati slabo primerljivi.

**Preglednica 20:** Primerjava naših rezultatov (SLO) vsebnosti prehranske vlaknine v kruhu s tujimi bazami podatkov

Vrsta kruha	Vsebnost prehranske vlaknine (g/100 g)								
	SLO			NEM			DAN	SVK	ITA
	TPV	NPV	SPV	TPV	NPV	SPV	SPV	SPV	SPV
ržen	1,36	3,09	4,45	2,89	3,57	6,46	8,6	9,5	5,8
ržen, mešan	1,2	4,11	5,31	2,43	3,63	6,07	4,3	9,5	4,6
mešan	1,17	2,11	3,27	/	/	/	/	/	/
mešan z manj soli	1,26	2,10	3,36	/	/	/	/	/	/
črn	1,13	0,95	2,08	/	/	/	/	/	/
koruzni	0,78	0,73	1,51	/	/	/	/	/	/
beli	0,49	0,73	1,22	1,44	1,75	3,19	4,0	4,3	2,8
prepečenec, polnozrnat	1,94	7,67	9,61	/	/	/	/	/	/

SLO - rezultati naših analiz (laboratorij Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil)

NEM - Food Composition and Nutrition Tables (Souci in sod., 2008)

SVK - Slovak Food Composition Data Bank (SFCDB, 2008)

ITA - Food Composition Database for Epidemiological Studies in Italy (BDA, 2008)

DAN - Danish Food Composition Databank (DTU, 2009)

/ - ni podatka

TPV - topna prehranska vlaknina

NPV - netopna prehranska vlaknina

SPV - skupna prehranska vlaknina

V tujih bazah o sestavi živil ni veliko podatkov o hranilni vrednosti različnih vrst kruha. Tako smo lahko primerjali le ržen, ržen mešan in bel kruh. Rezultati vsebnosti topne, netopne in skupne prehranske vlaknine (preglednica 20) so neprimerljivi s podatki iz nemške baze (Souci in sod., 2008). Prav tako naši rezultati vsebnosti skupne prehranske vlaknine v rženem in belem kruhu niso primerljivi z dansko (DTU, 2009), slovaško (SFCDB, 2008) in italijansko (BDA, 2008) bazo podatkov. Razlogov za takšna odstopanja je lahko več. Vsak proizvajalec ima drugačno recepturo za izdelavo kruha, največ pa je odvisno od porekla in predelave surovin.

## 5 SKLEPI

Na podlagi kemijskih analiz in izračunov, ki so bili opravljeni na različnih vzorcih zelenjave, kruhov in sadja, lahko podamo naslednje sklepe:

- Vpeljana metoda je omogočila določitev vsebnosti topne in netopne prehranske vlaknine.
- Različne skupine živil rastlinskega izvora imajo različno vsebnost prehranske vlaknine.
- Med analiziranimi vzorci zelenjave je največ skupne prehranske vlaknine vseboval fižol, najmanj pa kumare. Glede na skupine surove zelenjave (kapusnice, solatnice, korenovke, stročnice, čebulnice, bučnice, plodovke, špargljevke in gomoljnice) so največ prehranske vlaknine vsebovale stročnice, najmanj pa bučnice.
- Toplotna obdelava živila vpliva na vsebnost prehranske vlaknine. Pri večini zelenjave se je vsebnost topne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala, vsebnost netopne vlaknine pa se je zmanjšala. Pri nekaterih vrstah zelenjave se je vsebnost skupne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala (šparglji, stročji fižol, grah, korenje, rdeča pesa), pri ostalih vrstah zelenjave pa se je zmanjšala.
- Pri kruhu je največ prehranske vlaknine vseboval polnozrnat prepečenec. Če ne upoštevamo prepečenca, največ prehranske vlaknine vsebuje ržen mešan kruh. Najmanj prehranske vlaknine je vseboval bel kruh.
- Od treh analiziranih vzorcev sadja so največ prehranske vlaknine vsebovale breskve, najmanj prehranske vlaknine so vsebovale češnje.
- Pri zelenjavi je imel najmanjši energijski delež prehranske vlaknine pečen krompir kifeljčar, največjega je imela kislja repa. Glede na skupino zelenjave (ob upoštevanju samo surovih vzorcev) so imele najmanjši energijski delež gomoljnice, največjega pa solatnice.
- Izračun energijskega deleža prehranske vlaknine v sadju je pokazal, da so imele najmanjši energijski delež prehranske vlaknine češnje, največji pa breskve.
- Pri kruhu je imel najmanjši energijski delež prehranske vlaknine bel kruh, največjega pa polnozrnat prepečenec.
- Rezultati naših analiz vsebnosti prehranske vlaknine so slabo primerljivi s podatki tujih podatkovnih baz o hranilni vrednosti živil. Naši rezultati so najbolj primerljivi z nemško bazo podatkov (Souci in sod., 2008), najmanj pa z italijanskimi (BDA, 2008) podatki.

## 6 POVZETEK

Prehranska vlaknina je pomembna sestavina vsakodnevne prehrane ljudi zaradi svojih fizikalno-kemijskih lastnosti in fizioloških učinkov. Nahaja se le v živilih rastlinskega izvora: sadju, zelenjavi, oreščkih, žitaricah in izdelkih iz njih.

Prehranska vlaknina so ogljikovi hidrati, ki jih telo ne more popolnoma prebaviti in ima pozitivne učinke za naše zdravje. Dokazani so številni pozitivni vplivi topne in netopne prehranske vlaknine pri varovanju pred kardiovaskularnimi obolenji, motnjami metabolizma in obolenji gastrointestinalnega trakta. Prehrana z veliko prehranske vlaknine zmanjša energijski vnos hrane, upočasni prebavo hranil in daje občutek večje sitosti. Zaradi vseh teh specifičnih učinkov prehransko vlaknino uvrščamo med funkcionalne komponente živil.

Ker ima prehranska vlaknina velik pomen v prehrani in vpliva na zdravje, je pomembna njena vsebnost v živilih. Za določanje vsebnosti prehranske vlaknine je na voljo več metod. Glede na obnašanje vlaknine med prebavo, so najprimernejše encimske metode, kjer beljakovine in škrob razmaščenege vzorca razgradimo z ustreznimi encimi. Tako pridobljeni rezultati so bolj realni v primerjavi s klasičnimi metodami, pri katerih poteka hidroliza organskih snovi v kislem in bazičnem mediju.

Z raziskavo smo želeli vpeljati metodo AOAC 991.43 za določanje topne in netopne frakcije prehranske vlaknine v različnih skupinah živil rastlinskega izvora (zelenjavi, kruhu in sadju) in izračunati vsebnost skupne prehranske vlaknine. Zelenjavo smo razdelili v skupine (kapusnice, solatnice, korenovke, stročnice, čebulnice, bučnice, plodovke, špargljevke in gomoljnice) in primerjali vsebnost prehranske vlaknine v posamezni skupini. Ugotavljali smo, kako toplotna obdelava zelenjave vpliva na vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine. Rezultate naših analiz smo primerjali z nekaterimi tujimi bazami podatkov o hranilni sestavi živil.

Analize so pokazale, da imajo različna živila različno vsebnost prehranske vlaknine. Med analiziranimi vzorci zelenjave je največ prehranske vlaknine vseboval fižol, in sicer 3,61 g/100 g topne, 29,8 g/100 g netopne in 33,41 g/100 g skupne prehranske vlaknine. Ostale vrste zelenjave so imele precej manjšo vsebnost prehranske vlaknine, in sicer so se vsebnosti gibale od 0,05 g/100 g (kumare) do 1,42 g/100 g (kuhan brstični ohrovt) za vsebnost TPV, od 0,55 g/100 g (kumare) do 8,58 g/100 g (kuhan grah) za vsebnost NPV in od 0,60 g/100 g (kumare) do 9,47 g/100 g (kuhan grah) za vsebnost SPV. Glede na skupino zelenjave (ob upoštevanju samo surovih vzorcev) so največ prehranske vlaknine vsebovale stročnice (1,51 g/100 g topne, 12,83 g/100 g netopne in 14,33 g/100 g skupne prehranske vlaknine), najmanj pa bučnice (0,11 g/100 g topne, 0,62 g/100 g netopne in 0,73 g/100 g skupne prehranske vlaknine).

Ugotovili smo, da toplotna obdelava zelenjave vpliva na vsebnost prehranske vlaknine. Pri večini vzorcev se je vsebnost topne prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala, vsebnost netopne vlaknine pa se je zmanjšala. Pri skupni prehranski vlaknini smo dobili različne rezultate. Pri nekaterih vzorcih se je vsebnost prehranske vlaknine po toplotni obdelavi povečala, pri nekaterih pa se je zmanjšala.

Pri kruhu so se vsebnosti prehranske vlaknine gibale od 0,49 g/100 g (bel kruh) do 1,94 g/100 g (polnozrnat prepečenec) za vsebnost TPV, od 0,73 g/100 g (bel in koruzni kruh) do

7,67 g/100 g (polnozrnat prepečenec) za vsebnost NPV in od 1,22 g/100 g (bel kruh) do 9,61 g/100 g (polnozrnat prepečenec) za vsebnost SPV. Največ prehranske vlaknine je vseboval polnozrnat prepečenec, ki v primerjavi z ostalimi vrstami kruha vsebuje zelo malo vode. Če izvzamemo prepečenec, največ prehranske vlaknine vsebuje ržen mešan kruh, in sicer 1,20 g/100 g topne, 4,11 g/100 g netopne in 5,31 g/100 g skupne prehranske vlaknine. Najmanj prehranske vlaknine je vseboval bel kruh.

Od treh analiziranih vzorcev sadja vsebujejo največ topne vlaknine breskve (0,63 g/100 g), prav tako imajo breskve največjo vsebnost netopne (1,03 g/100 g) in skupne (1,65 g/100 g) prehranske vlaknine.

Energijska vrednost živila ima velik pomen pri načrtovanju dnevnih obrokov hrane. Pri izračunu energijske vrednosti živila upoštevamo energijsko vrednost maščob (37 kJ/g), ogljikovih hidratov (17 kJ/g), beljakovin (17 kJ/g) in prehranske vlaknine (8 kJ/g). Do nedavnega je za prehransko vlaknino veljalo, da nima energijske vrednosti in jo pri izračunu skupne energijske vrednosti upoštevamo šele od leta 2008.

Pri zelenjavi je imel najmanjši energijski delež prehranske vlaknine pečen krompir kifeljčar (5,1 %), največjega pa kislja repa (25,6 %). Glede na skupino zelenjave (ob upoštevanju samo surovih vzorcev) so imele najmanjši energijski delež prehranske vlaknine gomoljnice (6,5 %), največjega pa solatnice, stročnice in špargljevke (19,4 do 19,6 %).

Najmanjši energijski delež prehranske vlaknine so imele češnje (2,7 %), največjega pa breskve (8,9 %). Povprečen energijski delež prehranske vlaknine v skupini sadja je znašal 6,7 %.

Pri kruhu je imel najmanjši energijski delež prehranske vlaknine bel kruh (0,9 %), največjega pa polnozrnat prepečenec (4,9 %). Če polnozrnatega prepečenca ne bi upoštevali, bi imel največji energijski delež prehranske vlaknine ržen mešan kruh (4,6 %). Skupina kruha (brez polnozrnatega prepečenca) je imela povprečen energijski delež prehranske vlaknine 2,5 %.

Pri primerjavi rezultatov vsebnosti prehranske vlaknine naših analiz s podatki tujih baz smo ugotovili, da so naši rezultati slabo primerljivi s tujimi bazami podatkov. Primerljivih je bilo le nekaj vzorcev, najbolj z nemško (Souci in sod., 2008), najmanj pa z italijansko (BDA, 2008) bazo podatkov o hranilnih vrednostih. Podatki tujih baz so drugačni, ker je vsebnost prehranske vlaknine odvisna od sorte rastline, sestave prsti, kjer je rastlina rasla, podnebja, načina pridelave ter tudi od uporabljene analitske metode.

## 7 VIRI

- Adamič Š. 1989 Temelji biostatistike. 2. izd. Ljubljana, Medicinska fakulteta: 27-36, 116-120
- AOAC Official Method 991.43. Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods. 1995. V: Official methods of analysis of AOAC international. 15<sup>th</sup> ed. Cunniff P. (ed.). Gaithersburg, AOAC International, Chapter 32: 7-9.
- Batič M. 2001. Polisaharidi-prebiotiki. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi 2001, 8. in 9. november 2001, Portorož. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 38-48
- BDA. 2008. Food composition database for epidemiological studies in Italy. Milan, European Institute of Oncology: database  
<http://www.ieo.it/bda2008/uk/index.aspx> (september 2012)
- Boštjančič M. 2012. Hranilna vrednost surove in toplotno obdelane zelenjave. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 78 str.
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 195-197
- Commission directive (EC) 100/2008 of 28 October 2008 amending Council Directive 90/496/EEC on nutrition labelling for foodstuffs as regards recommended daily allowances, energy conversion factors and definitions. 2008. Official Journal of the European Union, 51, L 285: 9-12
- Davidson L.S.P., Passmore R., Eastwood M.A. 1986. Davidson and Passmore human nutrition and dietetics. 8<sup>th</sup> ed. Edinburgh, Churchill Livingstone: 35-35
- DTU. 2009. Danish food composition databank. Copenhagen, DTU, National Food Institute: database  
[http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb\\_default.asp](http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb_default.asp) (oktober 2012)
- Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing; Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry, 124: 411-421
- Englyst K, Quigley M., Englyst H., Parmar B., Damant A., Elahi S., Lawrance P. 2012. Evaluation of methods of analysis for dietary fibre using real foods and model foods. Food Chemistry, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.043>: 6 str. (v tisku)
- Gibson G. R., Beatty E.R., Wang X., Cummings J.H., 1995. Selective simulation of bifidobacteria in human colon by oligofructose and inulin. Gastroenterology, 108: 975-982

- Golob T., Bertonec J., Korošec M. 2012. Pomen prehranske vlaknine v prehrani človeka. *Acta Agriculturae Slovenica*, 99, 2: 201-211
- Golob T., Plestenjak A., Čater N. 1995. Dietary fiber in whole grain and enriched bread. *Prehrambno-tehnološka biotehnološka revija*, 33, 1: 47-49
- Gray J. 2006. Dietary fibre - definition, analysis, physiology and health. Brussels, ILSI Europe a.i.s.b.l.: 36 str.
- Guillon F., Champ M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33, 3: 233-245
- Harris P.J., Ferguson L.R. 1999. Dietary fibres may protect or enhance carcinogenesis. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443, 1-2: 95-110
- Jalili T., Medeiros D.M., Wildman R.E.C. 2007. Dietary fibre and coronary heart disease, V: Handbook of nutraceuticals and functional foods. 2<sup>nd</sup> ed. Wildman R.E.C. (ed.). London, CRC Press: 131-142
- King D. E., Mainous A. G., Lambourne C. A. 2012. Trends in dietary fiber intake in the United States, 1999-2008. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112, 5: 642-648
- Koch V., Pavčič M., Salobir K. 1993. Vlaknine v prehrani. V: Ogljikovi hidrati. 15. Bitenčevi živilski dnevi, 10. in 11. junij 1993, Ljubljana. Plestenjak A., Žlender B., Hribar J., Zelenik-Blatnik M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilsko tehnologijo: 39-58
- Košmelj K. 2007. Uporabna statistika. 2. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 239 str.  
[http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2721/Uporabna\\_statistika\\_okt\\_2007/Uporabna\\_statistika\\_01.pdf](http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2721/Uporabna_statistika_okt_2007/Uporabna_statistika_01.pdf)  
(sep. 2012)
- Kutoš T. 1994. Določanje vlaknin v mokah in kruhah. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 62 str.
- Langlands S.J., Hopkins M.J., Coleman N., Cummings J.H. 2004. Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel. *Gut*, 53: 1610-1616
- Lee S.C., Prosky L. 1994. Perspectives on new dietary fiber definition. *Cereal Food World*, 39, 10: 757-768



- Lee S., Prosky L., DeVries J. W. 1992. Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods: Collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 75: 395-416
- Leskovec P. 2012. Hranilna vrednost različnih vrst kruha na slovenskem trgu. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 57 str.
- Lupton J. R. 2010. Codex definition of dietary fibre and issues requiring resolution. V: *Dietary fibre: new frontiers for food and health*. Kamp J.W., Jones J., McCleary B., Topping D. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 15-24
- Megazyme. 2011. Integrated total dietary fibre assay procedure. Bray, Megazyme International: 23 str.  
<http://secure.megazyme.com/downloads/en/data/K-INTDF.pdf> (oktober 2011)
- Mljač N. 2012. Slovenska inovacija za zniževanje holesterola. Priloga Slovenskih novic Na zdravje, 2, 3: 13-13
- Mongeau R., Brooks S.P.J. 2003. Dietary fibre - properties and sources. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 3. 2<sup>nd</sup> ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 1813-1823
- Niness K.R. 1999. Inulin and oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition*, 129: 1402-1406
- Owen D. F., Cetton R.H. 1982. Dietary fiber. *Cereal Foods World*, 27, 10: 519-520
- Plestenjak A. 1993. Analitika ogljikovih hidratov. V: *Ogljikovi hidrati*. 15. Bitenčevi živilski dnevi '93. Ljubljana. 10.-11. junij, 1993. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 21-30.
- Plestenjak A., Golob T. 2003. Analiza kakovosti živil. 2. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 13-14, 91-99
- Pokorn D. 1990. Zdravje gre skozi želodec. Ljubljana, TDS Forma 7: 142 str.
- Pravilnik o spremembah Pravilnika o označevanju hranilne vrednosti živil. 2009. Uradni list Republike Slovenije, 19, 87: 11789-11789
- Prosky L., DeVries J. 1991. *Controlling dietary fiber in food products*. New York, Van Nostrand Reinhold: 161 str.
- Roberfroid M. 2005. Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, 93, Suppl. S1: S13-S25
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 20-131

- Salobir J., Salobir B. 2001. Funkcionalnost prehranske vlaknine. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 51-65
- SFCDB. 2008. Slovak food composition data bank. Bratislava, Slovak Food Composition Data, VUP Food Research Institute: database  
<http://www.pbd-online.sk/en> (september 2012)
- Slavin J.L. 2005. Dietary fiber and body weight. *Nutrition*, 21: 411-418.
- Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. 2008. Food composition and nutrition tables. 7<sup>th</sup> ed. London, Taylor and Francis Group: 1364 str.
- Šumiga D. 2012. Hranilna vrednost surove in toplotno obdelane zelenjave in sadja slovenskega porekla. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 82 str.
- Theander O., Westerlund, E., Aman P. 1993. Structure and components of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 38, 3: 135-141
- Thebaudin J.Y., Lefebvre A. C., Harrington M., Bourgeois C. M. 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8: 41-48
- Van Loo J., Coussement P., De Leenheer L., Hoebergs H., Smits G. 1995. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35: 525-552
- Westenbrink S., Brunt K., van der Kamp W. 2012. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.029>: 6 str. (v tisku)
- Zhang H., Jin Z. 2011. Preparation of products rich in resistant starch from maize starch by an enzymatic method. *Carbohydrate Polymers*, 86, 4: 1610-1614

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Jasni Bertonecelj za vso pomoč, strokovne nasvete in pregled diplomskega dela ter recenzentu prof. dr. Rajku Vidrihu za strokoven pregled diplomskega dela.

Zahvala gre celotni Katedri za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, posebej Marinki in Mojci za pomoč pri praktični izvedbi diplomskega dela in za statistično obdelavo rezultatov.

Iskreno se zahvaljujem svojim staršem in bratu za podporo, spodbudo in potrpežljivost v času študija.

Hvala tudi Izidorju za spodbudo, potrpežljivost, motivacijo in pomoč tekom študija ter pri oblikovanju diplomske naloge.

Za pregled naloge in urejanje virov se zahvaljujem Lini Burkan Makivić.

Hvala tudi vsem ostalim, ki jih nisem uspela posebej omeniti.