

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tina ZIDAR

**PREHRANSKA VLAKNINA V MODELNIH
CELODNEVNIH OBROKIH**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja Prehrana

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tina ZIDAR

**PREHRANSKA VLAKNINA V MODELNIH CELODNEVNIH
OBROKIH**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja Prehrana

DIETARY FIBRE CONTENT IN MODEL DAILY MEALS

M. Sc. Thesis
Master Study Programmes: Field Nutrition

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študijskega programa druge stopnje Prehrana. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo mesa in vrednotenje živil Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je za mentorico magistrskega dela imenovala doc. dr. Jasno Bertonec in za recenzenta prof. dr. Marjana Simčiča.

Mentorica: doc. dr. Jasna BERTONCELJ

Recenzent: prof. dr. Marjan SIMČIČ

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega magistrskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Tina Zidar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 641.1+613.21:543.635.2(043)=163.6
KG	prehrana/živila/celodnevni obroki/kemijska sestava/prehranska vlaknina/vsebnost prehranske vlaknine/analizne metode/encimsko-gravimetrična metoda/računalniški program Prodi 5.7 Expert Plus/priporočene dnevne vrednosti
AV	ZIDAR, Tina, dipl. inž. živ. in preh. (UN)
SA	BERTONCELJ, Jasna (mentorica)/SIMČIČ, Marjan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2014
IN	PREHRANSKA VLAKNINA V MODELNIH CELODNEVNIH OBROKIH
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja Prehrana)
OP	X, 60 str., 13 pregl., 12 sl., 4 pril., 49 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen magistrskega dela je bil določiti vsebnost prehranske vlaknine v celodnevni modelni obrokih. Sestava obrokov je bila naključna in živila z večjo vsebnostjo prehranske vlaknine niso bila namerno vključena. Za določanje vsebnosti netopne in topne prehranske vlaknine smo uporabili encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43, vsebnost skupne prehranske vlaknine smo izračunali. Vsebnost skupne prehranske vlaknine smo ovrednotili tudi z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. Rezultati kažejo, da imajo posamezni obroki zelo različno vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine. Vsebnost skupne prehranske vlaknine v modelnih celodnevni obrokih je znašala od 10 do 30 g. Vsebnosti skupne prehranske vlaknine, določene z obema metodama, smo med seboj primerjali ter ugotovili, da je encimsko-gravimetrična metoda zanesljivejša in natančnejša, vendar je program Prodi 5.7 Expert Plus zaradi hitrejše in cenejše obdelave obrokov primernejši za oceno prehranske vlaknine. Vsebnost skupne prehranske vlaknine v celodnevni modelni obrokih smo tudi primerjali s priporočili, podanimi v Referenčnih vrednostih za vnos hranil. Ugotovili smo, da analizirani celodnevni obroki niso bili primerno oblikovani glede na priporočila o dnevnem vnosu prehranske vlaknine. Statistična obdelava rezultatov pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo in s programom Prodi 5.7 Expert Plus je pokazala, da med rezultati, pridobljenimi z obema metodama ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti prehranske vlaknine med posameznimi modelnimi obroki. Sklepamo lahko, da je program Prodi 5.7 Expert Plus dovolj natančen za ustrezno oceno vsebnosti prehranske vlaknine v modelnih celodnevni obrokih.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Du2
 DC UDC 641.1+613.21:543.635.2(043)=163.6
 CX nutrition/foods/daily meals/chemical composition/dietary fibre/ dietary fibre content/analytical methods/enzymatic-gravimetric method/computer programme Prodi 5.7 Expert Plus/recommended daily intake
 AU ZIDAR, Tina
 AA BERTONCELJ, Jasna (supervisor)/SIMČIČ, Marjan (reviewer)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
 PY 2014
 TI DIETARY FIBRE CONTENT IN MODEL DAILY MEALS
 DT M.Sc.Thesis (Master Study Programmes: Field Nutrition)
 NO X, 60 p., 13 tab., 12 fig., 4 ann., 49 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB The aim of our research was to determinate dietary fibre content in model daily meals. The composition of meals was random and foods with a higher content of dietary fibre were not deliberately included in model daily meals. For the determination of insoluble and soluble dietary fibre content, an enzymatic-gravimetric AOAC method 991.43 was used, the content of total dietary fibre was calculated. The content of total dietary fibre was also evaluated by Prodi 5.7 Expert Plus computer programme. Analyses showed that analysed meals have different contents of soluble, insoluble and total dietary fibre. The content of the total dietary fibre in model daily meals ranged from 10 to 30 g. The contents of total dietary fibre obtained by both methods were compared and it was observed that enzymatic-gravimetric method is more reliable and accurate, but the programme Prodi 5.7 Expert Plus is more suitable as it allows faster and cheaper estimation of dietary fibre content in meals. The contents of total dietary fibre in model daily meals were also compared with the recommendations given in the reference values for nutrient intake. It was concluded that model daily meals were not appropriately composed according to the recommendations of the dietary fibre daily intake. Statistical analysis of results obtained by enzymatic-gravimetric method and programme Prodi 5.7 Expert Plus showed that there was no statistically significant difference in dietary fibre content among individual model meals. This indicates that the program Prodi 5.7 Expert Plus is accurate enough for assessment of dietary fibre content in model daily meals.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 NAMEN NALOGE	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 DEFINICIJA PREHRANSKE VLAKNINE	3
2.2 DELITEV PREHRANSKE VLAKNINE	4
2.2.1 Topna in netopna prehranska vlaknina	4
2.2.2 Viskozna in neviskozna prehranska vlaknina	5
2.2.3 Fermentabilna in nefermentabilna prehranska vlaknina	5
2.2.4 Naravna in funkcionalna prehranska vlaknina	6
2.3 KOMPONENTE PREHRANSKE VLAKNINE	6
2.3.1 Oligosaharidi	7
2.3.2 Polisaharidi	7
2.3.3 Rezistentni škrob	9
2.3.4 Druge komponente	10
2.4 VIRI PREHRANSKE VLAKNINE	10
2.5 VPLIV PREDELAVE NA PREHRANSKO VLAKNINO	11
2.6 FIZIKALNO-KEMIJSKE ZNAČILNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE	12
2.6.1 Topnost	12
2.6.2 Sposobnost vezanja vode	12
2.6.3 Viskoznost in želirne lastnosti	13
2.6.4 Sposobnost kationske izmenjave	13
2.6.5 Velikost delcev	14
2.6.6 Adsorpcija organskih molekul	14
2.6.7 Antioksidativna sposobnost	14
2.6.8 Fermentabilnost	15
2.7 FIZIOLOŠKI UČINKI PREHRANSKE VLAKNINE	16
2.7.1 Pozitivni učinki prehranske vlaknine	16
2.7.2 Vpliv prehranske vlaknine na kronične bolezni	17
2.7.3 Negativni učinki prehranske vlaknine	19
2.8 ENERGIJSKA VREDNOST PV IN PRIPOROČILA	19
2.9 DOLOČANJE VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE	20
3 MATERIAL IN METODE	23
3.1 NAČRT DELA	23
3.2 MATERIAL	23

3.3	METODE.....	24
3.3.1	Priprava zračno suhega vzorca in določanje zračne sušine obroka (Plestenjak in Golob, 2003).....	24
3.3.2	Določanje vode v zračni sušini in v svežem obroku (Plestenjak in Golob, 2003)	25
3.3.3	Določanje vsebnosti prehranske vlaknine z metodo AOAC 991.43 (AOAC Official Method 991.43..., 1995).....	25
3.3.4	Določitev vsebnosti PV z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus	34
3.4	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	34
4	REZULTATI.....	35
4.1	REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE, DOLOČENE Z ENCIMSKO-GRAVIMETRIČNO METODO AOAC 991.43	35
4.2	REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE, DOLOČENI S PROGRAMOM PRODI 5.7 EXPERT PLUS	39
4.3	PRIMERJAVA REZULTATOV VSEBNOSTI SPV, PRIDOBLENJIH Z ENCIMSKO-GRAVIMETRIČNO METODO AOAC 991.43 IN S PROGRAMOM PRODI 5.7 EXPERT PLUS	41
4.4	PRIMERJAVA REZULTATOV VSEBNOSTI SKUPNE PREHRANSKE VLAKNINE S PRIPOROČILI.....	43
4.5	REZULTATI STATISTIČNE OBDELAVE	44
4.5.1	Rezultati analize vsebnosti PV z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43	45
4.5.2	Primerjava rezultatov analize vsebnosti PV, določene z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43 in s programom Prodi 5.7 Expert Plus	45
4.5.3	Rezultati statistične primerjave med obroki.....	46
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	48
5.1	RAZPRAVA.....	48
5.2	SKLEPI.....	53
6	POVZETEK.....	54
7	VIRI	56

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Pregled razpoložljivih AOAC metod za določanje prehranske vlaknine PV (Westenbrink in sod., 2013)	22
Slika 2: Razmaščevanje vzorca v Soxhletovem aparatu	27
Slika 3: Priprava filtrirnih lončkov	28
Slika 4: Obarjanje topne vlaknine pri sobni temperaturi	29
Slika 5: Filtriranje oborjenega vzorca za določanje vsebnosti topne prehranske vlaknine (TPV) v vzorcu	30
Slika 6: Filtrirni lončki po končani filtraciji topne prehranske vlaknine (TPV)	30
Slika 7: Tehtanje ohlajenih žarilnih lončkov	31
Slika 8: Primerjava vsebnosti topne (TPV) in netopne prehranske vlaknine (NPV) v obrokih analiziranih z encimsko-gravimetrično metodo	38
Slika 9: Primerjava vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV), določene z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus	42
Slika 10: Vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV) v modelnih celodnevni obrokih v primerjavi s priporočenim dnevnim vnosom (RDI)	44
Slika 11: Prikaz parametrov ter preglednica o sestavi 1. in 2. osi pri testu PCA	46
Slika 12: Razporeditev vzorcev (obrokov) glede na parametre 1. in 2. osi s slike 11	47

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vsebnost skupne (SPV), topne (TPV) in netopne prehranske vlaknine (NPV) v nekaterih živilih (Johnson, 2005).....	5
Preglednica 2: Sestavine prehranske vlaknine (AACC, 2001; Gray, 2006).....	7
Preglednica 3: Naravni viri komponent prehranske vlaknine (PV) (Gray, 2006).....	11
Preglednica 4: Priporočila za dnevni vnos skupne prehranske vlaknine (Stylianopoulos, 2005b).....	20
Preglednica 5: Metode določanja prehranske vlaknine (PV), odobrene s strani AOAC (Asp, 2001; Möller, 2011) ter druge metode, ki so v uporabi (Gray, 2006)	21
Preglednica 6: Vzorci, analizirani z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43	24
Preglednica 7: Vsebnosti netopne (NPV), topne (TPV) in skupne prehranske vlaknine (SPV) v analiziranih vzorcih (g/100 g)	36
Preglednica 8: Vsebnosti prehranske vlaknine, določene z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43, v posameznih in celodnevni obrokih.....	37
Preglednica 9: Vsebnost skupne prehranske vlaknine (SPV) v posameznih in celodnevni obrokih, določena z računalniški programom Prodi 5.7 Expert Plus	40
Preglednica 10: Statistično značilne zveze med analiziranimi parametri (encimsko-gravimetrična metoda).....	45
Preglednica 11: Statistično značilne zveze med analiziranimi parametri (obe metodi)	46
Preglednica 12: Odstopanja vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV), določene s programom Prodi 5.7 Expert Plus od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo.....	49
Preglednica 13: Vsebnost skupne prehranske vlaknine (SPV) v celodnevni obroku določena z obema metodama in priporočen dnevni vnos (RDI)	50

KAZALO PRILOG

Priloga A: Modelni celodnevni obroki vključeni v prehranski poskus

Priloga B: Recepti posameznih obrokov, ki so bili vključeni v prehranski poskus

Priloga C1: Rezultati Kruskal-Wallisovega testa pri rezultatih pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo

Priloga C2: Rezultati Kruskal-Wallisovega testa pri vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV) pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo ter s pomočjo programa Prodi 5.7 Expert Plus

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AACC	ameriško združenje kliničnih kemikov (ang. American Association of Cereal Chemists)
ADA	ameriško združenje dietetikov (ang. American Dietetic Association)
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATP	adenozin-trifosfat
CAC	Codex Alimentarius Commission
d. malica	dopoldanska malica
FDA	ameriška administracija za prehrano in zdravila (ang. Food and Drug Administration (ZDA))
EFSA	evropska agencija za varnost hrane (ang. European Food Safety Authority)
EtOH	etanol
GI	glikemijski indeks
GLP-1	glukagonu podoben peptid
HCl	klorovodikova kislina
HDL	lipoproteini visoke gostote
HPAEC	anionsko izmenjevalna tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (ang. High Performance Anion-Exchange Chromatography)
HPAEC-PAD	anionsko izmenjevalna tekočinska kromatografija visoke ločljivosti s pulzno amperometrično detekcijo (ang. High Performance Anion-Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection)
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (ang. High-Performance Liquid Chromatography)
ILSI	mednarodni inštitut za vede o življenju (ang. International Life Science Institute)
kcal	kilokalorija
kJ	kilojoule
LDL	lipoproteini nizke gostote
MJ	megajoule
MK	maščobne kisline
MES	2-(N-morfolino) etansulfonska kislina
NaOH	natrijev hidroksid
NPV	netopna prehranska vlaknina
OH	ogljikovi hidrati
p. malica	popoldanska malica
PV	prehranska vlaknina
RDI	priporočljiv dnevni vnos
RS ₁	fizično nedostopen škrob
RS ₂	rezistentna škrobna zrna
RS ₃	retrogradiran škrob
RS ₄	kemijsko modificiran škrob
SPV	skupna prehranska vlaknina
SS	suha snov
TPV	topna prehranska vlaknina
TRIS	tris (hidroksimetil) metilamin
ZS	zračna sušina

1 UVOD

O pomenu zdravega prehranjevanja se danes veliko govori, predvsem se poudarja uravnotežena in raznolika prehrana. To dosežemo z vnosom vseh makro- in mikrohranili, iz živil iz vseh skupin, ki pa morajo biti v pravilnem razmerju. Zadosten vnos vseh potrebnih hranilnih snovi omogoča optimalno rast, psihofizičen razvoj, vitalnost, dobre intelektualne sposobnosti, povečanje delovne storilnosti in splošne odpornosti (Koch in sod., 1993).

Pomembno skupino predstavljajo živila, ki vsebujejo prehransko vlaknino (PV), ki je nepogrešljiva v prehrani ljudi. PV ni esencialno hranilo, vendar jo zaradi njenih fizioloških učinkov in fizikalno-kemijskih lastnosti uvrščamo med funkcionalno sestavino hrane oziroma obroka. Najdemo jo v živilih rastlinskega izvora, na primer stročnicah, žitih, kašah, sadju, zelenjavi, oreščkih in v polnovrednih izdelkih (Salobir J. in Salobir B., 2001).

PV človeški prebavni encimi ne morejo razgraditi oziroma prebaviti, zato imajo živila, ki jo vsebujejo, nizko energijsko vrednost. Uživanje PV ugodno vpliva na naše zdravje in počutje, saj znižuje dvig krvnega sladkorja, podaljša občutek sitosti in posledično zmanjša energijski vnos. Poleg tega blagodejno vpliva na črevesno sluznico, znižuje LDL holesterol in glikemijski indeks (GI) živila oziroma obroka. S PV povezujejo tudi manjši pojav srčno-žilnih bolezni, raka debelega črevesja in povišanega krvnega tlaka (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Zaradi pozitivnih učinkov PV, nas zanima koliko le-te neko živilo ali obrok vsebuje. Vsebnost PV lahko preverimo v različnih podatkovnih bazah o sestavi živil, vendar pa so podatki o vsebnosti PV v samem obroku, zaradi kompleksne sestave, zelo skopi. Prav tako pa lahko z računalniškimi programi pridobimo le podatek o vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV), ne pa tudi o vsebnosti netopne prehranske vlaknine (NPV) in topne prehranske vlaknine (TPV). Dosedanje določanje PV v kompleksnih matriksih celodnevni obrokov je bilo podvrženo različnim napakam. Z uporabo novejših encimsko-gravimetričnih metod lahko te napake zmanjšamo in s tem natančneje določimo vsebnost TPV in NPV ter izračunamo vsebnost SPV.

1.1 NAMEN NALOGE

Namen magistrskega dela je bil določiti vsebnost topne, netopne in skupne PV v petih celodnevni obrokih (skupno 25 posameznih obrokov), ki so bili vključeni v prehranski poskus. PV smo določili z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43. V omenjenih obrokih smo ovrednotili vsebnost PV tudi z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. Rezultate smo statistično obdelali in ovrednotili povezavo med vsebnostjo prehranske vlaknine določeno na oba načina.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Namen in cilj raziskovalnega dela je bil postaviti naslednji hipotezi:

- vsebnost prehranske vlaknine v analiziranih obrokih bo ustrezala priporočilom, podanih v Referenčnih vrednostih za vnos hranil (2004),
- da so med rezultati vsebnosti prehranske vlaknine, pridobljenimi z encimsko-gravimetrično metodo in rezultati, pridobljenimi z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus, statistično značilna zveza.

2 PREGLED OBJAV

2.1 DEFINICIJA PREHRANSKE VLAKNINE

Prehranska vlaknina (PV) ima kompleksno zgradbo, raznoliko kemijsko strukturo in različne učinke na prebavo in presnovo, zato lahko o PV zasledimo veliko deljenih mnenj in različnih definicij. Nekatere definicije jo opredeljujejo glede na njene fiziološke učinke, druge pa glede na njeno kemijsko zgradbo (Prosky, 2001). Vendar pa se v zadnjem času vse več raziskovalcev strinja, da mora definicija PV zaradi pozitivnih fizioloških učinkov PV, na delovanje človeškega telesa, opredeliti PV tudi glede na njene fiziološke učinke in ne samo na fizikalno-kemijske lastnosti (Gray, 2006).

Večino snovi, ki jih danes prištevamo k PV so najprej poznali kot surovo vlaknino. Izraz izhaja iz živalske prehrane in predstavlja del krme, ki ni prebavljiv in jo analitska metoda simulira s kuhanjem vzorca v žvepleni kislini in kalijevem lugu ter izpiranjem z vodo, alkoholom in etrom (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Leta 1953 je Hipsley prvič omenil izraz prehranska vlaknina, ko je opisoval sestavine celične stene. Burkitt je leta 1971 priporočil večji vnos PV, saj naj bi ta imela fiziološki učinek na črevesne funkcije. Leta 1972 je Trowell v svoji prvotni definiciji PV opisal kot ostanke rastlinskih celičnih sten, kateri so odporni na delovanje človeških prebavnih encimov (Gray, 2006). Kasneje, leta 1976, pa je Trowell skupaj s sodelavci PV opisal kot vsoto lignina in rastlinskih polisaharidov (celuloza, hemiceluloza, oligosaharidi...), ki jih telesu lastni encimi ne morejo razgraditi (Salobir J. in Salobir B., 2001).

V definiciji, ki jo je predlagala AACC (American Association of Cereal Chemists), je PV opisana kot užitni del rastlin ali sorodnih ogljikovih hidratov, ki so odporni na prebavo in absorpcijo v tankem črevesu človeka in se popolno ali delno fermentirajo v debelem črevesu. K PV spadajo polisaharidi, oligosaharidi, lignin in druge komponente rastlin. Uživanje PV spodbuja pozitivne fiziološke učinke, kot so odvajalni učinek (pospešena prebava), zmanjšanje krvnega holesterola in krvnega sladkorja (AACC, 2001).

CAC (Codex Alimentarius Commission) pa je PV opredelil kot polimere ogljikovih hidratov z več kot tremi monomernimi enotami, ki se ne prebavijo niti absorbirajo v tankem črevesu (izključeni so mono- in disaharidi), sem spadajo:

- 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 (CAC, 2006; Gray, 2006).

Slednja definicija PV je zapisana v Pravilniku o spremembah Pravilnika o označevanju hranilne vrednosti živil (2009) skladno z Direktivo Komisije 2008/100/ES (2008) o spremembi Direktive Sveta 90/496/EGS. Zapisana je tudi v prilogi 1 Uredbe (EU) št. 1169/2011 Evropskega parlamenta in sveta o zagotavljanju informacij o živilih potrošnikom (2011).

2.2 DELITEV PREHRANSKE VLAKNINE

PV je glede na fiziologijo zgornjega dela prebavil smiselno deliti na topno in netopno ter viskozno in neviskozno, glede na fiziologijo spodnjega dela prebavil pa na fermentabilno in nefermentabilno PV (Skvarča, 2009). V zadnjem času pa jo strokovnjaki delijo tudi na naravno in funkcionalno PV (Golob in sod., 2012).

2.2.1 Topna in netopna prehranska vlaknina

Če je PV topna v vodi in z le-to tvori raztopino, jo označimo kot topno, v nasprotnem primeru pa za netopno. Za topno PV je značilno, da ima zmožnost povečanja viskoznosti, kar posledično znižuje krvni sladkor ter holesterol. Značilne lastnosti netopne vlaknine pa so poroznost, nizka gostota in zmožnost povečanja blata ter krajši čas prehoda skozi prebavni trakt (Elleuch in sod., 2011).

K topni PV prištevamo pektin, gume, β -glukane, k netopni pa celulozo, hemicelulozo, lignin in modificirano celulozo. Topno vlaknino najdemo v živilih kot so sadje, nekatera zelenjava, stročnice in oves. Živila, bogata z netopno vlaknino so žita, polnozrnata živila, stročnice in tudi nekatera zelenjava (Jalili in sod., 2007).

Netopna PV je definirana kot vlaknina, ki ni topna v topli puferski raztopini. Velik del NPV črevesna mikroflora fermentira v debelem črevesu, čeprav so dolgo menili da ni fermentabilna (Mongeau in Brooks, 2003).

Ocenjeno je bilo, da je približno tretjina zaužite PV topne. Količina vsebnosti topne in netopne PV je v živilih različna, kot lahko vidimo v preglednici 1. Pri določanju PV je pomembno, da vemo s kakšno metodo je bilo živilo proizvedeno, saj postopek predelave živila vpliva na vsebnost PV (Mongeau in Brooks, 2003).

Preglednica 1: Vsebnost skupne (SPV), topne (TPV) in netopne prehranske vlaknine (NPV) v nekaterih živilih (Johnson, 2005)

Živilo	Vsebnost prehranske vlaknine v živilu (g/100 g)		
	SPV	TPV	NPV
bel kruh	1,5	0,9	0,6
črn kruh	3,6	1,1	2,5
polnozrnat kruh	4,8	1,6	3,2
špageti	1,2	0,6	0,6
rženi piškoti	11,7	3,9	7,8
koruzni kosmiči	0,9	0,4	0,5
ovseni kosmiči	6,0	3,3	2,7
lešniki	3,5	1,5	2,0
orehi	6,5	2,5	4,0
arašidi	6,2	1,9	4,3
brazilski oreščki	4,3	1,3	3,0
jabolka	1,7	0,7	1,0
pomaranče	2,1	1,4	0,7
slive	1,8	1,2	0,6
banane	1,1	0,7	0,4
krompir	1,1	0,6	0,5
brstični ohrovt	4,8	2,5	2,3
zmrznjen fižol	5,2	1,6	3,6
korenje	2,5	1,4	1,1
bučke	1,2	0,6	0,6
fižol (visok)	2,3	0,9	1,4
pečen fižol	3,5	2,1	1,4
paradižnik	1,1	0,4	0,7
solata	1,2	0,6	0,6
čebula	1,7	0,9	0,8
zelena	1,3	0,6	0,7

2.2.2 Viskozna in neviskozna prehranska vlaknina

Viskozna PV je tista, ki ima sposobnost vezanja vode. Med viskozno PV štejemo pektin, β -glukane, celulozo, psilium in nekatere gume. Inulin, rezistentni škrob in celuloza pšeničnih ter riževih otrobov pa spadajo v neviskozno PV (Li, 2010).

Viskoznost prehranske vlaknine je pomembna lastnost tudi zato, ker znižuje krvni holesterol in triacilgliceride, prav tako pa zmanjšuje tudi dvig krvnega sladkorja po obroku (Mongeau in Brooks, 2003).

2.2.3 Fermentabilna in nefermentabilna prehranska vlaknina

Stopnja fermentabilnosti PV je različna pri različnih vrstah vlaknine in je odvisna od izvora PV in strukture vlaknine ter od drugih fizikalnih lastnosti, kot je na primer velikost delcev (Mongeau in Brooks, 2003).

Pretežno so topne vlaknine viskozne in fermentabilne, vendar ni vedno tako. Inulin in fruktooligosaharidi, znani tudi kot prebiotiki, spadajo med topne vlaknine, katere niso viskozne ampak samo fermentabilne (Li, 2010).

Pektin in gume se v debelem črevesu skoraj v celoti fermentirajo, medtem ko celuloza in hemiceluloza spadata med slabo fermentabilno vlaknino. Lignin zaradi svoje zgradbe in lastnosti ne fermentira. PV, ki se nahaja v sadju in zelenjavi, je bolj fermentabilna kot tista iz žitnih zrn. Med fermentacijo PV nastajajo kratkoverižne maščobne kisline, vodik, ogljikov dioksid in metan. Maščobne kisline se lahko uporabijo za nastanek molekule ATP in tako služijo kot energija mišicam v debelem črevesu (Jalili in sod., 2007).

Zaradi uživanja prevelikih količin PV, lahko produkti fermentacije povzročijo neugodne učinke, kot so napenjanje in napihnjenost. Po nastanku se vodik raztopi v krvi in kroži do pljuč, kjer ga izdihamo. Prisotnost vodika v izdihu tako dokazuje mikrobo aktivnost v črevesju (Jalili in sod., 2007).

2.2.4 Naravna in funkcionalna prehranska vlaknina

Naravna PV se nahaja v naravnih prehranskih virih. Pod naravne komponente spadajo celuloza, pektin, hemiceluloza, lignin, β -glukani, oligofruktoza, inulin ter neprebavljiv škrob (Golob in sod., 2012).

Funkcionalna živila so vsa tista živila, za katere je dokazano, da imajo poleg hranilne vrednosti tudi pozitiven učinek na eno ali več funkcij v telesu, te pa izboljšajo zdravje oziroma dobro počutje ali znižujejo tveganje za nastanek bolezni (ILSI-Europe, 1999).

Funkcionalno živilo je lahko (ILSI-Europe, 1999):

- naravno živilo;
- živilo, kateremu je bila dodana komponenta, ki blagodejno vpliva na človekovo zdravje ali živilo, ki mu je bila odvzeta škodljiva komponenta;
- živilo, v katerem je bila ena ali več komponent modificiranih;
- ali kombinacija naštetega.

Prehransko vlaknino lahko štejemo med funkcionalna živila, saj mnoge študije kažejo, da blagodejno deluje na zdravje človeka. Kot funkcionalno komponento jo lahko dodamo živilom naravno izolirano, ali pa kot sintetično vlaknino (Golob in sod., 2012).

2.3 KOMPONENTE PREHRANSKE VLAKNINE

Zgradba in sestava PV se razlikuje od rastline do rastline. Na zgradbo vpliva faza zorenja rastline in količina užitnih strukturnih komponent, ki nudijo rastlini fizično oporo. Sestavni deli celičnih sten so medsebojno povezani polimeri z različnimi vezmi (Mongeau in Brooks, 2003).

Spojine, ki sestavljajo PV so v glavnem ogljikovi hidrati, kateri so razvrščeni glede na kemijsko strukturo in stopnjo polimerizacije. Razdelimo jih v tri glavne razrede: sladkorje, oligosaharide in polisaharide. Sladkorji se delijo na monosaharide (glukoza, galaktoza, fruktoza) in disaharide (laktoza, saharoza), oligosaharidi na malto-oligosaharide in druge oligosaharide, polisaharidi pa na škrob in na neškrobne polisaharide (Asp, 2001).

PV torej sestavljajo polimeri ogljikovih hidratov (neškrobni polisaharidi), ki so sestavni deli celične stene, prav tako pa tudi polisaharidi iz morskih alg ali bakterij ter oligosaharidi kot na primer lignin (preglednica 2). Poleg tega k PV prištevajo rezistentni škrob, fruktooligosaharide, modificirano celulozo in sintetizirane polimere ogljikovih hidratov (Gray, 2006). K PV spadajo tudi kutin, suberin, voski in gume, ki so tudi neprebavljivi deli rastline (Koch, 1993).

Preglednica 2: Sestavine prehranske vlaknine (AACC, 2001; Gray, 2006)

Neškrobni polisaharidi in neprebavljivi oligosaharidi	celuloza
	hemiceluloza
	pektin
	β -glukan
	gume
	mucilage
	fruktani
	inulin
	oligofruktoza/fruktooligosaharidi
Analogi ogljikovih hidratov	rezistentni škrob
	fruktooligosaharidi
	galaktooligosaharidi
	neprebavljivi dekstrini
	modificirane ali sintetizirane komponente ogljikovih hidratov
	modificirana celuloza
	polidekstroza
Druge komponente	lignin
	voski
	fitati
	kutin
	tanini

2.3.1 Oligosaharidi

Oligosaharidi imajo nizko stopnjo polimerizacije, sestavlja jih od tri do devet monosaharidnih enot (Stylianopoulos, 2005a). Njihove lastnosti so odvisne od kemijske strukture, molekulske mase in nivoja vsebnosti mono- in disaharidov (Batič, 2001). Glavni vir oligosaharidov v prehrani odraslih so čebula, česen, por, banane in pšenica. Zaradi vedno več informacij o pozitivnem učinku PV na zdravje, so začeli prečiščene ali sintetično pridelane oligosaharide vključevati v funkcionalna živila (Laurentin in Edwards, 2005).

2.3.2 Polisaharidi

Zgrajeni so iz dolge verige monosaharidnih enot, ki so med seboj povezane z glikozidnimi vezmi. Navadno imajo visoko molsko maso in dobijo ime po monosaharidu, ki ga sestavlja. Lastnosti polisaharidov so odvisne od vrste monosaharida, ki gradi polimer, od vrste vezi, ki enote povezuje ter od razvejanosti verige. Polisaharidne molekule so lahko linearne ali razvejane. Slednje so topne v vodi, za razliko od linearnih oziroma nerazvejanih, ki so v vodi netopne (Stylianopoulos, 2005a).

Slaba stran netopnih polisaharidov (celuloza) je njihova omejena možnost vključevanja v izdelke zaradi vpliva na tehnološke in senzorične lastnosti izdelka (sprememba sestave in teksture). Zato za pripravo funkcionalnih izdelkov raje uporabijo topne polisaharide, saj imajo manj omejitev. V izdelkih pa se lahko dodatno uporabljajo tudi kot sredstva za zgoščevanje, stabilizacijo, zamenjavo maščob in tvorbo filmov ali gelov (Batič, 2001).

Celuloza:

Celuloza je nerazvejan, linearen polisaharid, sestavljen le iz molekul glukoze (tudi do 10.000 molekul), ki so povezane med seboj z β -1,4 glikozidno vezjo. Tesno povezane molekule dajejo vlaknasto strukturo, ki je netopna in odporna na razgradnjo s človeškimi prebavnimi encimi. Celuloza je glavna sestavina celične stene večine rastlin, torej je prisotna v sadju, zelenjavi, oreščkih in žitih (Gray, 2006).

Hemiceluloza:

Zgrajena je iz heterogenih monosaharidnih enot. Molekula je linearna in razvejana, vsebuje od 50 – 200 pentoznih (ksiloza, arabinoza) ter heksoznih (glukoza, galaktoza, manoza) enot. Približno tretjino PV v zelenjavi, sadju, stročnicah in oreščkih predstavlja hemiceluloza (Gray, 2006).

Hemiceluloza je v vodi netopna in v celicah nastaja neodvisno kot strukturna sestavina celičnih sten. Razvrstimo jo glede na monosaharide, ki jo sestavljajo. Hemiceluloza, ki je prisotna v žitaricah, vpliva na tehnološke lastnosti pri pripravi kruha, saj pozitivno prispeva k strukturi in reološkim lastnostim testa (Batič, 2001). Mikroorganizmi hemicelulozo v debelem črevesu hitreje razgradijo kot celulozo (Koch in sod., 1993).

Pektin:

Pektin je topna molekula, zgrajena iz galakturonske kisline. Molekule pektina tvorijo gel in njegove lastnosti so odvisne od stopnje metilacije, ki narašča med zorenjem sadja (Jalili in sod., 2007).

Nahaja se v celični steni in medceličnem tkivu rastline, predvsem v sadju, lahko ga najdemo tudi v zelenjavi, stročnicah in oreščkih. Uporabljajo ga kot sredstvo za želiranje in zgoščevanje v različnih prehrabnih izdelkih (predvsem džemih in želejih) (Gray, 2006).

Pektinu pripisujejo poleg vloge v živilstvu tudi lastnosti, ki pomembno vplivajo na prebavo in presnovo. Pektin namreč vpliva na viskoznost raztopin in ima sposobnost vezanja ionov (Koch in sod., 1993).

Inulin:

Inulin je sestavljen iz 3 – 60 monosaharidnih enot. Bakterije debelega črevesa fermentirajo inulin, kar poveča biomaso blata, povzroči nastanek kratkoverižnih maščobnih kislin in zniža vrednost pH v debelem črevesu. Z uživanjem inulina povečamo rast bifidobakterij in zmanjšamo razmnoževanje manj ugodnih mikrobov v debelem črevesu. Inulin ima tudi dobre tehnološke lastnosti, saj je nevtralnega okusa, je brezbarven in minimalno vpliva na senzorične lastnosti živila (Batič, 2001).

β -glukan:

β -glukan se nahaja v celični steni žit, predvsem v ovsenih in ječmenovih zrnih, nekaj manj pa v pšenici. Je razvejan glukozni polimer manjše velikosti kot celuloza. Molekula je topna v vodi in ima sposobnost tvorjenja viskoznih raztopin (Gray, 2006).

Viskoznost β -glukana je odvisna od molekulske mase ter prisotnosti β -1,3 vezi. Večja kot je masa molekule, večja je viskoznost. Encimska hidroliza, ki se lahko zgodi med predelavo živila, zelo zmanjša viskoznost spojine. Črevesne bakterije β -glukan s fermentacijo popolnoma razgradi (Jenkins in sod., 2005).

Pojavile so se različne zdravstvene trditve, da lahko živila, bogata z β -glukanom, zmanjšajo možnosti za nastanek srčno-žilnih obolenj. FDA je trditev, da vključitev ovsenih živil in izdelkov v prehrano človeka zmanjša možnost za srčne bolezni, tudi sprejela. Za določanje vsebnosti β -glukana je bila razvita specifična metoda (McCleary, 2001). Tudi EFSA (Evropska agencija za varnost hrane) je pozitivno ocenila zdravstvene trditve, ki se nanašajo na β -glukan iz ječmena in ovsa v povezavi z zniževanjem krvnega LDL holesterola in z vzdrževanjem normalnega krvnega tlaka (EFSA, 2011).

2.3.3 Rezistentni škrob

Sem spadajo polisaharidi z nizko stopnjo prebavljivosti, ki imajo fiziološke in funkcionalne lastnosti. Rezistentni škrobi so definirani kot skupina škrobov in razgradnih produktov škroba, ki se v tankem črevesu ne prebavijo in preidejo v debelo črevo, kjer jih črevesna mikroflora fermentira (Batič, 2001).

Rezistentni škrob lahko razdelimo na več skupin (McCleary, 2001; Jenkins in sod., 2005):

- fizično nedostopen škrob (RS_1): Škrobna zrna so ujeta v matriks živila, zato je nedostopen za prebavne encime. Najdemo ga predvsem v mletih zrnih in semenih. Glavni vir so stročnice (fižol, leča). Na razgradnjo RS_1 v živilih najbolj vpliva priprava in kuhanje, saj pride do uničenja celične stene in dostopnosti škrobnih zrn encimom.
- rezistentna škrobna zrna (RS_2): Nahaja se v surovem krompirju in zelenih bananah. Odporen je na α -amilazo, zaradi njegove kristalinične zgradbe (McCleary, 2001). Vendar pa krompir pred zaužitjem vedno toplotno obdelamo, zato je nezrela banana glavni vir RS_2 v prehrani človeka. Količina je odvisna od stopnje zrelosti banane (Gray, 2006).
- retrogradiran škrob (RS_3): Najdemo ga v kuhanih in nato ohlajenih škrobnih živilih, kot je na primer ohlajen kuhan krompir. Ponavljajoče segrevanje in ohlajanje poveča količino RS_3 v krompirju (Gray, 2006).

Retrogradacija je proces rekristalizacije želatiniziranega škroba in vključuje v glavnem linearni del škroba (amiloza). Retrogradira tudi amilopektin, vendar je proces zelo počasen, traja lahko tudi nekaj tednov ali mesecev. S ponovnim segrevanjem lahko zmanjšamo količino RS_3 , kar pomeni, da je retrogradacija delno reverzibilen proces (Champ in sod., 2001).

Eno živilo lahko vsebuje več vrst rezistentnega škroba, na primer fižol vsebuje RS_1 in RS_3 , banana pa RS_1 in RS_2 . Vedno pogostejše pa se pojavlja tudi kemijsko modificiran škrob (RS_4) (Champ in sod., 2001). Modificiran škrob je živilsko prehrabena industrija razvila zaradi njegovih funkcionalnih in fizioloških učinkov. Kemijske spremembe v škrobu so glavni razlog za zmanjšano prebavljivost škroba v tankem črevesu. Škrob obdelajo s

fizikalnimi, kemijskimi ali encimskimi metodami, katere tudi vplivajo na prebavljivost obdelanega škroba (Laurentin in Edwards, 2005).

2.3.4 Druge komponente

Lignin ne spada med ogljikove hidrate, vendar je povezan s hemicelulozo v celičnih stenah rastlin, zato ga prištevamo med prehransko vlaknino (Gray, 2006). Molekula ima mrežasto strukturo, ki je sestavljena iz podenot fenilpropana in nastane s kondenzacijo aromatskih alkoholov ter nudi stabilnost rastlinam. Lignin predstavlja olesenele dele tkiv sadja, zelenjave in žit. Do olesenitve pride zaradi pomanjkanja vode in pektina v celicah ter zaradi celične diferenciacije in zorenja. Najdemo ga predvsem v steblih žit (pšenica), majhnih zrnih, katera pokrivajo jagode ter v zunanjih plasteh žitnih zrn (Mongeau in Brooks, 2003). Lignin je netopen in ga črevesne bakterije ne morejo razgraditi (Koch in sod., 1993).

Suberin, kutin in voski so prav tako zastopani v nekaterih tkivih rastlin. Sestavljeni so iz lipidov, proteinov in ogljikovih hidratov ter tvorijo na vodo odporno povrhnjico na zunanji strani celične stene rastlin. Odporni so na razgradnjo in fermentacijo, zato vplivajo na prebavljivost drugih sestavin celične stene (Mongeau in Brooks, 2003).

Gume so velika skupina polisaharidov in njihovih derivatov, ki tvorijo zelo viskozne raztopine pri nizkih koncentracijah. V živilstvu jih večinoma uporabljajo kot sredstva za želiranje, stabilizacijo, zgoščevanje in emulgiranje. Pridobimo jih iz morskih, rastlinskih ali mikrobnih virov, lahko pa so tudi derivati škroba in celuloze (Batič, 2001).

2.4 VIRI PREHRANSKE VLAKNINE

Večina PV se nahaja v rastlinski celični steni (celuloza, pektin in hemiceluloza), zato ji pravimo tudi strukturni ogljikovi hidrati, saj so sestavni del celičnih sten rastlin. Vsebnost in vrsta vlaknine je odvisna od vrste rastline, pogojev rasti in tudi od dela rastline. Tako na primer med različnimi sortami žit obstajajo velike razlike, kar lahko privede do različnih učinkov na prebavila (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Ljudje prehransko vlaknino v največji meri uživamo z živili rastlinskega izvora, zelenjavo, sadjem, žiti, oreščki in njihovimi izdelki. Prav tako pa tudi s polnozrnatimi izdelki, katerim je prehranska vlaknina dodana in z različnimi prehranskimi dopolnili v obliki tablet in praškov (Golob in sod., 2012). V preglednici 3 lahko vidimo, v katerih naravnih virih najdemo komponente PV (Gray, 2006).

Preglednica 3: Naravni viri komponent prehranske vlaknine (PV) (Gray, 2006)

Komponenta PV	Naravni vir
celuloza	zelenjava, lesnate rastline, otrobi
hemiceluloza	zrna žit
lignin	otrobi žit, zrnca jagode, lesnate rastline, luščine stročnic in riža
β -glukan	ovsena zrna, ječmen, rž, pšenica
pektin	sadje, zelenjava, stročnice, sladkorna pesa, krompir
gume	stročnice, morske alge različni mikroorganizmi
inulin in fruktooligosaharidi	cikorija, artičoka, čebula
oligosaharidi	človeško mleko, stročnice
rezistentni škrob	semena stročnic, žitna zrna, surov krompir, nezrele banane, star kruh, riž, ohlajen kuhan krompir

Vsebnost prehranske vlaknine je odvisna tudi od vsebnosti vode v živilu, zato je količina PV v žitih, ki vsebujejo do 10 % vode večja od vsebnosti PV v zelenjavi in sadju, ki vsebujeta 80 – 90 % vode. Torej v sadju in zelenjavi (brokoli, korenje) je le 1,0 – 2,2 % PV, v stročnicah (fižol, leča) okoli 4 % SPV, največ pa jo vsebuje oves (15,5 – 15,8 %) (Mongeau in Brooks, 2003).

Glavni vir PV v naši prehrani so polnozrnat izdelki, kot na primer kruh in testenine. Poleg PV je zrno bogato z vitamini, minerali in fenolnimi spojinami, večina teh se nahaja v alevronski plasti ter kalčku. V primeru predelave in rafinacije je teh snovi manj, tako živilo pa je prehransko manj kakovostno (Gray, 2006).

2.5 VPLIV PREDELAVE NA PREHRANSKO VLAKNINO

Velik del PV zaužijemo v obliki predelane hrane. Vrsta in koraki procesa obdelave živil, ki vsebujejo prehransko vlaknino, so za lastnosti le-te zelo pomembni. Lastnosti PV (molekularne, strukturne) se med samim procesom lahko spremenijo. Čeprav bi količina PV v živilu ostala ista, lahko pride zaradi tehnološkega postopka obdelave do spremembe v funkcionalnosti PV na prebavila, prav tako pa vpliva tudi na biološko razpoložljivost oziroma izkoristljivost same PV. Na PV lahko vplivajo različni postopki obdelave kot so mehanski postopki (mletje), toplotna obdelava (kuhanje, vrenje, zmrzovanje, peka, ekstrudiranje) in konzerviranje (Poutanen, 2001).

Mletje denimo spremeni pomembne fizikalne lastnosti, kot so velikost delcev, sposobnost vezanja vode in struktura polisaharida. Zaradi delovanja strižnih sil na molekulo pride do spremembe v strukturi PV, posledica tega je zmanjšanje viskoznosti (Poutanen, 2001). Če žitna zrna ne bi bila zmleta, bi bila zaradi trdega zunanega ovoja popolnoma odporna na prebavo. Po mletju je endosperm lažje dostopen za prebavne encime, prav tako pa je PV lažje dostopna črevesnim bakterijam (Mongeau in Brooks, 2003).

S toplotno obdelavo zelenjave lahko pride do zmanjšanja polisaharidnih verig, kar se pokaže v zmanjšani molekulski masi in nižji viskoznosti PV. Poleg tega se zaradi povišane temperature poveča tudi topnost PV (Poutanen, 2001). Na količino PV v živilu vpliva med drugim tudi postopek kuhanja. Kuhanje pod pritiskom bistveno zmanjša vsebnost netopne PV v zelenjavi, zaradi razgradnje celuloze in hemiceluloze na enostavne ogljikove hidrate, saj je podvržena visokim temperaturam in pritisku (Li, 2010).

Ekstrudiranje, ki je široko uporabljeno v proizvodnji žit za zajtrk in različnih prigrizkov, je kombinacija mehanske in toplotne obdelave. Zaradi razgradnje polisaharidov se poveča topnost in sposobnost vezanja vode in zmanjša viskoznost PV (Poutanen, 2001).

2.6 FIZIKALNO-KEMIJSKE ZNAČILNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE

PV je kompleksna molekula, kar dokazuje tudi vrsta fizikalno-kemijskih lastnosti. Lahko je naravno prisotna v živilu ali pa je dodana zaradi izboljšanja prehranskih lastnosti izdelka in njegovih fizičnih značilnosti. Lastnosti, kot so viskoznost in izmenjava kationov, najbolj učinkujejo na metabolizem, med-tem ko velikost delcev najbolj vpliva na črevesno funkcijo. Tehnološki postopki lahko spremenijo fizikalno-kemijske lastnosti PV (Guillon in Champ, 2000).

2.6.1 Topnost

Ena najpomembnejših lastnosti vlaknine je njena topnost in sposobnost za tvorbo viskoznih raztopin (Salobir J. in Salobir B., 2001). Topnost je odvisna od strukture, temperature raztopine in ionske jakosti samega polisaharida. V prisotnosti funkcionalnih skupin COOH ali SO_4^{2-} se topnost PV poveča (Elleuch in sod., 2011). Polimer s kristalinično porazdelitvijo molekule je bolj stabilen v trdni obliki kot pa v raztopini, kar pomeni, da je topen. Linearni polisaharidi (na primer celuloza) pa so netopni v vodi (Guillon in Champ, 2000).

S topnostjo v vodi so povezane tehnološke in fiziološke lastnosti PV. Različno topnost vlaknine in količino le-te, ki jo uporabljajo v različnih izdelkih kot funkcionalni dodatek, je pri sami pripravi izdelka potrebno upoštevati (Batič, 2001).

2.6.2 Sposobnost vezanja vode

Sposobnost vezanja vode je definirana kot količina vode, ki jo zadrži 1 g suhe vlaknine pod specifičnimi pogoji kot so: temperatura, čas namakanja in trajanje ter hitrost centrifugiranja (Elleuch in sod., 2011). PV veže nase vodo s pomočjo adsorpcije in absorpcije, vendar jo ne vpije popolnoma ampak jo nekaj ostane tudi proste. Na sposobnost vezanja vode vpliva kemijska zgradba, struktura in velikost delcev PV (Mongeau in Brooks, 2003). Prav tako pa je pomembna tudi poroznost, ionska oblika in moč, vrsta ionov v raztopini, vrednost pH, temperatura ter obdelava PV (mletje, sušenje, kuhanje...) (Elleuch in sod., 2011; Guillon in Champ, 2000).

Pomembno je, da poznamo hidracijske lastnosti PV, saj delno vplivajo na obnašanje le-te v prebavnem traktu in tudi na nekatere fiziološke učinke, ki so pomembni za delovanje človeškega telesa (Guillon in Champ, 2000).

Da bi izboljšali viskoznost, teksturo, senzorične lastnosti in podaljšali življenjsko dobo izdelka živilska industrija izkorišča fizikalno-kemijske lastnosti PV. Stranske produkte pri proizvodnji kosmičev, sadja, zelenjave, ki so bogati z vlakninami, vključujejo v živilske izdelke, saj so poceni, imajo nizko energijsko vrednost in lahko delno nadomestijo moko, maščobo ali sladkor. Prav tako ima PV sposobnost zadrževanja vode in olj, uporabljajo pa

jo tudi kot emulgatorje in oksidativne stabilizatorje. Vendar pa je dodajanje PV v proizvodnji živil omejeno, saj prevelika količina lahko spremeni senzorične lastnosti, to je barvo ter teksturo izdelka (Elleuch in sod., 2011).

2.6.3 Viskoznost in želirne lastnosti

Viskoznost je upor na strižne sile, definirana kot razmerje med strižno hitrostjo in strižno napetostjo, ki jo povzročijo interakcije med polisaharidi in raztopino. Večina raztopin s polisaharidi spada pod nenenewtonske tekočine. Večja kot je strižna hitrost, manjša je viskoznost. Topna PV je faktor, ki poveča viskoznost raztopine. Večja kot je koncentracija PV v raztopini, večja je viskoznost le-te (Elleuch in sod., 2011; Guillon in Champ, 2000). Nekateri topni vlaknine kot so β -glukani postanejo viskozni, ko se mešajo z vodo, medtem ko pektini kažejo želirne sposobnosti. Viskozna PV vpliva na praznjenje želodčne vsebine in stopnjo absorpcije v tankem črevesu (Mongeau in Brooks, 2003). Kadar se viskozna PV zmeša z vodo, se vlakna odebelijo in nabreknejo. Stopnja zgoščevanja PV v raztopini je odvisna od številnih dejavnikov, kot so struktura, kemijska sestava, koncentracija, temperatura, vrsta topila in molekulska masa PV (Kristensen in Jensen, 2010).

Viskozna PV predčasno sporoči možganom, da smo siti in tako okrepi in podaljša občutek sitosti. Zmožnost povečanja viskoznosti črevesne vsebine, omogoči boljšo regulacijo apetita, s tem pa manjšo možnost povečanja telesne teže ali debelosti. PV zniža energijsko gostoto hrane, dokler se ne absorbira v tankem črevesu. Žvečenje hrane, bogate s PV pogosto zahteva več časa in truda, kar omogoča posredovanje več signalov sitosti v možgane. Ker viskozna PV absorbira velike količine vode, se poveča napihnjenost v želodcu, ki prispeva k občutku sitosti. Zaradi večje viskoznosti prebavljene vsebine v tankem črevesu se podaljša tudi čas prehoda in absorpcije hranil (Kristensen in Jensen, 2010).

2.6.4 Sposobnost kationske izmenjave

Kationska izmenjava je delno odvisna od prisotnosti uronske kisline v neesterificirani obliki. Več uronske kisline kot ima PV, večja je njena sposobnost za vezavo kationov. Med predelavo PV lahko pride do zmanjšanja vsebnosti karboksilnih skupin in s tem do manjše sposobnosti vezanja kovinskih ionov (Mongeau in Brooks, 2003). Vezava ionov pa ni odvisna le od sposobnosti kationske izmenjave, ampak tudi od okolja v katerem se nahaja PV (ionska moč, vrednost pH) ter kemijske oziroma strukturne spremembe ionskih skupin (na primer vzdolž prebavnega trakta) (Thibault in Ralet, 2001).

»In vitro« raziskave kažejo, da nabiti polisaharidi (na primer pektin preko svojih karboksilnih skupin) sicer vežejo kovinske ione, ampak ne povzročijo prevelike škode za zdravje. Snovi, ki so priključene PV (na primer fitati v žitih), pa imajo lahko negativne učinke (Guillon in Champ, 2000).

Ker ima PV sposobnost nase vezati minerale, so bili strokovnjaki zaskrbljeni, da v primeru prevelikega uživanja PV lahko pride do pomanjkanja mineralnih snovi pri posamezniku. Po podrobni analizi različnih diet, so raziskave pokazale, da je vnos mineralov večji, kot vezava le-teh na PV. Poleg tega se minerali, ki se vežejo na PV ali pa se nahajajo v

matriksu, ne absorbirajo v tankem črevesu, ampak se lahko po razgradnji s črevesnimi bakterijami le delno sprostijo in šele nato absorbirajo v prebavnem traktu (Mongeau in Brooks, 2003).

Trenutno ni nobenega dokaza »in vivo«, da bi ta lastnost PV lahko ogrožala dolgoročno zdravje človeka (Thibault in Ralet, 2001). Pozitivna lastnost kationske izmenjave je, da na primer pšenični otrobi nase trajno vežejo ione kovin in s tem zmanjšajo njihovo toksičnost (Mongeau in Brooks, 2003). Prav tako pri izločanju toksičnih kovin preko seča pomagajo nekatere vrste pektinov (Endress in Fischer, 2001).

2.6.5 Velikost delcev

Velikost delcev je fizična lastnost PV, ki ima pomembno vlogo predvsem v živilski industriji in številnih funkcijah v prebavnem traktu (čas prehoda, fermentacija, izločanje blata). Velikost delcev je odvisna od vrste celične stene in od stopnje obdelave živila. Velikost delcev PV se od začetka do konca prebave spreminja, glede na različne procese v prebavnem traktu (Guillon in Champ, 2000). Zmanjšanje velikosti delcev poveča površino, ki je izpostavljena bakterijam med fermentacijo (Thibault in Ralet, 2001).

Na fermentacijo PV vpliva tudi poroznost in razpoložljivost površine (dostopnost za črevesne bakterije), med-tem ko druge lastnosti površine imajo pomembno vlogo na adsorpcijo oziroma vezanje nekaterih molekul in vplivajo na fiziološke funkcije PV (Guillon in Champ, 2000).

2.6.6 Adsorpcija organskih molekul

Okoljski pogoji (čas izpostavljenosti, vrednost pH), fizikalne in kemijske lastnosti PV ter narava žolčnih kislin vplivajo na adsorpcijo organskih molekul. Sposobnost vezanja organskih molekul pogosto merijo z metodami, ki se uporabljajo za merjenje sposobnosti vezanja vode (Guillon in Champ, 2000).

PV ima sposobnost zadrževanja maščobe. To lastnost izkoriščajo za izboljšanje izdelka, saj se normalno maščoba izgubi med kuhanjem. Zelo je pomembna adsorpcija žolčnih kislin, saj je znano, da ta lastnost PV znižuje krvni holesterol (Thibault in Ralet, 2001).

To je še posebej značilno za PV, ki je bogata z uronsko kislino in fenolnimi spojinami. Čeprav mehanizem adsorpcije žolčnih kislin še ni popolnoma raziskan, so prepričani, da imajo hidrofbne in ionske interakcije (vključno z Ca^{2+} in Al^{3+}) pri tem pomembno vlogo (Guillon in Champ, 2000). Novejše raziskave so pokazale, da je vezanje žolčnih kislin na PV le eden izmed faktorjev, ki prispevajo k zniževanju holesterola (Thibault in Ralet, 2001).

2.6.7 Antioksidativna sposobnost

Rastlinski neškrobni polisaharidi imajo antioksidativne lastnosti, katere izkoriščajo v živilski industriji. Nekatere frakcije riževih otrobov lahko ščitijo pred različnimi prostimi radikali. Vlaknine, ki so antioksidativno učinkovite, uporabljajo kot sestavino, ki omogoča stabilizacijo živil z visoko vsebnostjo maščob in tako izboljšajo njihovo oksidativno

stabilnost in podaljšajo rok uporabnosti živila. Te PV imajo tudi veliko število drugih lastnosti (zadrževanje vode, topnost, vezanje maščobe, viskoznost), katere so pomembne pri uporabi v živilskih izdelkih (Elleuch in sod., 2011).

2.6.8 Fermentabilnost

Vse vrste PV nimajo enakih fizioloških učinkov. Ti so odvisni predvsem od fizikalnih lastnosti vlaken, kateri delno vplivajo tudi na fermentacijo PV v debelem črevesu. V slednjem se nahaja velika in raznolika populacija, izključno anaerobne bakterije, katere razgradijo snovi, ki se niso prebavile v tankem črevesu. Za fermentacijo je značilen kompleks medsebojno povezanih reakcij, ki povzročijo nastanek različnih končnih produktov. Sem spadajo kratkoverižne maščobne kisline (C2 - C5), plini (metan, vodik, ogljikov dioksid), prav tako pa pride tudi do povečane mase črevesnih bakterij. Obseg fermentacije in lastnosti končnih produktov so odvisni od naslednjih faktorjev (Green, 2001):

- vrsta PV (kemijska struktura),
- fizične lastnosti PV (velikost delcev in način obdelave),
- stopnja hidrolize,
- količina zaužite PV,
- trajanje vnosa,
- čas zadrževanja PV v črevesu,
- druge sestavine v prehrani in
- prisotna črevesna mikroflora.

Glavni predstavniki kratkoverižnih MK so acetat, propionat in butirat. Ti predstavljajo okoli 83 – 95 % vseh kratkoverižnih MK v debelem črevesu. V običajni zahodni prehrani v debelem črevesu dnevno nastane med 20 in 70 g substrata. Večja količina le-tega je tam, kjer je večja koncentracija mikroflora in nižje vrednosti pH. Pri fermentaciji določene vrste PV, kot so sojini polisaharidi, gume, ovseni otrobi, nastane več butirata kot pa pri fermentaciji pektina, PV sladkorne pese in graha. Tista PV, ki se počasneje razgradi (na primer celuloza, pšenični otrobi), povzroči nastajanje večje količine kratkoverižnih MK v primerjavi s hitro fermentabilno PV (Green, 2001).

Večina butirata (približno 90 %) in 10 – 15 % propionata se presnavlja v sluznici debelega črevesa, medtem ko preostali propionat in večino acetata preideta v kri. Slednja se nato metabolizirata v jetrih in delujeta kot prekurzorja maščob in sladkorjev ali pa sta direktna vira energije. Kratkoverižne MK imajo številne lastnosti, ki imajo pozitiven učinek na zdravje črevesja. Pomembne so pri vzdrževanju normalne strukture črevesja, pripomorejo k preprečevanju in zmanjševanju diareje, med drugim povečajo absorpcijo kalcija in magnezija, vzdržujejo ravnovesje med vrstami črevesnih bakterij ter povečajo metabolizem žolčnih soli (Green, 2001; Haralampu, 2001). Domnevajo, da večja količina nastalih kratkoverižnih MK stimulira L-celice debelega črevesa, le-te pa izločajo več hormonov, ki uravnavajo apetit (Kristensen in Jensen, 2010).

2.7 FIZIOLOŠKI UČINKI PREHRANSKE VLAKNINE

PV med drugim vpliva na prebavo drugih sestavin obroka, na razmere v prebavilih, mikrobo fermentacijo in na zdravje celotnega organizma. Fiziološki učinki prehranske vlaknine so v največji meri odvisni od njenih fizikalno-kemijskih lastnosti (Salobir J. in Salobir B., 2001; Johnson, 2005).

Ker ljudje in živali nimamo prebavnih encimov za razgradnjo PV, je ta odvisna od mikroorganizmov v prebavilih ter od njihove fermentacijske sposobnosti. Različne vrste prehranske vlaknine imajo v različnih delih prebavil različne lastnosti in učinke (Salobir J. in Salobir B., 2001).

Delovanje prehranske vlaknine v zgornjem in spodnjem delu prebavil je različno. V zgornjem delu je pomembno predvsem delovanje topne, viskozne vlaknine, ki vpliva na dinamiko in učinkovitost prebave in absorpcije hranil na način, ki zmanjšuje možnost nastanka srčno-žilnih bolezni, sladkorne bolezni tipa II in visokega krvnega tlaka. V spodnjem delu prebavil je pomembno tako delovanje fermentabilne kot tudi nefermentabilne PV (Salobir J. in Salobir B., 2001).

2.7.1 Pozitivni učinki prehranske vlaknine

Mikroflora v debelem črevesu delno ali v celoti fermentira ogljikove hidrate, ki so odporni na prebavo in absorpcijo v tankem črevesu. Nastali fermentacijski produkti, zlasti kratkoveržne MK, imajo pomembno fiziološko vlogo tako lokalno kot sistemsko. Črevesna vsebina mehča konsistenco blata in poveča maso ter pogostost iztrebljanj. Zaradi ugodnega vpliva PV na steno debelega črevesja se zmanjša tveganje za nastanek bolezni debelega črevesa (zaprtje, divertikuloza, rak debelega črevesa, vnetje). Večina neabsorbirane PV ima blagi odvajalni učinek zaradi povečanja bakterijske mase, osmoze in zaradi vezanja vode na nefermentirano vlaknino (Gray, 2006).

Učinki PV v ustih in želodcu

PV v ustih podaljša čas žvečenja in zniža GI živila (Endress in Fischer, 2001). Zaradi daljšega in intenzivnejšega žvečenja pride do večjega izločanja sline (sprosti se več amilaze), zato PV lažje prebavimo (Koch, 1990). PV v želodcu poveča viskoznost in gostoto želodčne vsebine ter tako skrajša hitrost izločanja. Zaradi tega se poveča občutek sitosti in ne čutimo potrebe po nadaljnjem prehranjevanju (Endress in Fischer, 2001).

Učinki PV v tankem črevesu

PV vpliva na prebavljeno vsebino na več različnih načinov. TPV podaljša prehod hrane zaradi povečane viskoznosti, medtem ko NPV zmanjša čas prehoda, tako da poveča pogostost krčenja z razširitvijo vsakega dela črevesja. Zaradi afinitete TPV do sterolov se zmanjša absorpcija žolčnih soli iz tankega črevesa v jetra, kar povzroči povečano izločanje endogenega holesterola, gliceridov, maščobnih kislin in fosfolipidov ter žolčnih kislin (Endress in Fischer, 2001).

Učinki PV na debelo črevo

Zaradi prisotnosti PV v debelem črevesu, se poveča sposobnost zadrževanja vode, ki odvisno od tipa PV, spodbudi ali zmanjša napihovanje. Zaradi povečane metabolne

aktivnosti črevesnih bakterij, nastane več kratkoverižnih MK. Vrednost pH se zato v debelem črevesu zniža, kar ima pozitivne učinke (Endress in Fischer, 2001).

Pomembna fiziološka lastnost PV, ki vpliva na dobro človekovo počutje, je urejena prebava. Zaradi zaprtosti pride do nelagodja ali do resnejših bolezenskih stanj, kot so divertikuloza, hemoroidi ali pa celo rak debelega črevesa. Povečana količina PV v prehrani posameznika omogoči večjo frekvenco in boljšo regulacijo izločanja blata (AACC, 2001).

Prehranska vlaknina kot prebiotik

Nekatere vrste PV imajo pomembno lastnost, in sicer da jih črevesna mikroflora lahko metabolizira. Če PV blagodejno vpliva na sestavo mikrobne združbe v črevesju, jo označimo za prebiotik (Endress in Fischer, 2001).

Prebiotik je neživa sestavina živila, ki deluje pozitivno na zdravje gostitelja (FAO, 2007). Prebiotikom pripisujejo številne ugodne učinke na zdravje kot so: manjši prehodni čas blata, nižja koncentracija holesterola v krvi, manjši glikemični odziv, nižja energijska vrednost obroka, izboljšanje zdravja kosti, lajšanje simptomov bolezni prebavnega trakta in manjše tveganje za nastanek raka (Phillips, 2013).

Po zaužitju obroka bogatega z OH, PV poskrbi za manjši dvig krvnega sladkorja. Prav tako pa zmanjša prenos amoniaka in aminov v kri in pripomore k manjši obremenitvi jeter in ledvic. Z nižanjem holesterola v krvi PV prepreči kopičenje lipidov in tako pozitivno učinkuje na preprečitev kroničnih bolezni srca in ožilja (ateroskleroze) (Endress in Fischer, 2001).

2.7.2 Vpliv prehranske vlaknine na kronične bolezni

Poleg pozitivnega učinka PV na prebavila in prebavo, velja le-ta za pomemben faktor tudi v preprečevanju in blaženju kroničnih bolezni (sladkorne bolezni tipa II, kardiovaskularnih bolezni ter raka debelega črevesa). Z nadzorovanim vnosom PV lahko zmanjšamo možnosti za nastanek hiperlipidemije, hiperholesterolemije in hiperglikemije. PV lahko olajša različne biološke procese, sodeluje v preprečevanju okužb ter izboljša razpoloženje in spomin (Kaczmarczyk in sod., 2012).

Debelost in povečana telesna teža

Povečano uživanje PV skozi celotno življenjsko obdobje je pomemben korak k zmanjšanju epidemije debelosti v razvitih državah. Čeprav je znano, da je glavni vzrok debelosti prevelik energijski vnos in premajhna telesna aktivnost, se je potrebno zavedati, da je PV prav tako pomembna pri zniževanju telesne teže (Slavin, 2004). Dokazano je bilo, da uživanje PV pomaga pri vzdrževanju telesne teže pri odraslih in lahko trajno zmanjša telesno maso pri osebah s prekomerno telesno težo (EFSA, 2010).

Viskozna topna PV upočasni izločanje, prebavo in absorpcijo hranil, s čimer spodbuja sitost tako, da se sprostijo številni želodčni hormoni (Li, 2010). Zaradi daljšega žvečenja hrane, bogate s PV, se izloča več sline in želodčnega soka, vsebina v želodcu se poveča, zmanjša se hitrost prehranjevanja in zato pride do hitrejše sitosti in posledično manjšega vnosa hrane (Slavin, 2004). Energijska gostota živil bogatih s PV je bistveno nižja od

predelane hrane, enostavnih sladkorjev in živil z visoko vsebnostjo maščobe, zato je energijski vnos manjši pri uživanju živil bogatih s PV (Li, 2010).

Srčno-žilne bolezni

Ker ima PV vlogo pri zniževanju telesne teže, krvnega tlaka, lažšanju sladkorne bolezni tipa II in presnovnega sindroma, njeno zadostno uživanje zmanjšuje možnosti za pojav srčno-žilnih bolezni. Predvsem je to topna viskozna PV, kot na primer β -glukani, ki se nahajajo predvsem v ovsenih in ječmenovih kosmičih, vendar pa ima pomembno vlogo pri preprečevanju srčno-žilnih bolezni tudi NPV, ki se nahaja v polnozrnatih živilih (Li, 2010).

Topna in viskozna PV pozitivno vplivata na hipoholesterolemijo tako, da znižujeta koncentracijo LDL holesterola v krvi. Obenem prispevata k absorpciji maščobe in žolčnih kislin, ki se nato izločajo z blatom. Različne raziskave so pokazale, da PV znižuje krvni tlak in tako pripomore k manjši tveganosti za srčno kap (Li, 2010).

Uživanje PV naj bi bilo torej povezano z majhnim, ampak zelo pomembnim znižanjem diastoličnega krvnega tlaka za 1,6 mmHg, pri sistoličnem krvnem tlaku pa ne pride do večje spremembe. Do večje razlike pri obeh tlakih pride pri ljudeh s povišanim krvnim tlakom (EFSA, 2010).

Sladkorna bolezen

Dokazano je, da PV pri posameznikih s sladkorno boleznijo tipa II, izboljša občutljivost inzulina. Topna vlaknina, ki jo najdemo v stročnicah (čičerki, fižolu, grahu, leči), jabolkih, hruškah, pomarančah in mandarinah bistveno zniža dnevne koncentracije glukoze v krvi (Li, 2010).

Še vedno ni točno znano, kako PV vpliva na občutljivost inzulina. Ker nekatere vrste viskozne PV povečajo gostoto želodčne vsebine in tako upočasnijo praznjenje želodca ter prebavo, domnevajo da ti učinki povzročijo kasnejše sproščanje glukoze po obroku v krvni obtok, s čimer se zniža odziv inzulina. Črevesne bakterije fermentirajo PV, pri čemer nastajajo kratkoverižne MK. Zaradi izpostavljenosti celic kratkoverižnim MK, pride do večje oksidacije glukoze, zmanjšane koncentracije prostih MK in posledično do spodbujanja občutljivosti na inzulin (Li, 2010).

PV naj bi pospeševala tudi sintezo endogenega intestinalnega hormona. To je glukagonu podoben peptid GLP-1, ki zavira izločanje glukagona, upočasnjuje praznjenje želodca in zmanjša dvig krvnega sladkorja ter izločanje inzulina po obroku. Poleg tega pa zmanjšuje tudi tvorbo glukoze v jetrih, kar zmanjša potrebo po izločanju inzulina (ADA, 2002).

Rak

Etiologija raka vključuje genske, okoljske in prehranske dejavnike. Veliko študij je pokazalo povezavo med vnosom PV in nastankom raka na debelem črevesu. Čeprav nekatere raziskave potrjujejo povezavo tudi med PV in drugimi vrstami raka (rak na dojki in rak na želodcu), to še vedno ni dokazano. Pomembno je da vemo, da so potrebne dodatne raziskave, saj rezultati na tem področju niso vedno konsistentni (Gray, 2006).

Zaradi fermentacije PV s pomočjo črevesnih bakterij in nastajanja maslene kisline, ki je glavni vir energije za črevesne celice in pozitivno deluje na njihovo diferenciacijo, apoptozo in vnetne procese, PV najpogosteje povezujejo s preprečevanjem raka na debelem črevesu. Prav tako pa je PV zaradi večanja volumna in redčenja blata poglavitna tudi pri preprečevanju drugih črevesnih obolenj (EFSA, 2010). Prav tako pa naj bi bile zaradi večjega volumna blata zmanjšane interakcije in kontaktni čas med kancerogenimi snovmi in črevesno sluznico (Golob in sod., 2012).

2.7.3 Negativni učinki prehranske vlaknine

Pri nekaterih posameznikih so po zaužitju večje količine PV poročali o nezaželenih učinkih na zdravje (Li, 2010). Pod potencialne negativne učinke PV spada slabša absorpcija vitaminov, mineralov (železa, kalcija, magnezija, cinka) in beljakovin. Pri zdravih odraslih ne pride do večjih težav z absorpcijo, vendar pa je potrebno paziti pri otrocih in starejših osebah, saj pri teh populacijah ni bilo narejenih dovolj raziskav (ADA, 2008). Pri nekaterih posameznikih lahko zaradi nizke hranilne vrednosti PV pride do premajhnega dnevnega energijskega vnosa in zato ne dosežejo priporočenih vrednosti določenih hranil in energije. To se pogosto dogaja pri občutljivejših skupinah ljudi kot so otroci in starostniki (Gray, 2006).

Med fermentacijo PV v debelem črevesu nastajajo plini (metan, vodik, ogljikov dioksid), kateri lahko povzročijo napenjanje in vetrove. Razumljivo je, da to privede do nelagodja, vendar ti simptomi niso škodljivi za zdravje posameznika. Po določenem obdobju se črevesje privadi na večje količine PV, zato težave niso več tako velike. Da bi se črevesje hitreje prilagodilo, je priporočeno PV v prehrano uvajati postopoma, medtem pa zagotavljati ustrezen vnos tekočine oziroma vode (Li, 2010).

2.8 ENERGIJSKA VREDNOST PV IN PRIPOROČILA

Najprej je veljalo, da ima PV energijsko vrednost le v primeru delne razgradnje v črevesju ter absorpcije nastalih MK s kratkimi verigami (Referenčne vrednosti..., 2004). Energijska vrednost celotnega obroka, ki vsebuje PV je torej odvisna od obsega fermentacije v spodnjem delu prebavil in od samega matriksa obroka (Brooks in sod., 2003). Vendar je v Pravilniku o spremembah Pravilnika o označevanju hranilne vrednosti živil (2009) skladno z Direktivo Komisije 2008/100/ES (2008) o spremembi Direktive Sveta 90/496/EGS in v prilogi 14 Uredbe (EU) št. 1169/2011 Evropskega parlamenta in sveta o zagotavljanju informacij o živilih potrošnikom (2011) zapisano, da energijska vrednost PV znaša 8 kJ/g oziroma 2 kcal/g in jo je potrebno upoštevati pri računanju energijske vrednosti živila, ki vsebuje PV.

Zaradi pomanjkanja skladnosti pri definiciji in zaradi razlikovanj pri določanju PV, so različne organizacije predpisale različne priporočene količine PV (Lawson, 2005). V državah Evropske Unije je priporočen vnos PV več kot 30 g na dan. To je približno 3 g/MJ zaužite energije oziroma 12,5 g/1000 kcal pri ženskah in 2,4 g/MJ oziroma 10 g/1000 kcal pri moških. Če je vnos energije nižji, kot so priporočene vrednosti, mora biti vnos PV večji od 3 g oziroma 2,4 g/MJ. Za dojenčke in otroke ni točno določenih referenčnih vrednosti za vnos PV. Materino mleko vsebuje le oligosaharide ne pa PV, čeprav imajo podobne

lastnosti. S pričetkom uvajanja goste hrane je v 6. mesecu najprej priporočen vnos 1 g/MJ (4 g/1000 kcal), nato pa se v 12. mesecu poveča na 2,4 g/MJ oziroma 10 g/1000 kcal (Referenčne vrednosti..., 2004). Referenčne vrednosti za vnos PV za otroke določajo tudi z tako imenovanim »leta + 5« konceptom, ki pravi, da je za otroke starejše od dveh let priporočljiv vnos vlaknin, ki je enak njihovim letom plus 5 g dnevno. Tako z vsakim letom narašča tudi vnos prehranske vlaknine dokler niso stari 15 – 18 let in spadajo v kategorijo odraslih (Lawson, 2005).

Ker ni dokazano, da prekomerno uživanje PV lahko škodi zdravju, ni predpisane najvišje količine, ki jo je še varno zaužiti. Ameriška priporočila se razlikujejo od evropskih in sicer priporočajo, da naj bi odrasli zaužili 21 – 38 g PV na dan (ženske v povprečju manj kot moški), prav tako pa imajo predpisane količine za otroke, kar je razvidno iz preglednice 4 (Stylianopoulos, 2005b).

Preglednica 4: Priporočila za dnevni vnos skupne prehranske vlaknine (Stylianopoulos, 2005b)

Skupina	Moški	Ženske
otroci (1-3 leta)	19 g	19 g
otroci (4-8 let)	25 g	25 g
otroci (9-13 let)	31 g	26 g
otroci (14-18 let)	38 g	26 g
odrasli (19-50 let)	38 g	25 g
odrasli (>51 let)	30 g	21 g
nosečnice	/	28 g
med dojenjem	/	29 g

V raziskavi, ki je bila opravljena leta 2008 v Prekmurju, so naključne potrošnike anketirali o uživanju hrane bogate s PV. Anketa je pokazala, da večina vprašanih pozna PV, vendar je ne uživa dovolj (10 – 20 g/dan). Vzrok preskromnega uživanja PV je slabo poznavanje sestave živil in izdelkov ter slabe prehranske navade. Starejši anketiranci menijo, da je vzrok v tem, da je nezdrava prehrana pogosto cenejša, kar vpliva na izbiro nakupa (Skvarča, 2009).

2.9 DOLOČANJE VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE

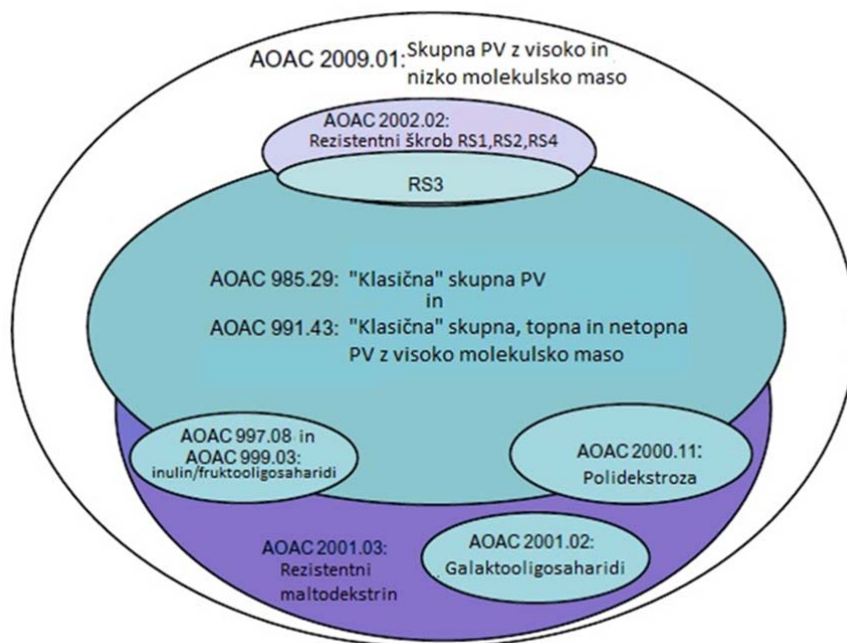
V zadnjem času je bilo razvitih veliko analitičnih metod za določanje vsebnosti PV, saj se je tudi sama definicija spreminjala. Vse metode temeljijo na odstranitvi razgradljivih delov analiziranega vzorca z uporabo encimov oziroma na posnemanju prebavnih procesov v prebavilih. Po nekaterih manjših spremembah (na primer pomembna je čistost encima, da ni kontaminiran z encimom, kateri razgradi PV in točno upoštevanje korakov hidrolize) je encimsko gravimetrična metoda AOAC 985.29 postala najbolj uporabljena metoda za določanje PV. Po spoznanju, da ima TPV različne fiziološke učinke kot NPV, so metodo AOAC 985.29 spremenili tako, da lahko ti dve sestavini določimo ločeno (Prosky, 2001). V preglednici 5 so prikazane metode, ki so trenutno v uporabi.

Preglednica 5: Metode določanja prehranske vlaknine (PV), odobrene s strani AOAC (Asp, 2001; Möller, 2011) ter druge metode, ki so v uporabi (Gray, 2006)

Ime metode	Vrsta metode	Tip PV
AOAC 985.29	encimsko-gravimetrična	SPV
AOAC 991.42	encimsko-gravimetrična	NPV
AOAC 993.19	encimsko-gravimetrična	TPV
AOAC 991.43	encimsko-gravimetrična	SPV, NPV, TPV
AOAC 992.16	encimsko-gravimetrična	SPV
AOAC 993.21	neencimsko-gravimetrična	SPV
AOAC 994.13	encimsko-kemijska	SPV
AOAC 997.08	encimska, kromatografija	fruktani
AOAC 999.03	encimska, kolorimetrična	skupni fruktani
AOAC 2001.03	encimska, gravimetrična, tekočinska kromatografija	SPV v živilih, ki vsebujejo maltodekstrin
AOAC 2002.02 in AACC 37.42	encimska	RS
AOAC 2001.02	HPAEC-PAD	trans-galaktooligosaharidi
AOAC 2000.11	HPAEC	polidekstroza
AOAC 995.16 in AACC 32 - 33	encimska	β -glukan
Englystova metoda	encimsko-kem. (ali HPLC)	neškrobni polisaharidi
Englystova metoda	encimska	RS

RS: rezistentni škrob

Že več let sta metodi AOAC 958.29 in AOAC 991.43 glavni analizni metodi za določanje PV v živilih. Vendar sta neprimerni za določanje PV z nizko molekularno težo (inulin, fluktooligosaharidi, oligosaharidi in polidekstroze) in RS₁, RS₂ in RS₄. Zato so razvili posebne AOAC metode, s katerimi lahko ločeno določimo različne vrste PV. Zaradi toliko razpoložljivih metod, je težko izbrati pravo metodo za določanje PV v neznanem vzorcu. Na žalost ni možna uporaba tako klasične kot specifične metode, saj prihaja do precejšnjega prekrivanja (Westenbrink in sod., 2013). Pri določanju rezistentnega škroba se pojavljajo težave, saj se vsebnost le-tega med zorenjem, kuhanjem in hlajenjem spreminja. Zato potekajo različne razprave ali bi bilo pametno na izdelek napisati, kdaj je bila vsebnost RS merjena (Gray, 2006). Na sliki 1 lahko vidimo pregled razpoložljivih analitskih metod za določanje SPV ter njenih frakcij, vključno s prekrivanjem različnih metod.



Slika 1: Pregled razpoložljivih AOAC metod za določanje prehranske vlaknine PV (Westenbrink in sod., 2013)

Leta 2007 so uvedli metodo AOAC 2009.01 za določanje skupne PV z nizko in visoko molekulsko težo ter rezistentni škrob. Metoda je bolj ali manj kombinacija AOAC 2002.02, AOAC 985.29 in AOAC 2001.02. Prednost te metode je, da ni več potrebno uporabiti klasične metode AOAC 985.29 in specifične metode za določanje rezistentnega škroba in PV z nizko molekulsko maso. Vendar pa ta metoda že kaže pomanjkljivosti pri določanju PV pri vzorcih z visoko vsebnostjo škroba, saj ga encimi ne hidrolizirajo v celoti. To napako se lahko odpravi z uvedbo novih korakov razgradnje. Od leta 2012 je v razvoju nova metoda AOAC 2011.25, ki je nadgradnja metode AOAC 2009.01. S to metodo bo možno določiti topno in netopno PV z visoko molekulsko maso, vsota le-teh pa bo enaka rezultatu, katerega bi dobili z metodo AOAC 2009.01 (Westenbrink in sod., 2013).

V Veliki Britaniji določajo PV kot neškrobne polisaharide z Englystovo metodo. V primerjavi z AOAC metodo dobimo bistveno nižje vrednosti PV, predvsem velja to za živila, ki so bogata s škrobom (krompir, kruh, fižol in koruzni kosmiči) in ligninom. To je pomembno upoštevati pri primerjavi vsebnosti PV, saj podatki na označbah živil v Veliki Britaniji, ki je bila določena z Englystovo metodo, ne bodo vedno sovpadali z označeno vrednostjo PV na izdelkih, ki temeljijo na določanju PV z encimsko-gravimetrično metodo. Nobena od obstoječih metod namreč ni optimalna za določanje več komponent PV (Gray, 2006).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 NAČRT DELA

Načrt dela je bil ovrednotiti vsebnost topne, netopne in skupne prehranske vlaknine v kompleksnih matriksih celodnevni obrokov, ki so bili del prehranskega poskusa. V skupno petindvajsetih obrokih smo PV določali z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43 in z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus ter rezultate primerjali.

3.2 MATERIAL

Analizirali smo različne obroke, ki so bili vključeni v prehranski poskus (priloga A). Poskus je bil izveden na desetih prostovoljcih in je trajal 5 dni. Obroki so bili kompleksni, sestavljeni iz več vrst živil z različno vsebnostjo posameznih hranilnih snovi (beljakovin, ogljikovih hidratov, maščob, PV) in vode. Odrasli, ki so bili udeleženi v prehranskem poskusu, so zaužili celoten ponujen obrok.

V petih dneh je bilo v sklopu prehranskega poskusa pripravljenih 25 posameznih obrokov (zajtrk, d. malica, kosilo, p. malica, večerja), sestavljenih iz več jedi, ki smo jih označili kot del obroka (priloga A) in jih posebej analizirali. Če je bilo kosilo sestavljeno iz dveh jedi (na primer rižota in cvetača v solati), smo ga razdelili na dva vzorca in ju ločeno analizirali. Modelni celodnevni obroki v prehranskem poskusu so bili sestavljeni tako, da so imeli načrtovano maščobnokislinsko sestavo in živila z večjo vsebnostjo PV niso bila namerno vključena. Najprej smo ovrednotili vsebnost SPV v vseh vzorcih ($n = 32$) z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. Vzorcem z vsebnostjo SPV, večjo od 0,20 g/100 g smo nato določili vsebnost TPV in NPV še z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43. Iz preglednice 6 je razvidna razdelitev posameznih obrokov na vzorce, ki smo jih dejansko analizirali z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43 ($n = 28$).

Obroki so bili pred analizo pripravljeni tako, da so bili primerni za uživanje (npr.: cvetača je bila skuhana, lečin namaz je bil pripravljen). Nato smo pripravili zračno suhe vzorce, kot je opisano v poglavju 3.3.1. Vzorce smo zmleli na delce večje od 0,3 mm, ker se ne raztapljajo v vodi in ne pride do sedimentacije. Tako pripravljene vzorce smo do analize hranili v steklenih kozarčkih. Če je vzorec vseboval več kot 5 g/100 g maščob, ga je bilo potrebno razmastiti.

Preglednica 6: Vzorci, analizirani z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43

Oznaka vzorca	Obrok	Sestavine
PO1	zajtrk	maslo, marmelada, polnozrnat toast, polnomastno mleko
PO2	d. malica	kajzerica, kisle kumare, sir edamec, piščančja Poli salama, Pingo sok
PO3	kosilo	fižolova enolončnica
PO4	p. malica	banana
TO2	zajtrk	kajzerica
TO3	d. malica	francoski rogljiček z marmelado, kompot iz breskev, ananasa in hrušk
TO5	kosilo	rižota (koruza, bučke, čebula)
TO6	kosilo	cvetača v solati
TO7	p. malica	Orino rezina z oreščki, sojino mleko
TO8	večerja	avokadov namaz, navadni toast
SR1	zajtrk	Viki krema, navadni toast
SR2	d. malica	kajzerica, savinjski želodec, sir edamec, kumare, ledeni čaj Sola breskev
SR3	kosilo	testenine po bolonjsko
SR4	kosilo	Monte (mlečni desert s čokolado in lešniki)
SR5	p. malica	banana, skuta
SR6	večerja	cmoki Pečjak (jagoda, marelica), kompot iz breskev, ananasa in hrušk
ČE1	zajtrk	kajzerica, skutin namaz z drobnjakom
ČE2	d. malica	sosedovo pecivo, čokoladno sojino mleko
ČE4	kosilo	krompirjeva solata
ČE5	kosilo	Duplo (čokolada z lešniki)
ČE6	p. malica	pekan orehi, makadamija
ČE7	večerja	temna kajzerica, namaz iz leče, kumare
PE1	zajtrk	kajzerica, maslo, jagodna marmelada
PE2	d. malica	kajzerica, savinjski želodec, sir edamec
PE3	kosilo	piščanec z bučkami
PE4	kosilo	polenta
PE5	p. malica	Kinder maxi king (vafel z mlečnim in karamelnim polnilom oblit s čokolado)
PE7	večerja	sir (tolminc, grojer, ementaler), zelene olive, vloženi čebulčki, pekan, bruskete

3.3 METODE

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

Princip:

Obroke, ki vsebujejo visok delež vode ali so precej nehomogeni, predhodno sušimo v sušilniku z ventilatorjem več ur ali celo dni pri temperaturi 50 – 60 °C.

Postopek:

Celoten obrok stehtamo in homogeniziramo. Del vzorca odtehtamo v petrijevko, ki smo jo predhodno stehtali ter sušimo v sušilniku približno 16 ur pri temperaturi 50 – 60 °C. Vmes večkrat premešamo. Vzorec nato pustimo 2 uri na sobni temperaturi in stehtamo. Tako dobimo zračno suh vzorec, ki ga zdrobimo ali zmeljemo in uporabljamo naprej za analize.

Izračun:

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

$$A = 100 - \text{zrač. sušina (g/100 g)} \quad (2)$$

a = odtehta vzorca (g)

b = teža zračno suhega vzorca (g)

A = izguba teže med zračnim sušenjem (g/100 g)

3.3.2 Določanje vode v zračni sušini in v svežem obroku (Plestenjak in Golob, 2003)

Princip:

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

Postopek:

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

Izračun:

$$\text{suha snov (g/100 g)} = \frac{b}{a} \cdot 100 \quad (3)$$

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

a = odtehta vzorca (g)

b = teža vzorca po sušenju (g)

B = vsebnost vode v zračno suhem vzorcu (g/100 g)

Izračun vsebnosti vode v svežem obroku:

$$\text{vsebnost vode (g/100 g)} = A + B - A \cdot B/100 \quad (5)$$

Vsebnost suhe snovi (g/100 g) v obroku je torej:

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

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

Metodo uporabljamo za določanje vsebnosti netopne prehranske vlaknine (NPV) in topne prehranske vlaknine (TPV) v različnih živilih s kombiniranjem encimskih in gravimetričnih postopkov. Vsebnost skupne prehranske vlaknine (SPV) v vzorcu pa izračunamo po določitvi NPV in TPV (Lee in sod., 1992).

Princip:

Zaporedna encimska razgradnja z encimi, odpornimi na toploto, ki razgradijo škrob in beljakovine v vzorcu. Pri določanju PV filtriramo razgrajen vzorec in gravimetrično določimo NPV in TPV. Vsebnost PV v vzorcu izračunamo tako, da od prvotne mase odštejemo težo pepela, beljakovin in slepega vzorca (Lee in sod., 1992).

Pribor in oprema:

- analitska tehtnica Scaltec SPB 31
- filtrirni lonček
- eksikator
- steklene čaše
- steklene bučke
- reagenčna steklenica
- magnetni mešalec Rotamix 550 MMH
- magnetne mešalne palčke
- termometer
- pH meter Metrel 5736
- avtomatska pipeta (50, 150 μ L)
- vakuumsko črpalka ABM
- žarilna peč
- žarilni lončki
- sušilnik
- vodna kopel s termometrom
- stresalna kopel Tecator 1024 Shaking Water Bath
- merilni valj
- alufolija
- štoparica
- mlinček
- terilnica
- steklene palčke
- spatula
- kapalke
- erlenmajerice (100 in 500 mL)
- presesalne buče
- tesnilo za filtriranje
- rokavice
- vata
- tulec za razmaščevanje
- aparat po Soxhletu
- vrelnice

Reagenti:

- raztopina encima α -amilaze (BioQuant®)
- raztopina encima proteinaze (BioQuant®)
- raztopina encima amiloglukozidaze (BioQuant®)
- etanol (95 % v/v)
- etanol (78 % v/v)
- pufer MES/TRIS (c = 0,05 M, pH = 8,3): v dveh čašah v vodi raztopimo 6,1 g TRIS in 10,65 g MES (ločeno, ker skupaj se slabo topi). Nato združimo, dopolnimo do 850 mL, premešamo in uravnamo pH na 8,3 pri 20 °C s 6 M NaOH, dopolnimo do 1 L in premešamo.

- 6 M NaOH: 60,61 g NaOH raztopimo v vodi in dopolnimo do 250 mL
- 5 % NaOH: 12,65 g 99 % NaOH raztopimo v vodi in dopolnimo do 250 mL
- 5 % HCl: 57,55 mL 36,5 % HCl ($\rho = 1,19 \text{ kg/L}$) raztopimo v vodi in dopolnimo do 500 mL
- 0,56 M HCl: 47 mL 36,5 % HCl ($\rho = 1,19 \text{ kg/L}$) raztopimo v vodi in dopolnimo do 1 L
- aceton
- celit® 545
- destilirana voda
- petroleter

Postopek:

Razmaščevanje vzorca

Vzorec, ki vsebuje več kot 5 g/100 g maščob, razmastimo s petroletrom v Soxhletovem aparatu (slika 2). Pred postopkom odstranjevanja maščobe pripravimo tulce tako, da jih skupaj s koščkom vate sušimo v sušilniku eno uro pri 60 °C. Tulce po sušenju stehtamo in vanje zatehtamo približno 8 g vzorca. Hkrati pripravimo steklene čaše, v katere dodamo vrele kroglice in topilo. Tulec vstavimo v ekstrakcijski nastavek Soxletovega aparata, namestimo čašo in ekstrahiramo eno uro. Po razmaščevanju maščobo v stekleni čaši zavržemo, tulec pa postavimo v sušilnik za eno uro na 60 °C, da ves petroleter izhlapi. Sledi ponovno tehtanje tulca, razmaščen vzorec pa shranimo do uporabe.



Slika 2: Razmaščevanje vzorca v Soxhletovem aparatu

Priprava celita in filtrirnih lončkov

Večjo količino celita prenesemo v keramično terilnico, katero skupaj s celitom prežarimo v žarilni peči eno uro pri 525 °C. Celit ohladimo v eksikatorju in ga natehtamo 1 – 1,5 g v filtrirne lončke, katere predhodno sušimo eno uro na 105 °C. Le-te skupaj s celitom ponovno damo v sušilnik za eno uro na 105 °C, ohladimo v eksikatorju, stehtamo (slika 3) in zapišemo maso. Filtrirni lončki so tako pripravljeni za filtracijo vzorcev.



Slika 3: Priprava filtrirnih lončkov

Encimska razgradnja

Na začetku analize pripravimo 4 paralelke vzorca, od tega sta po filtraciji dve namenjeni za analizo vsebnosti beljakovin in dve za določanje vsebnosti pepela v ostanku. Vzoredno analiziramo tudi dva slepa vzorca, kjer so samo reagenti brez vzorca. V 100 mL erlenmajerice odtehtamo po 1,0 g vzorca (na 0,1 mg natančno), razlika v paralelkah je lahko maksimalno 20 mg. Vzorcju dodamo 40 mL MES/TRIS pufra in preverimo vrednost pH, ki mora biti 8,3. Med merjenjem vrednosti pH je erlenmajerica na magnetnem mešalu, kjer se raztopina vzorca in pufra stalno meša. Če je potrebno uravnati vrednost pH, uporabimo 5 % raztopino NaOH. V vse štiri erlenmajerice z mikropipeto dodamo 50 μ L toplotno stabilne encimske mešanice α -amilaze, premešamo, pokrijemo z alufolijo in postavimo v vodno kopel za 30 minut na 95 – 100 °C. Spremljamo temperaturo v erlenmajericah in v trenutku, ko temperatura doseže 95 °C začnemo meriti čas. Med inkubacijo moramo vzorce stalno mešati.

Po tridesetih minutah erlenmajerice vzamemo iz vodne kopeli in vzorce ohladimo na 60 °C, da prekinemo delovanje α -amilaze. Ko so vzorci ohlajeni, nadaljujemo z encimsko razgradnjo in sicer dodamo 50 μ L encima proteaze. Erlenmajerice, pokrite z alufolijo, zopet postavimo na inkubacijo v stesalno vodno kopel, tokrat na temperaturo 60 °C za 30 minut. Čas začnemo meriti, ko temperatura vzorca doseže 60 °C.

Zadnji korak v encimski razgradnji je dodatek 5 mL raztopine 0,56 M HCl, ki zniža vrednost pH vzorca na 4,0 – 4,7. Erlenmajerice postavimo na magnetno mešalo, zmerimo vrednost pH in ga uravnamo. Če je potrebno vrednost pH zvišati, dodamo 5 % raztopino NaOH, za nasprotni učinek, to je znižanje vrednosti pH, uporabimo 5 % raztopino HCl. Dodamo zadnji encim, 150 μ L amiloglukozidaze in zopet postavimo v stesalno vodno kopel za 30 minut na temperaturo 60 °C. Čas začnemo odšteti, ko se raztopina segreje na želeno temperaturo. Po inkubaciji so vzorci pripravljeni na filtracijo.

Določanje vsebnosti netopne prehranske vlaknine

Pred začetkom filtracije pripravimo vakuumsko črpalko, na katero pritrdimo presesalne buče, na njih tesnilo za filtriranje in pripravljene filtrirne lončke s celitom. Še vročo vsebino iz erlenmajeric počasi ob stekleni palčki prelijemo v filtrirne lončke in filtriramo. Erlenmajerice in ostanke v njih speremo dvakrat z 10 mL vroče vode (70 °C). Ko se filtracija zaključi, filtrat oziroma vsebino iz presesalnih buč prelijemo v 500 mL erlenmajerice. Presesalno bučo speremo z ogretim (60 °C) 95 % etanolom. Nato dodamo v erlenmajerice štirikratno maso 95 % EtOH glede na količino filtrata (približno 250 mL). Erlenmajerice pokrijemo in obarjamo eno uro na sobni temperaturi (slika 4).

Med obarjanjem topnih vlaknin 100 mL erlenmajerice ponovno speremo. Tokrat trikrat s 15 mL 78 % EtOH, nato dvakrat z 10 mL 95 % EtOH in nazadnje trikrat z 10 mL acetona. Filtrirne lončke pet ur sušimo v sušilniku na 105 °C, jih v eksikatorju ohladimo in tehtamo. Ostanek NPV dobimo tako, da od teže filtrirnega lončka z ostankom vlaknine odštejemo težo filtrirnega lončka s celitom. Nato moramo od količine ostanka NPV odšteti še vsebnost pepela v ostanku, vsebnost beljakovin v ostanku in vsebnost NPV v slepem vzorcu.



Slika 4: Obarjanje topne vlaknine pri sobni temperaturi

Določanje vsebnosti topne prehranske vlaknine

Na presesalne buče ponovno namestimo nove filtrirne lončke. Skoznje previdno ob stekleni palčki filtriramo oborjen vzorec (vzorec 5), kateri se je obarjal eno uro pri sobni temperaturi. Erlenmajerico speremo dvakrat z 10 mL vode. Drugi del spiranja se ponovi kot pri določanju vsebnosti NPV. Najprej speremo trikrat s 15 mL EtOH (78 %), sledi spiranje dvakrat z 10 mL EtOH (95 %) in na koncu še trikrat z 10 mL acetona. Po končani filtraciji filtrirne lončke sušimo pet ur na 105 °C. Nato filtrirne lončke (slika 6) ohladimo, stehtamo in vsebino pretresemo v žarilne lončke ali v kivete za korekcijo pepela oziroma beljakovin v ostanku. Vsebnost TPV dobimo tako, da od mase filtrirnega lončka z ostankom odštejemo maso filtrirnega lončka s celitom. Vsebnost TPV korigiramo še z vsebnostjo pepela v ostanku, vsebnostjo beljakovin v ostanku in s slepim vzorcem.



Slika 5: Filtriranje oborjenega vzorca za določanje vsebnosti topne prehranske vlaknine (TPV) v vzorcu



Slika 6: Filtrirni lončki po končani filtraciji topne prehranske vlaknine (TPV)

Izračun vsebnosti prehranske vlaknine

$$\text{Vsebnost NPV v zračni sušini (g/100 g)} = \frac{m_{\text{On}} - m_{\text{Pn}} - m_{\text{Bn}} - m_{\text{SVn}}}{m_v} \cdot 100 \quad (7)$$

m_v = masa vzorca (g)

m_{On} = masa ostanka netopne vlaknine (g)

m_{Pn} = masa pepela v ostanku netopne vlaknine (g) (enačba 12)

m_{Bn} = masa beljakovin v ostanku netopne vlaknine (g) (enačba 15)

m_{SVn} = masa ostanka v slepem vzorcu (g)

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

ZS = zračna sušina

SS = vsebnost suhe snovi (g/100 g)

B = vsebnost vode v zračno suhem vzorcu (g/100 g) (enačba 4)

$$\text{Vsebnost TPV v zračni sušini (g/100 g)} = \frac{m_{Ot} - m_{Pt} - m_{Bt} - m_{SVt}}{m_v} \cdot 100 \quad (9)$$

m_v = masa vzorca (g)

m_{Ot} = masa ostanka topne vlaknine (g)

m_{Pt} = masa pepela v ostanku topne vlaknine (g) (enačba 13)

m_{Bt} = masa beljakovin v ostanku topne vlaknine (g) (enačba 15)

m_{SVt} = masa ostanka v slepem vzorcu (g)

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

ZS = zračna sušina

SS = vsebnost suhe snovi (g/100 g)

B = vsebnost vode v zračno suhem vzorcu (g/100 g) (enačba 4)

Vsebnost SPV je vsota netopne in topne prehranske vlaknine:

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

3.3.3.1 Določanje vsebnosti pepela v ostanku (Plestenjak in Golob, 2003)

Princip:

Suhi sežig vzorca pri temperaturi 550 °C pet ur.

Postopek:

Žarilne lončke pred uporabo pripravimo, tako da jih eno uro žarimo v peči pri temperaturi 550 °C, nato jih ohladimo in stehamo. V tako pripravljen žarilni lonček pretresemo vsebino iz filtrirnega lončka - ostanek topne oz. netopne vlaknine skupaj s celitom (dve paralelki in slepi vzorec). Žarilne lončke previdno postavimo za pet ur v žarilno peč na 525 °C. Nato jih ohladimo v eksikatorju in stehamo, kot vidimo na sliki 7.



Slika 7: Tehtanje ohlajenih žarilnih lončkov

Izračun:

Vsebino pepela v ostanku dobimo, če od dobljene mase po žarenju odštejemo težo praznega žarilnega lončka in celita.

$$m_{Pn} = m_{žn} - m_{Ln} - m_{Cn} \quad (12)$$

m_{Pn} = masa pepela v netopnem ostanku (g)

$m_{žn}$ = masa vzorca po žarenju (g)

m_{Ln} = masa praznega lončka (g)

m_{Cn} = masa celita (g)

$$m_{Pt} = m_{žt} - m_{Lt} - m_{Ct} \quad (13)$$

m_{Pt} = masa pepela v topnem ostanku (g)

$m_{žt}$ = masa vzorca po žarenju (g)

m_{Lt} = masa praznega lončka (g)

m_{Ct} = masa celita (g)

3.3.3.2 Določanje vsebnosti beljakovin v ostanku s Kjeldahlovo metodo (Plestenjak in Golob, 2003)

Princip:

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

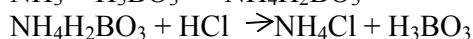
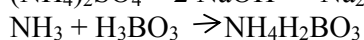
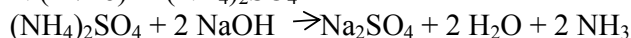
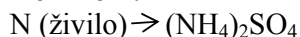
$$\text{vsebnost B (g/100 g)} = \% \text{ N} \cdot F \quad (14)$$

F = empirični faktor za preračunavanje dušika v beljakovine = 6,25

% N = vsebnost dušika v vzorcu

B = vsebnost beljakovin v vzorcu (g/100 g)

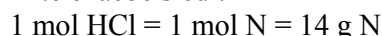
Vzorec razklopimo z mokrim sežigom s pomočjo kisline (H_2SO_4), katalizatorja in visoke temperature. Z destilacijo z vodno paro ob dodatku močne baze, sprostimo NH_3 , ki ga lovimo v prebitek borove kisline in nato titriramo amonijev borat s standardno klorovodikovo kislino.

Kemizem:

Če združimo zadnji dve enačbi dobimo:



Iz te enačbe sledi:



Pribor in oprema:

- 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 Scaltec SPB 31
- kivete (300 mL)
- kleščice
- rokavice
- spatula
- stojalo za kivete

Reagenti:

- koncentrirana H_2SO_4
- katalizator KJELTABS Cu/3,5 g $\text{K}_2\text{SO}_4 + 0,4 \text{ g CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$
- nasičena 3 % raztopina H_3BO_3
- 30 % raztopina NaOH
- 0,1 M HCl

Postopek:

Analizo opravimo v treh korakih:

- a) mokri sežig pripravljenega homogeniziranega vzorca,
- b) destilacija,
- c) titracija.

a) V kiveto pretresemo vzorec - ostanek vlaknine s celitom (2 paralelki vzorca in slepi vzorec). Dodamo 20 mL koncentrirane H_2SO_4 in dve tableti bakrovega katalizatorja. Kivete postavimo v razklopno enoto, pokrijemo s steklenimi zvonci in temperaturo postopno dvigamo do 370 °C. Z vodno črpalko odvajamo zdravju škodljive hlapne preko čistilne enote, kjer se del hlapov utekočini, del pa nevtralizira v približno 15 % raztopini NaOH in na koncu vodi preko aktivnega oglja. Mokri sežig je končan v eni uri, nato počakamo, da se vzorec ohladi na sobno temperaturo.

b) Vzorec v kiveti vstavimo v destilacijsko enoto, sledi avtomatsko doziranje 50 mL destilirane vode in 70 mL baze NaOH v kiveto ter 60 mL borove kisline H_3BO_3 v predložko. Nato se začne uvajati paro v vzorec. Destilacija poteka 4 minute.

c) Raztopino nastalega amonborata v kiveti titriramo z 0,1 M HCl do vrednosti pH 4,65. Titracija se začne avtomatsko, po vnosu odtehte vzorca v titracijski enoti. Po koncu titracije se zabeleži poraba kisline, iz katere nato izračunamo vsebnost dušika ter vsebnost beljakovin v vzorcu.

Izračun:

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

B_n = vsebnost beljakovin v ostanku netopne vlaknine (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 = empirični faktor za preračunavanje dušika v beljakovine

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

B_t = vsebnost beljakovin v ostanku topne vlaknine (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 = empirični faktor za preračunavanje dušika v beljakovine

3.3.4 Določitev vsebnosti PV z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus

V Nemčiji in Švici je Prodi vodilni program na področju prehranskega svetovanja in izračuna hranilne vrednosti obrokov. Prav tako podpira načrtovanje obrokov in hranjenje podatkov ter spremljanje napredka pacientov v bolnišnicah. Že od ustanovitve naprej, od leta 1981, Nutri-Science GmbH skrbi za razvoj računalniškega programa za prehransko svetovanje Prodi®. Vse različice temeljijo na prehranski bazi podatkov (prehranske tabele Souci-Fachamnn-Kraut, 2005 in nemška podatkovna baza hranil BLS II.3) in priporočenih vrednostih dnevnega vnosa osnovnih makro- in mikrohranil (Kluthe, 2013).

Za analizo vzorcev smo uporabili različico Prodi 5.7 Expert Plus. Sestavine obrokov in njihove količine smo vnesli v program in tako dobili vsebnost osnovnih hranil, med drugim tudi vsebnost SPV in energijsko vrednost modelnega obroka. Sestavine obrokov, katere smo vnesli v program, so podane v prilogi B.

3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Vse podatke in končne rezultate, ki smo jih pridobili z encimsko-gravimetrično metodo 991.43 in z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus, smo uredili in obdelali z uporabo programa Microsoft Excel 2013 in statistično obdelali z računalniškim programom SPSS 20.0 (Statistical Package for Social Sciences).

Pri statistični obdelavi podatkov smo uporabili statistične parametre kot so aritmetična sredina ali povprečna vrednost ($\bar{X}$), minimalna vrednost (min) in maksimalna vrednost (max). Poleg tega smo naredili tudi parametrične teste (ANOVA in *t*-test), neparametrične teste (Kruskal-Wallisov test), analizo glavnih osi (PCA) in korelacijsko analizo (Pearsonov korelacijski koeficient).

4 REZULTATI

V 28 modelnih obrokih smo z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43 določili vsebnost TPV in NPV ter izračunali vsebnost SPV. Vzorce smo predhodno analizirali s programom Prodi 5.7 Expert Plus. Določili smo le vsebnost SPV, saj računalniški program določitve TPV in NPV ne omogoča posebej. Rezultate, pridobljene z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus, smo statistično obdelali in jih med seboj primerjali. Analizirano vsebnost PV v g/100 g smo preračunali na vsebnost v celotnem obroku in podali vsebnost PV, zaužite v celem dnevu ter dobljene rezultate primerjali s priporočili, iz Referenčnih vrednostih za vnos hranil (2004).

4.1 REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE, DOLOČENE Z ENCIMSKO-GRAVIMETRIČNO METODO AOAC 991.43

V preglednici 7 so predstavljene povprečne vsebnosti NPV in TPV v analiziranih vzorcih, ki smo jih določili z encimsko-gravimetrično metodo, ter izračunane vsebnosti SPV. Vsak vzorec smo analizirali v dveh vzporednih določitvah. Prav tako so v preglednici 7 prikazani rezultati za vsebnost SPV, ki smo jih pridobili z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus.

Rezultati za vsebnosti NPV, TPV in SPV so v preglednici 7 podani na 100 g obroka. Ker so mase posameznih obrokov zelo različne (npr. ponedeljkovo kosilo 550 g, četrtkova popoldanska malica le 40 g), tako predstavljeni podatki ne pokažejo realnih rezultatov o vnosu PV, zato v nadaljevanju rezultate vsebnosti PV podajamo in komentiramo na maso celotnega obroka.

Preglednica 7: Vsebnosti netopne (NPV), topne (TPV) in skupne prehranske vlaknine (SPV) v analiziranih vzorcih (g/100 g)

Vzorec	Encimsko-gravimetrična metoda AOAC 991.43			Prodi 5.7 Expert Plus
	vsebnost NPV (g/100 g)	vsebnost TPV (g/100 g)	vsebnost SPV (g/100 g)	vsebnost SPV (g/100 g)
PO1	0,93	0,29	1,22	0,54
PO2	0,20	0,22	0,42	0,58
PO3	3,02	0,34	3,36	5,08
PO4	0,96	0,24	1,20	2,00
PO5	/	/	/	0,01
TO1	/	/	/	0,02
TO2	1,24	0,72	1,96	3,18
TO3	0,50	0,28	0,79	1,74
TO4	/	/	/	0,03
TO5	0,30	0,03	0,33	0,47
TO6	4,01	0,38	4,39	2,20
TO7	3,16	0,46	3,62	0,84
TO8	3,54	0,98	4,53	3,27
SR1	0,47	0,35	0,81	2,05
SR2	0,07	0,17	0,24	0,30
SR3	0,94	0,30	1,24	0,35
SR4	0,02	0,50	0,52	3,90
SR5	3,14	0,14	3,27	0,94
SR6	0,39	0,19	0,58	1,90
ČE1	0,001	0,60	0,61	0,22
ČE2	1,27	0,33	1,60	0,83
ČE3	/	/	/	0,06
ČE4	1,06	0,33	1,39	1,77
ČE5	4,06	0,41	4,47	1,34
ČE6	18,43	0,12	18,55	12,42
ČE7	1,89	0,45	2,35	2,14
PE1	0,65	0,81	1,46	2,10
PE2	1,07	0,57	1,64	2,01
PE3	0,49	0,001	0,49	0,35
PE4	0,78	0,001	0,78	0,24
PE5	1,45	0,20	1,64	1,37
PE6	0,96	0,24	1,20	2,00
PE7	1,44	1,53	2,97	2,21

/: vsebnost PV z encimsko-gravimetrično metodo ni bila določena

V preglednici 8 so podani rezultati, ki prikazujejo vsebnost NPV, TPV in SPV, ki so jih udeleženci prehranskega poskusa zaužili s posameznim obrokom ter zaužite vsebnosti NPV, TPV in SPV v celodnevni obroku.

Na sliki 8 so vsebnosti NPV in TPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo, tudi grafično predstavljene po obrokih in dnevih.

Preglednica 8: Vsebnosti prehranske vlaknine, določene z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43, v posameznih in celodnevni obrokih

Dan	Obrok	Vsebnost NPV (g/obrok)	Vsebnost TPV (g/obrok)	Vsebnost SPV (g/obrok)	Vsebnost NPV (g/dan)	Vsebnost TPV (g/dan)	Vsebnost SPV (g/dan)
Ponedeljek	zajtrk	2,98	0,93	3,91	19,40	3,46	22,86
	d. malica	0,63	0,68	1,32			
	kosilo	15,11	1,68	16,79			
	p. malica	0,68	0,17	0,84			
	večerja	/	/	/			
Torek	zajtrk	0,68	0,40	1,08	23,83	4,46	28,29
	d. malica	1,43	0,81	2,23			
	kosilo	8,04	0,75	8,78			
	p. malica	9,79	1,43	11,23			
	večerja	3,90	1,08	4,98			
Sreda	zajtrk	0,42	0,31	0,73	12,53	4,44	16,98
	d. malica	0,45	1,01	1,46			
	kosilo	4,44	2,22	6,67			
	p. malica	5,96	0,26	6,22			
	večerja	1,27	0,63	1,90			
Četrtek	zajtrk	0,68	0,64	1,32	17,60	3,08	20,68
	d. malica	3,95	1,01	4,96			
	kosilo	3,71	0,92	4,63			
	p. malica	7,37	0,05	7,42			
	večerja	1,89	0,45	2,35			
Petek	zajtrk	0,58	0,73	1,32	7,90	3,44	11,34
	d. malica	0,93	0,49	1,43			
	kosilo	3,70	0,06	3,76			
	p. malica	0,87	0,21	1,08			
	večerja	1,82	1,93	3,75			

/: vsebnost PV z encimsko-gravimetrično metodo ni bila določena

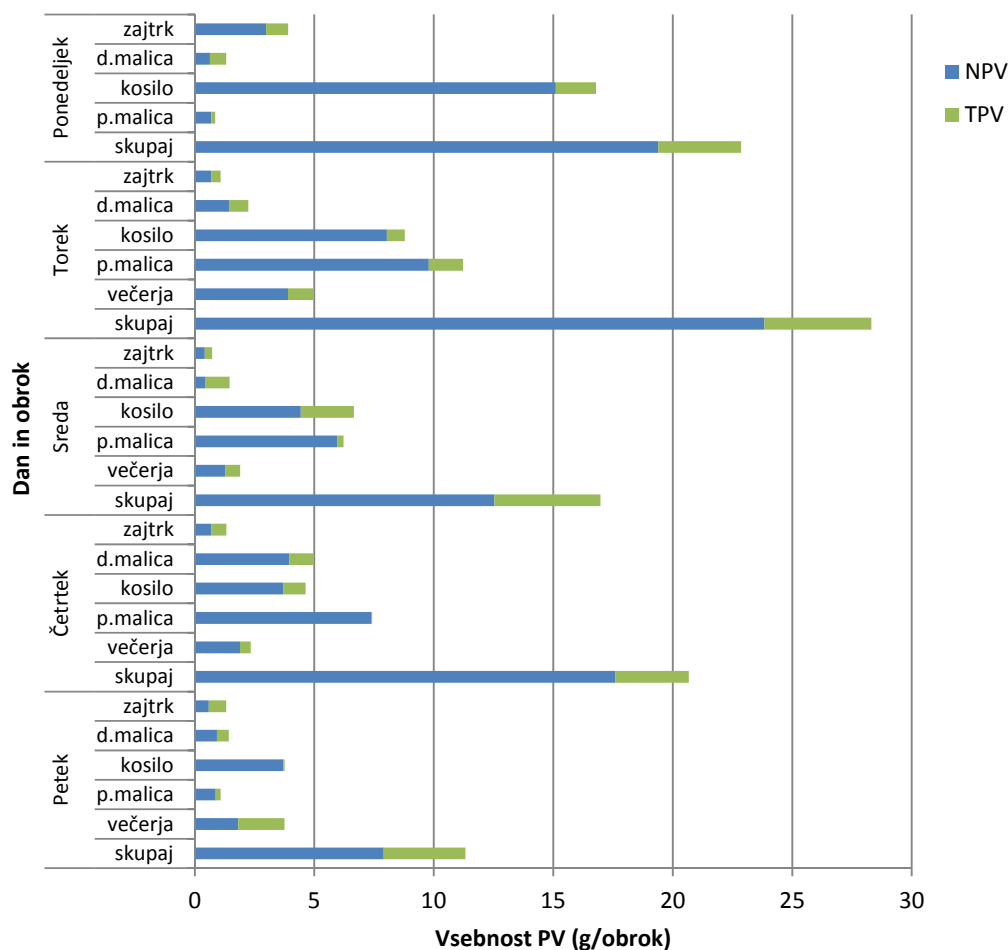
Iz preglednice 8 in slike 8 je razvidno, da je k največji vsebnosti SPV v ponedeljkovem celodnevni obroku doprineslo kosilo, ki je bilo sestavljeno iz fižolove enolončnice in bele kajzerice. Kosilo je vsebovalo 16,79 g SPV. Prav tako je bila v tem obroku določena največja vsebnost NPV (15,11 g) in TPV (1,68 g). V popoldanski malici, ki je vsebovala banana, je bila določena najmanjša vsebnost SPV (0,84 g) in TPV (0,17 g). Najmanjša vsebnost NPV pa je bila določena v dopoldanski malici (sendvič s Poli salamo in pomarančni sok Pingo) in sicer 0,63 g.

Med torkovimi obroki je imela največjo vsebnost SPV, to je 11,23, popoldanska malica, ki je bila sestavljena iz Orino rezine z oreški in sojinega napitka. Poleg tega pa je imel ta obrok tudi največjo vsebnost TPV (1,43 g) in NPV (9,79). Obrok, ki je vseboval najmanj SPV (1,08 g), TPV (0,40 g) in NPV (0,68 g) je bil zajtrk, sestavljen iz kajzerice s skutnim namazom z mleto papriko in peteršiljem.

Med obroki v sredo je imelo kosilo (testenine po bolonjsko in puding Monte) največjo vsebnost SPV (6,67 g) in TPV (2,22 g). Največ NPV (5,96 g) in hkrati najmanj TPV (0,26 g) pa je vsebovala popoldanska malica (banana in skuta). Zajtrk, sestavljen iz navadnega toasta in Viki kreme, je vseboval najmanj SPV (0,73 g) in NPV (0,42 g).

Med obroki, ki so jih udeleženci prehranskega poskusa zaužili v četrtek, smo največjo vsebnost SPV (7,42 g) in NPV (7,37 g) določili v popoldanski malici, ki je bila sestavljena iz različnih vrst oreščkov, kot so makadamija in pekan orehi. Isti obrok je vseboval najmanj TPV, le 0,05 g. Največ TPV (1,01 g) je v četrtek vsebovala dopoldanska malica (sosodovo pecivo in sojin čokoladni napitek). Najmanjšo vsebnost SPV (1,32 g) in NPV (0,68 g) pa smo določili v zajtrku, ki ga je sestavljala kajzerica s skutnim namazom z drobnjakom.

Med analiziranimi obroki v petek je imelo največjo vsebnost SPV in NPV (3,76 oz. 3,70 g) kosilo, ki je bilo sestavljeno iz piščanca z bučkami, polente in čokoladice Kinder Maxi King. V petkovem kosilu je bila določena najmanjša vsebnost TPV (0,06 g), kar pomeni, da je k največji vsebnosti SPV prispevala velika vsebnost NPV. Večerja je imela podobno vsebnost SPV (3,75 g) kot kosilo. Med petkovimi obroki je največ TPV vsebovala večerja (bruskete s sirom in vloženo zelenjavo), to je 1,93 g. Najmanjšo vsebnost SPV (1,08 g) je v petek imela popoldanska malica (banana), najmanjšo vsebnost NPV (0,58 g) pa zajtrk (kajzerica, maslo Mu in jagodna marmelada Belsad).



Slika 8: Primerjava vsebnosti topne (TPV) in netopne prehranske vlaknine (NPV) v obrokih analiziranih z encimsko-gravimetrično metodo

Pri večini analiziranih obrokov (preglednica 8 in slika 8), je bila vsebnost NPV večja kot vsebnost TPV. Le pri obrokih, ki so vključevali bel kruh (kajzerica, bruskete), je bila določena vsebnost TPV večja od vsebnosti NPV. Med vsemi analiziranimi obroki, je največ SPV in NPV (16,79 g oz. 15,11 g) vsebovalo ponedeljkovo kosilo, ki je bilo sestavljeno iz fižolove enolončnice in kajzerice. Tudi torkova popoldanska malica je vsebovala veliko SPV, 11,23 g, sestavljena je bila iz rezine z oreščki in sojinega mleka. Obrok z največjo vsebnostjo TPV (2,22 g) v celem tednu je bilo kosilo v sredo, sestavljeno iz testenin po bolonjsko ter pudinga Monte. Najmanjšo vsebnost SPV (0,73 g) in NPV (0,42 g) smo določili v sredinem zajtrku (sendvič s Poli salamo in kumaricami ter ledeni čaj).

Iz preglednice 8 in slike 8 so razvidni rezultati vsebnosti SPV v modelnih celodnevni obrokih. Največjo vsebnost SPV smo določili v torkovem celodnevni obroku in sicer 28,29 g, prav tako smo v istem celodnevni obroku določili največjo vsebnost NPV (23,83 g). Živila, ki so prispevala k vsebnosti PV, so kruh, sadje oziroma sadni kompot, cvetača v solati ter rezina Orino z oreščki. Vsebnost SPV je v ponedeljkovem in četrtekovem celodnevni obroku presegla 20 g (22,86 g oz. 20,68 g). K vsebnosti PV v ponedeljkovem celodnevni obroku je največ prispevalo kosilo (fižolova enolončnica), v četrtekovem celodnevni obroku pa oreščki in kruh. Najmanjšo dnevno vsebnost SPV in NPV smo določili v petkovem in sredinem celodnevni obroku. V petek je vsebnost SPV v celodnevni obroku znašala le 11,34 g, v sredo pa 16,98 g. Največ TPV smo določili v celodnevni obrokih v torek in sredo (4,46 g oz. 4,44 g). Živila, ki so prispevala k večji vsebnosti TPV, so testenine in kruh. V četrtekovem celodnevni obroku smo določili najmanjšo vsebnost TPV (3,08 g).

4.2 REZULTATI VSEBNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE, DOLOČENI S PROGRAMOM PRODI 5.7 EXPERT PLUS

Vzorcem, v katerih smo vsebnost PV določili z encimsko-gravimetrično metodo, smo le-to ovrednotili tudi z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. Določili smo samo vsebnost SPV, saj program ne poda posebej vsebnosti za NPV in TPV. V preglednici 7 so vsebnosti SPV, določene s programom Prodi 5.7 Expert Plus, podane na 100 g obroka. V preglednici 9 pa so prikazani podatki za vsebnost SPV na maso celotnega posameznega oz. celodnevne obroka.

Iz preglednice 9 je razvidno, da je bila v ponedeljkovem celodnevni obroku določena največja vsebnost SPV, 30,37 g/dan. Vsebnost SPV v celodnevni obroku je bila v torek 18,18 g, v sredo 19,59 g in v četrtek 16,40 g. V petkovem celodnevni obroku smo s programom Prodi določili najmanjšo vsebnost SPV, le 10,12 g/dan.

Prav tako je iz preglednice 9 razvidna vsebnost SPV v posameznih obrokih glede na dan. V ponedeljek je bila največja vsebnost SPV, 25,4 g, določena v kosilu, ki je bilo sestavljeno iz fižolove enolončnice in kajzerice. Najmanj SPV, in sicer 0,02 g, smo s programom Prodi določili v večerji. Le-ta je bila sestavljena iz mlečnega riža in kakava v prahu.

V torek je največ SPV vsebovalo kosilo (5,28 g), sestavljeno iz lososa, rižote in cvetače v solati, sledi dopoldanska malica s 4,94 g SPV. Najmanj, to je 1,76 g SPV, pa je bilo določeno v zajtrku (kajzerica in skutin namaz z mleto papriko ter peteršiljem).

Preglednica 9: Vsebnost skupne prehranske vlaknine (SPV) v posameznih in celodnevni obrokih, določena z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus

Dan	Obrok	Vsebnost SPV (g/obrok)	Vsebnost SPV (g/dan)
Ponedeljek	zajtrk	1,72	30,37
	d. malica	1,82	
	kosilo	25,4	
	p. malica	1,40	
	večerja	0,02	
Torek	zajtrk	1,76	18,18
	d. malica	4,94	
	kosilo	5,28	
	p. malica	2,60	
	večerja	3,60	
Sreda	zajtrk	1,85	19,59
	d. malica	1,81	
	kosilo	7,89	
	p. malica	1,79	
	večerja	6,27	
Četrtek	zajtrk	1,83	16,40
	d. malica	2,57	
	kosilo	4,89	
	p. malica	4,97	
	večerja	2,14	
Petek	zajtrk	1,89	10,12
	d. malica	1,75	
	kosilo	1,90	
	p. malica	1,80	
	večerja	2,78	

Med analiziranimi sredinimi obroki je bila s programom Prodi največja vsebnost SPV, to je 7,89 g, določena v kosilu, ki je vključevalo testenine po bolonjsko in puding Monte. Najmanj SPV je bilo določeno v popoldanski malici (banana in skuta), in sicer 1,79 g.

V četrtek sta, glede na rezultate pridobljene s programom Prodi, največ SPV vsebovala kosilo in popoldanska malica (4,89 oz. 4,97 g). Kosilo je vsebovalo ribo bradati huj, krompirjevo solato in čokoladico Duplo z lešniki, malica pa oreščke. Najmanjša vsebnost SPV (1,83 g) je bila v četrtek določena v zajtrku (kajzerica s skutnim namazom z drobnjakom).

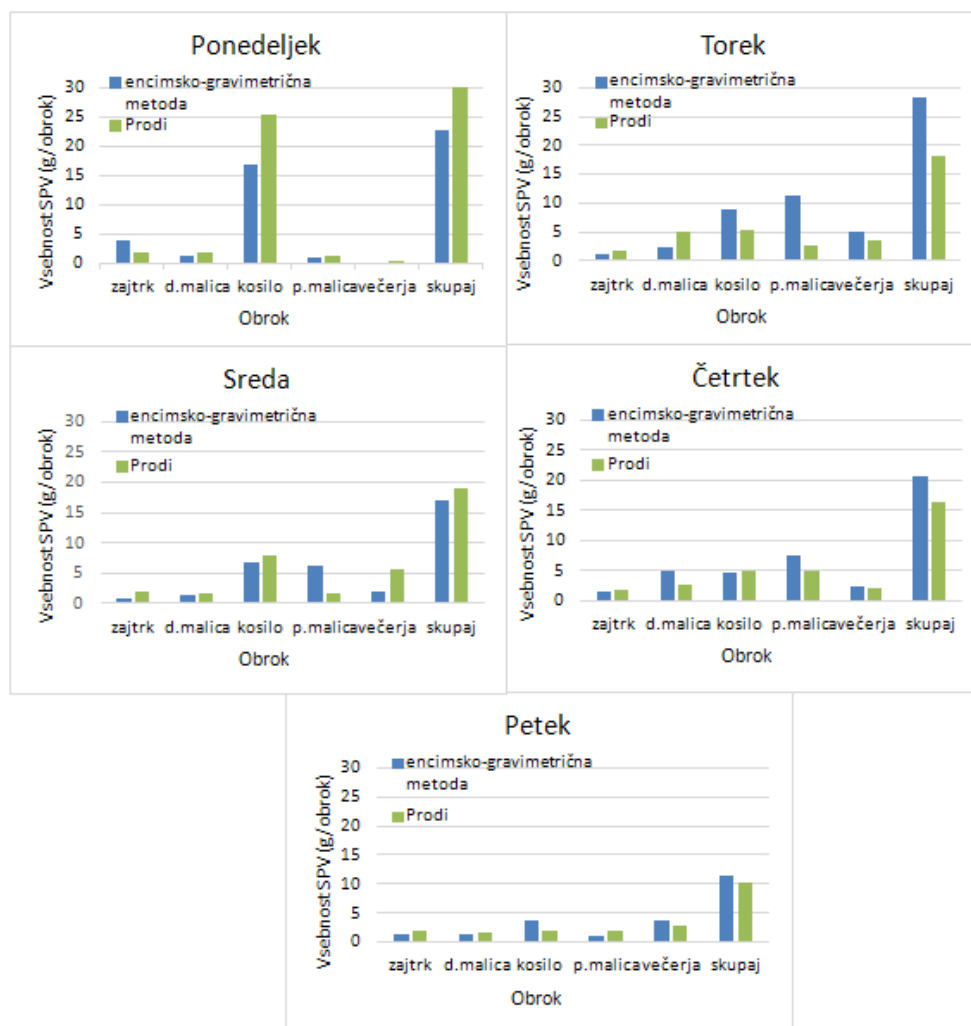
Med petkovimi obroki je bila največja vsebnost SPV, to je 2,78 g, določena v večerji, ki je vključevala bruskete, sir, olive in vložene čebulčke. Najmanjša vsebnost SPV pa je bila določena v dopoldanski malici (sendvič s savinjskim želodcem), znašala je 1,75 g.

4.3 PRIMERJAVA REZULTATOV VSEBNOSTI SPV, PRIDOBLENIH Z ENCIMSKO-GRAVIMETRIČNO METODO AOAC 991.43 IN S PROGRAMOM PRODI 5.7 EXPERT PLUS

V preglednici 7 je podana primerjava rezultatov vsebnosti SPV, pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo in z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. Primerjava rezultatov v g/100 g obroka ni smiselna zaradi zelo različnih količin posameznih modelnih obrokov. Na sliki 9 je zato podana primerjava vsebnosti SPV na celotno maso posameznih in celodnevni obrokov.

S slike 9 so razvidne razlike med vsebnostjo SPV, določeno z obema metodama. Med ponedeljkovimi obroki smo v kosilu, ki je bilo sestavljeno iz fižolove enolončnice in kajzerice, tako z encimsko-gravimetrično metodo, kot s programom Prodi 5.7 Expert Plus, določili največ SPV. Večja vsebnost SPV (25,4 g), za 51 %, je bila v tem obroku določena s programom Prodi. Najmanjšo vsebnost SPV smo določili v popoldanski malici (banana). Vsebnost SPV (1,40 g), pridobljena s programom Prodi, je bila za 67 % večja od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo, kar predstavlja največje dnevno odstopanje med metodama. Večerjo (mlečni riž in kakav v prahu) smo analizirali samo s programom Prodi, ker je bila vsebnost SPV manjša od 0,20 g/100 g. Najmanjše odstopanje smo določili v dopoldanski malici (sendvič Poli, pomarančni sok Pingo), in sicer je bila vsebnost SPV (1,82 g), določena s programom Prodi večja za 37 % od vsebnosti SPV (1,32 g), določene z encimsko-gravimetrično metodo. Vsebnost SPV (30,37 g) v ponedeljkovem celodnevni obroku, določena s programom Prodi je bila za 33 % večja od vsebnosti SPV (22,86 g), določene z encimsko-gravimetrično metodo.

Med analiziranimi torkovimi obroki smo največjo vsebnost SPV določili v popoldanski malici (rezina Orino z oreščki, sojin napitek) z encimsko-gravimetrično metodo, 11,23 g. Največja vsebnost SPV (5,28 g), določena s programom Prodi 5.7 Expert Plus, je bila v kosilu (losos, rižota in cvetača v solati). Odstopanje vsebnosti SPV, določene s programom Prodi, od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo je bilo 40 %. Najmanjšo vsebnost SPV smo z obema metodama določili v zajtrku (skutin namaz s papriko in peteršiljem), 1,08 g z encimsko-gravimetrično metodo in 1,76 g s programom Prodi. Torej smo z uporabo programa Prodi določili 63 % več SPV kot z encimsko-gravimetrično metodo. Najmanjše odstopanje med rezultati uporabljenih metod smo izračunali pri torkovi večerji (avokadov namaz in toast), znašalo je 28 %. Največje odstopanje med rezultati pa smo dobili pri torkovi dopoldanski malici, kjer je bila vsebnost SPV, določena s programom večja za 121 % od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo. V torkovem celodnevni obroku smo z encimsko-gravimetrično metodo določili največjo vsebnost SPV (28,29 g), od katere je vsebnost SPV, določena s programom Prodi odstopal za 36 %, to tudi predstavlja največje celodnevno odstopanje med metodama.



Slika 9: Primerjava vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV), določene z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus

S slike 9 je razvidno, da smo med analiziranimi sredinimi obroki v kosilu (testenine po bolonjsko in puding Monte) z obema metodama določili največjo vsebnost SPV. V tem obroku je bilo dnevno odstopanje med metodama najmanjše (18 %). Najmanjša vsebnost SPV je bila določena z encimsko-gravimetrično metodo v zajtrku (Viki krema in toast), 0,73 g, vsebnost SPV, določena s programom Prodi 5.7 Expert Plus je bila za 153 % večja. S programom Prodi smo najmanjšo vsebnost SPV (1,79 g) določili v popoldanski malici (banana, skuta) z 71 % odstopanjem od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo. Največje odstopanje med rezultati vsebnosti SPV smo določili v večerji (marelični in jagodni cmoki, kompot), in sicer je bila vsebnost SPV, določena z računalniškim programom Prodi večja za 230 % (1,90 g SPV določeno z encimsko-gravimetrično metodo in 6,27 g določeno s programom Prodi). V sredinem celodnevni obroku je bila vsebnost SPV (19,59 g), določena s programom Prodi večja od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo za 15 %.

Med četrtkovimi obroki so odstopanja med vsebnostjo SPV, dobljeno z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus, najmanjša v primerjavi z posameznimi obroki ostalih dni (slika 9). Največjo vsebnost SPV, določeno z encimsko-gravimetrično metodo in s programom Prodi 5.7 Expert Plus, smo dobili v četrtkovi popoldanski malici, ki je bila sestavljena iz makadamije in pekan orehov. Pri tem obroku je bila vsebnost SPV (4,97 g), dobljena s programom Prodi manjša od vsebnosti SPV (7,42 g), določene z encimsko-gravimetrično metodo za 33 %. Med četrtkovimi obroki, smo najmanjšo vsebnost SPV z obema metodama določili v zajtrku, ki je bil sestavljen iz kajzerice s skutinim namazom z drobnjakom. Rezultat vsebnosti SPV (1,83), določen s programom Prodi je odstopal od rezultata vsebnosti SPV, določenega z encimsko-gravimetrično metodo za 39 %. Najmanjše (6 %) odstopanje vsebnosti SPV, določene s programom Prodi 5.7 Expert Plus od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo smo izračunali v četrtkovem kosilu (riba bradati huj, krompirjeva solata in čokoladica Duplo), največje (48 %) pa v dopoldanski malici (kruh sosedovo pecivo in čokoladni sojin napitek). Odstopanje vsebnosti SPV (16,40 g) v celodnevni obroku v četrtek, določeno s programom Prodi, je bilo za 21 % manjše od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo.

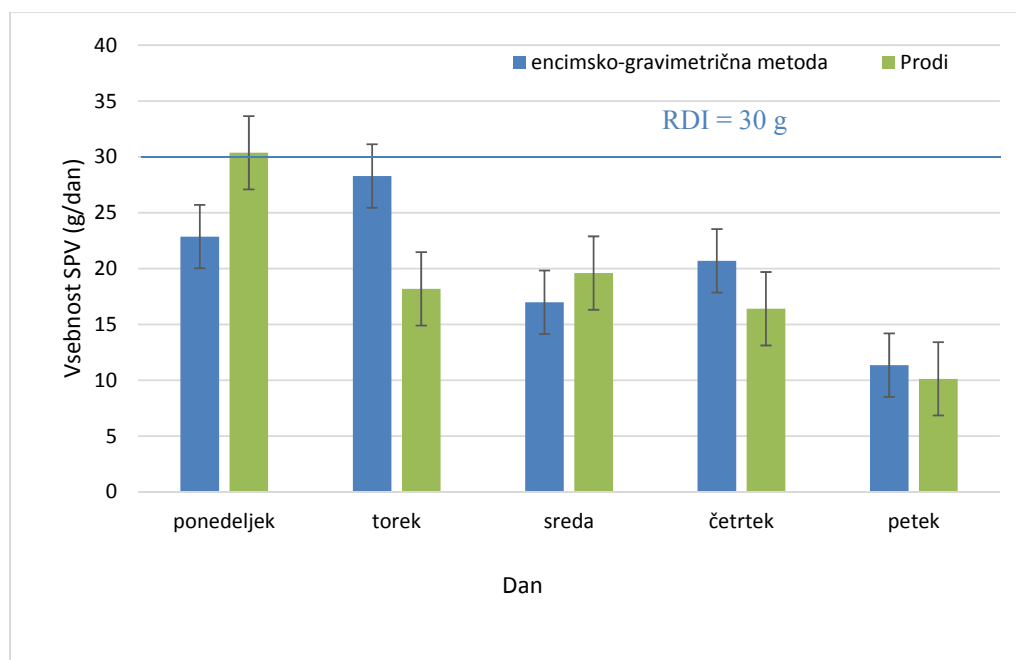
Vsebnost SPV, ki smo jo določili z encimsko-gravimetrično metodo, je bila največja v petkovem kosilu (piščanec z bučkami, polenta, čokoladica Kinder Maxi King). V primerjavi vsebnosti SPV (3,76 %), določene z encimsko-gravimetrično metodo je vsebnost SPV (1,90 g), določena s programom Prodi 5.7 Expert Plus za polovico manjša. S slednjo metodo smo največjo vsebnost SPV določili v večernem obroku, ki je vseboval živila kot so bruskete, sir, vloženi čebulčki, pekan orehi in olive. Vsebnost SPV (2,78 g), določena s programom Prodi je bila od vsebnosti SPV (3,75 g), določene z encimsko-gravimetrično metodo za 26 % manjša. V petkovi popoldanski malici (banana) je bila z encimsko-gravimetrično metodo določena najmanjša vsebnost SPV, ki je 1,08 g. Odstopanje vsebnosti SPV, določene s programom Prodi od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo je bilo v popoldanski malici največje in sicer 67 %. Najmanjše odstopanje (22 %) med vsebnostjo SPV, določeno z omenjenima metodama smo v petkovih obrokih določili v dopoldanski malici (sendvič). Vsebnost SPV (10,12 g) v petkovem celodnevni obroku, določena s programom Prodi je bila za 11 % manjša od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo.

4.4 PRIMERJAVA REZULTATOV VSEBNOSTI SKUPNE PREHRANSKE VLAKNINE S PRIPOROČILI

V državah EU je priporočen vnos PV za odrasle več kot 30 g na dan (Referenčne vrednosti..., 2004). Ker ni dokazano, da prekomerno uživanje prehranske vlaknine lahko škodi zdravju, ni predpisane največje količine, ki jo je še varno zaužiti (Stylianopoulos, 2005b). Na sliki 10 so prikazane vsebnosti SPV v modelnih celodnevni obrokih, določene z encimsko-gravimetrično metodo in s programom Prodi 5.7 Expert Plus ter primerjava rezultatov s priporočenim dnevnim vnosom (RDI) PV.

S slike 10 je razvidno, da je bila vsebnost SPV, določena s programom Prodi 5.7 Expert Plus, v ponedeljkovem celodnevni obroku največja. Ugotovimo lahko, da le ponedeljkov celodnevni obrok dosega zadosten dnevni vnos PV (30,37 g), vsebnosti SPV v celodnevni

obrokih v torek, sredo, četrtek in petek pa ne dosegajo minimalne dnevne priporočene vrednosti. Prav tako vsebnost SPV, ki smo jo v ponedeljkovem celodnevni obroku določili z encimsko-gravimetrično metodo ne zadostuje minimalni priporočeni vrednosti, določena vsebnost je namreč znašala 22,86 g/dan. Največjo vsebnost SPV, določeno z encimsko-gravimetrično metodo, smo določili v torkovem celodnevni obroku (28,29 g). Najmanjšo vsebnost SPV pa smo določili v petkovem celodnevni obroku tako z encimsko-gravimetrično metodo, kot s programom Prodi 5.7 Expert Plus. Vse vsebnosti SPV v celodnevni obrokih, določene s programom Prodi, so bile manjše od 20 g, izjema je bil ponedeljkov celodnevni obrok (30,37 g). Pri vsebnosti SPV, ki smo jo določili z encimsko-gravimetrično metodo so bile vsebnosti SPV v ponedeljkovem (22,86 g), torkovem (28,29 g) in četrtekovem celodnevni obroku (20,68 g) večje od 20 g, v sredo (16,98 g) in petkovem celodnevni obroku (11,34 g) pa manjše od 10 g. Rezultati vsebnosti SPV, določeni z obema metodama so bili v intervalu med 10 – 30 g/dan in ne dosegajo optimalnih priporočenih vrednosti, izjema je le vsebnost SPV v ponedeljkovem celodnevni obroku, določena s programom Prodi 5.7 Expert Plus.



Slika 10: Vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV) v modelnih celodnevni obrokih v primerjavi s priporočenim dnevnim vnosom (RDI)

4.5 REZULTATI STATISTIČNE OBDELAVE

Za rezultate, pridobljene z encimsko-gravimetrično metodo 991.43, smo z računalniškim programom za statistične analize SPSS 20.0 določili osnovne parametre opisne statistike. Program smo uporabili tudi za odkrivanje statističnih značilnosti med rezultati s parametričnimi in neparametričnimi testi. Nato smo statistično primerjali rezultate, pridobljene z encimsko-gravimetrično metodo 991.43 in s programom Prodi 5.7 Expert Plus, kjer smo uporabili bivariatno in multivariatno analizo, ter primerjali tudi vsebnost PV po posameznih modelnih obrokih (zajtrk, d. malica, kosilo, p. malica in večerja).

4.5.1 Rezultati analize vsebnosti PV z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43

Pred uporabo parametrične metode ANOVA (analiza variance) smo preverili homogenost varianc z Levenovim testom ($p > 0,05$), vendar smo ugotovili da so spremenljivke nehomogene, saj nobenemu izmed parametrov ni bilo zadoščeno. Posledično rezultatov analize variance in prav tako rezultatov Duncanovega post hoc testa nismo obravnavali, zato smo se odločili za neparametrični test.

Iz rezultatov Kruskal-Wallisovega testa, ki so podani v preglednici v prilogi C1, je razvidno, da smo zavrnili vse ničelne hipoteze, saj je bila statistična značilnost pri vsaki trditvi: $p < 0,05$. Ničelna hipoteza pravi, da se vsebnost vseh analiziranih delov PV (g/100 g), določene z encimsko-gravimetrično metodo, ne razlikuje glede na posamezen modelni obrok, kar v našem primeru ne velja. Ugotovili smo tudi, da se posamezni modelni obroki med seboj razlikujejo v količini, vsebnosti NPV, TPV in SPV (g/obrok).

Korelacije med pridobljenimi vsebnostmi PV smo določili s Pearsonovim korelacijskim koeficientom (r). V preglednici 10 so predstavljene le močne (vrednost koeficienta $r > 0,7$) in statistično značilne ($p < 0,01$) povezave med parametri. V našem primeru sta povezana le dva para parametrov (preglednica 10), kar pomeni, da se vrednosti obeh parametrov spreminjajo hkrati, vendar pa nista nujno odvisni ena od druge, ampak so lahko med seboj odvisne le posredno.

Preglednica 10: Statistično značilne zveze med analiziranimi parametri (encimsko-gravimetrična metoda)

Par parametrov	Pearsonov korelacijski koeficient (r) pri $p < 0,01$
vsebnost NPV – vsebnost SPV	0,991
vsebnost NPV/obrok – vsebnost SPV/obrok	0,992

4.5.2 Primerjava rezultatov analize vsebnosti PV, določene z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43 in s programom Prodi 5.7 Expert Plus

Opravili smo analizo variance (ANOVA) in preverili homogenost variance z Levenovim testom ($p > 0,05$). Tokrat smo ugotovili, da pogoju zadostuje pet parametrov in sicer vsebnost NPV/100 g vzorca ($p = 0,078$), vsebnost SPV/100 g vzorca ($p = 0,137$), količina obroka v g/osebo ($p = 0,820$), vsebnost TPV/obrok ($p = 0,079$) in vsebnost SPV/obrok ($p = 0,074$). Z ANOVO smo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) ugotovili le v masi obroka/osebo ($p = 0,000$) ter vsebnosti SPV/obrok ($p = 0,033$). Rezultate vsebnosti SPV v vzorcih, analizirane z obema metodama, smo primerjali s t-testom. Ugotovili smo, da med analitskimi podatki o vsebnosti SPV in podatki, določenimi s programom Prodi 5.7 Expert Plus, ni statistično značilnih razlik ($p < 0,05$).

Z neparametričnim testom (Kruskal-Wallisov test), smo s sprejetjem ničelne hipoteze ugotovili, da se vsebnost SPV v posameznih modelnih obrokih, določena z encimsko-gravimetrično metodo in vsebnost SPV v posameznih modelnih obrokih, določena s programom Prodi 5.7 Expert Plus ne razlikujeta. Rezultati Kruskal-Wallisovega testa so razvidni v prilogi C2.

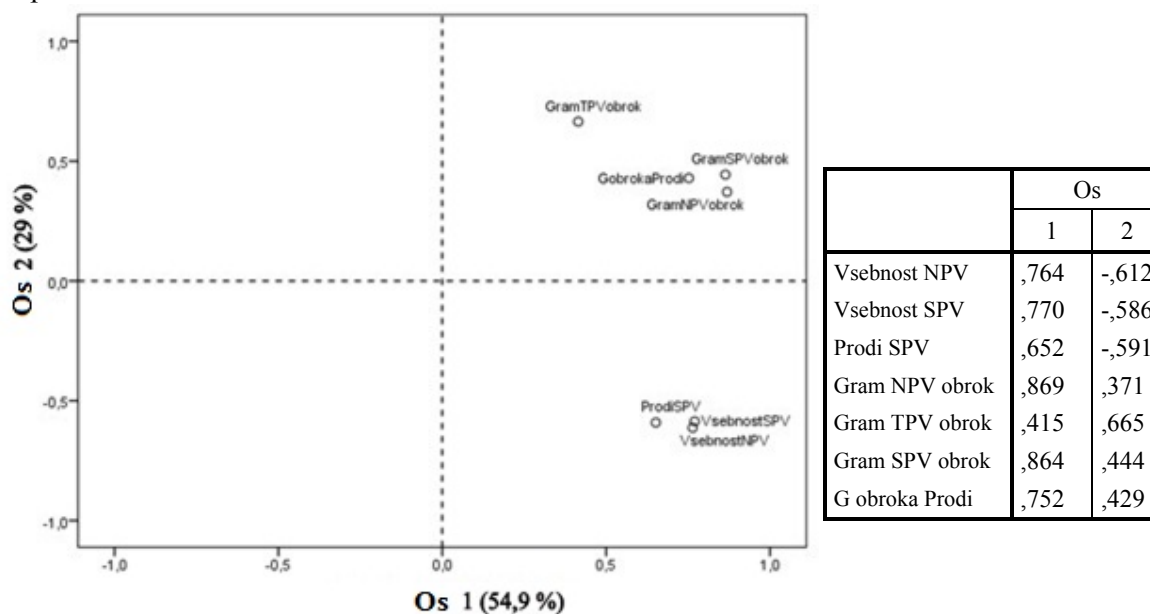
S Pearsonovim korelacijskim koeficientom (r) smo iskali statistično značilne povezave med spremenljivkami. V preglednici 11 so prikazane le močne ($r > 0,7$) in statistično značilne povezave ($p < 0,01$) med parametri. Razvidno je, da so vse vrednosti Pearsonovega korelacijskega koeficienta pozitivne, to pomeni, da vrednost enega parametra narašča z vrednostjo drugega. Vsebnost NPV, določena z encimsko-gravimetrično metodo, je v pozitivni povezavi z vsebnostjo SPV na 100 g ter tudi na obrok.

Preglednica 11: Statistično značilne zveze med analiziranimi parametri (obe metodi)

Par parametrov	Pearsonov korelacijski koeficient (r) pri $p < 0,01$
vsebnost NPV-vsebnost SPV	0,985
vsebnost NPV-vsebnost SPV (Prodi)	0,776
vsebnost SPV-vsebnost SPV (Prodi)	0,782
vsebnost NPV/obrok-vsebnost SPV/obrok	0,992
vsebnost NPV/obrok-vsebnost SPV/obrok (Prodi)	0,741
vsebnost SPV/obrok-vsebnost SPV/obrok (Prodi)	0,749

4.5.3 Rezultati statistične primerjave med obroki

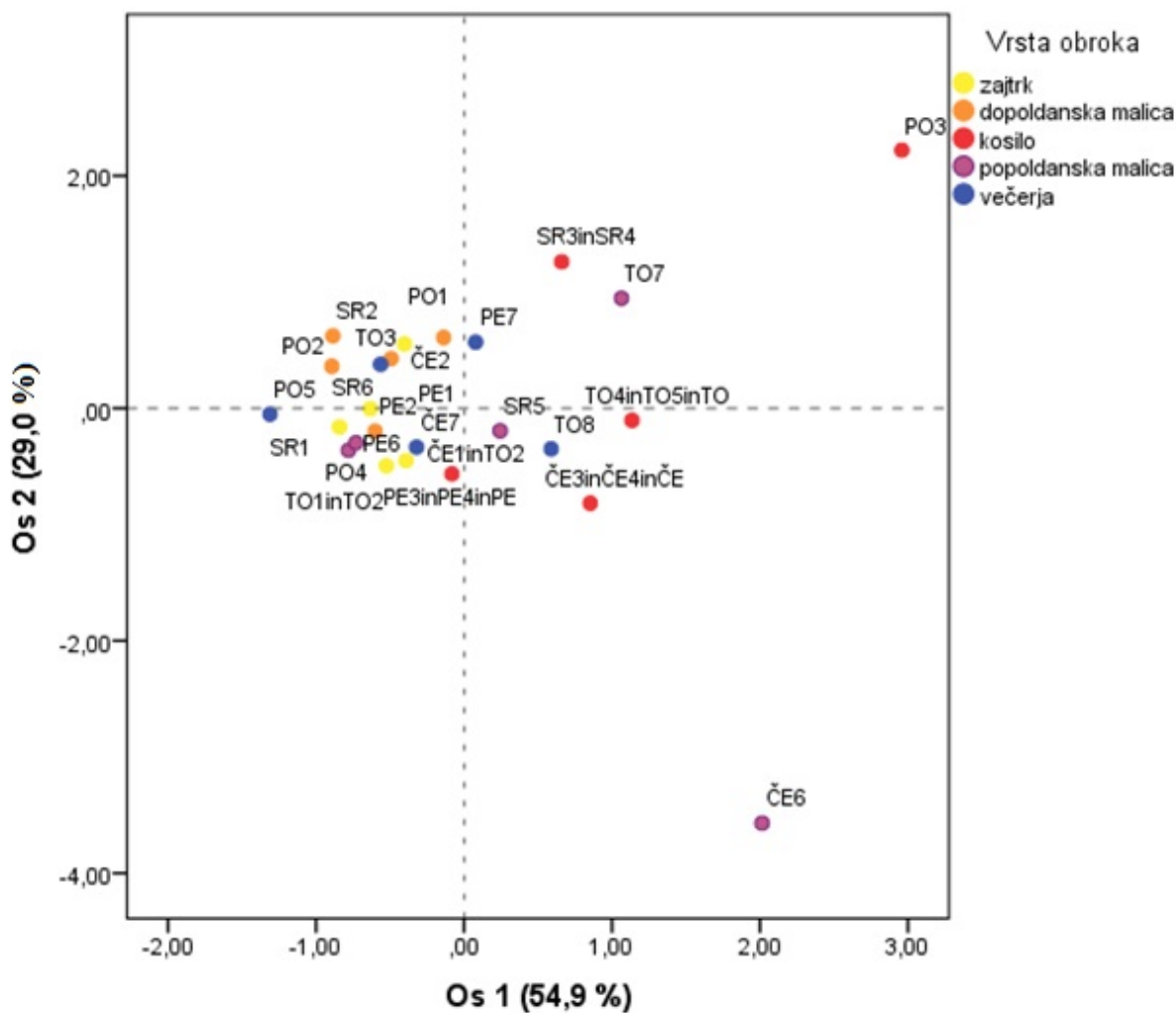
Pri analizi glavnih osi (PCA), smo določili parametre, ki največ prispevajo k razlikam med skupinami analiziranih vzorcev oziroma modelnih obrokov. Na sliki 12 lahko vidimo parametre, ki smo jih izbrali z analizo PCA. Večja kot je vrednost parametra, bolj je ta pomemben. Na sliki 11 je poleg grafičnega prikaza parametrov v 4 kvadrantih tudi matrica osnovnih spremenljivk (parametrov), ki sestavljajo prvo in drugo komponento (os). Na grafu vidimo, da se s prvo osjo pojasni 54,9 % variabilnosti med posameznimi modelnimi obroki, z drugo osjo pa še 29,0 % variabilnosti med posameznimi modelnimi obroki. Skupaj tako pojasnimo 83,9 % variabilnosti osnovnih spremenljivk, določenih v vzorcih posameznih modelnih obrokov.



Slika 11: Prikaz parametrov ter preglednica o sestavi 1. in 2. osi pri testu PCA

S slike 11 razberemo, da so vsi obravnavani parametri v desnem spodnjem in desnem zgornjem kvadrantu. Vzorci, ki se nahajajo v desnem spodnjem kvadrantu, se razlikujejo od drugih vzorcev po vsebnosti NPV in vsebnosti SPV na 100 g vzorca, ki je bila določena z encimsko-gravimetrično metodo ter po vsebnosti SPV (g/100 g), določeni s pomočjo računalniškega programa Prodi 5.7 Expert Plus. Vzorci, razporejeni v desni zgornji kvadrant, pa se razlikujejo od drugih vzorcev po vsebnosti PV (topne, netopne in skupne) na obrok, določene z encimsko-gravimetrično metodo ter po količini obroka.

Na sliki 12 vidimo, kako se na osnovi parametrov, izbranih z metodo PCA, ločijo analizirani vzorci. S slik 11 in 12 je razvidno, da se vzorec ČE6 (popoldanska malica – oreški) najbolj razlikuje od drugih vzorcev po vsebnosti NPV/100 g, določeni z encimsko-gravimetrično metodo in po vsebnosti SPV/100 g, določeni z obema metodama. Ponedeljkovo kosilo (PO3 – fižolova enolončnica in kajzerica), se od drugih posameznih modelnih obrokov najbolj loči po vsebnosti TPV/obrok, določeni z encimsko-gravimetrično metodo.



Slika 12: Razporeditev vzorcev (obrokov) glede na parametre 1. in 2. osi s slike 11

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Prehranski strokovnjaki vedno bolj poudarjajo, da morajo biti obroki uravnoteženi in sestavljeni iz raznolikih živil. Pomembno je, da so živila iz vseh skupin v pravilnem razmerju in da z obroki dosežemo zadosten vnos vseh potrebnih hranilnih snovi, ki jih naše telo potrebuje za delovanje. Pomembna skupina živil, ki naj bi sestavljala uravnotežen obrok, so živila, ki vsebujejo prehransko vlaknino (PV). Zanimalo nas je koliko PV določen obrok vsebuje, saj le tako lahko ovrednotimo njegovo prehransko ustreznost. Vsebnost PV lahko določimo z različnimi analitskimi metodami, ki so precej natančne, vendar so poleg tega tudi dolgotrajne, zahtevne in drage. Vsebnost PV lahko preverimo tudi v različnih podatkovnih bazah o sestavi živil. Glede na to, da imajo obroki kompleksno sestavo, v znanstveni in strokovni literaturi teh podatkov praktično ni. Vedno več je računalniških programov in spletnih orodij, ki na osnovi sestave obrokov ovrednotijo njihovo hranilno vrednost in prehransko ustreznost, vendar je njihova pomanjkljivost ta, da nekaterih živil oz. sestavin živil v podatkovni bazi ni.

Namen magistrskega dela je bil določiti vsebnost topne, netopne in skupne PV v celodnevni obrokih (skupno 25 posameznih obrokov), ki smo jih analizirali v 32 delnih obrokih (priloga A). Obroki so bili kompleksni, sestavljeni iz več vrst makrohranil in s povprečno energijsko vrednostjo 7912 kJ/dan (1891 kcal/dan). Sestava obrokov je bila naključna in živila z večjo vsebnostjo PV niso bila namerno vključena. Najprej smo ovrednotili vsebnost PV z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus, nato tudi z encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43. Zanimalo nas je, ali so rezultati, pridobljeni z obema metodama, primerljivi in ali vsebnost PV v analiziranih celodnevni obrokih ustreza priporočilom, podanih v Referenčnih vrednostih za vnos hranil (2004).

Rezultate vsebnosti PV v g/100 g obroka (preglednica 7) smo podali informativno, vendar jih nismo posebej obravnavali, saj taka primerjava ni smiselna. Zaradi različne količine posameznih modelnih obrokov, ki so jih udeleženci v prehranskem poskusu zaužili, rezultati podani na 100 g obroka ne podajo realne vsebnosti PV v posameznih modelnih obrokih.

Zaradi lažje predstave o vsebnosti PV smo rezultate preračunali na vsebnost PV v posameznih obrokih. V preglednici 8 in 9 so podani rezultati vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus. V ponedeljkovem celodnevni obroku je k večji vsebnosti SPV (slika 9) najbolj prispevalo kosilo. Vsebnost SPV v obroku je bila večja zaradi količine samega obroka (500 g) in zaradi kuhanega fižola, ki je glavni sestavni del fižolove enolončnice ter bogat vir PV. Večjo vsebnost SPV, smo z encimsko-gravimetrično metodo določili tudi v torkovem in sredinem kosilu ter popoldanski malici in v četrtekovi popoldanski malici. Vsebnosti SPV, določene s programom Prodi so bile višje pri torkovem kosilu in sredinem kosilu ter večerji. Drugi posamezni obroki niso vsebovali živil z večjo vsebnostjo PV, zato so imeli vsebnost SPV nižjo od 5 g.

Opazili smo, da je do velikega odstopanja med vsebnostjo SPV, določeno s programom Prodi 5.7 Expert Plus in vsebnostjo SPV, določeno z encimsko-gravimetrično metodo v posameznih obrokih prišlo, ko v program nismo vnesli točnega recepta, ampak smo v podatkovni bazi programa izbrali živilo, ki je imelo podobno sestavo kot živilo, ki so ga udeleženci prehranskega poskusa zaužili. Do manjših odstopanj med rezultati vsebnosti SPV, določenimi z obema metodama je prišlo, ko smo v računalniški program vnesli točen recept posameznega obroka (priloga B). Zato lahko rečemo, da je rezultat dobljen z encimsko-gravimetrično metodo pri določanju vsebnosti SPV natančnejši in zanesljivejši. Ne moremo pa točno definirati pri katerih obrokih oziroma živilih s programom določimo večjo ali manjšo vsebnost SPV kot z encimsko-gravimetrično metodo. Rezultati vsebnosti PV v analiziranih obrokih kažejo, da program še ni dovolj natančen pri določanju PV v posameznih modelnih obrokih, ki jih v program ne vnesemo v obliki recepta, saj je v tem primeru prišlo do največjih odstopanj. V preglednici 12 so podana odstopanja vsebnosti SPV, določene s programom Prodi od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo. Pri dobljenih odstopanjih je potrebno tudi upoštevati, da nekaterih posameznih obrokov, ki smo jih v program Prodi vnesli, z encimsko-gravimetrično metodo nismo analizirali in zato lahko pride do večjega odstopanja med metodama. Največje odstopanje vsebnosti SPV v posameznih obrokih, določene s programom Prodi od vsebnosti, določene z encimsko-gravimetrično metodo smo določili pri sredini večerji (230 %), najmanjše pa pri četrtkovem kosilu (6 %). V celodnevni obrokih je bilo odstopanje vsebnosti SPV, določene z obema metodama največje v torek (36 %), najmanjše pa v petek (11 %).

Preglednica 12: Odstopanja vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV), določene s programom Prodi 5.7 Expert Plus od vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo

Dan	Obrok	Odstopanje (%)	
		posamezni obrok	celodnevni obrok
Ponedeljek	zajtrk	- 56	>33
	d. malica	+ 37	
	kosilo	+ 51	
	p. malica	+ 67	
	večerja	/	
Torek	zajtrk	+ 63	< 36
	d. malica	+ 121	
	kosilo	- 40	
	p. malica	- 77	
	večerja	- 28	
Sreda	zajtrk	+ 153	> 15
	d. malica	+ 24	
	kosilo	+ 18	
	p. malica	- 71	
	večerja	+ 230	
Četrtek	zajtrk	+ 39	< 21
	d. malica	- 48	
	kosilo	+ 6	
	p. malica	- 33	
	večerja	- 9	
Petek	zajtrk	+ 43	< 11
	d. malica	+ 22	
	kosilo	- 49	
	p. malica	+ 67	
	večerja	- 26	

/: vsebnost PV z encimsko-gravimetrično metodo ni bila določena

Na vsebnost SPV v posameznem obroku lahko vpliva tudi način obdelave oz. priprave živil. V našem primeru je na vsebnost SPV verjetno najbolj vplivala toplotna obdelava živila oz. obroka (vrenje, kuhanje, peka ...). Pri živilih se lahko s toplotno obdelavo vsebnost SPV poveča ali zmanjša, odvisno od vrste živila (Poutanen, 2001). Nekateri programi za določanje hranilne vrednosti obrokov omogočajo izbiro načina priprave pri vnosu recepta v program. Tu so rezultati vsebnosti SPV natančnejši. Pri programu Prodi 5.7 Expert Plus je možna le izbira med kuhanimi ali surovimi živil, ne pa točen način priprave. Zaradi tega so pri rezultatih določanja vsebnosti SPV s računalniškimi programi oz. spletnimi orodji možna odstopanja od realnih vsebnosti SPV, določenih s kemijsko analizo.

Iz rezultatov vsebnosti SPV v celodnevni obrok, določene z encimsko-gravimetrično metodo (preglednica 8) in s programom Prodi 5.7 Expert Plus (preglednica 9), smo ugotovili, da modelni celodnevni obroki ne vsebujejo priporočene vsebnosti (slika 9 in 10). V preglednici 13 je predstavljena vsebnost SPV, ki so jo dnevno zaužili udeleženci prehranskega poskusa in odgovarjajoči delež priporočenega dnevnega vnosa (% RDI).

Preglednica 13: Vsebnost skupne prehranske vlaknine (SPV) v celodnevni obroku določena z obema metodama in priporočen dnevni vnos (RDI)

Dan	Vsebnost SPV (g/dan)		% RDI	
	EG	Prodi	EG	Prodi
Ponedeljek	22,86	30,37	76	101
Torek	28,29	18,18	94	61
Sreda	16,98	19,59	57	65
Četrtek	20,68	16,40	69	55
Petek	11,34	10,12	38	34

EG: encimsko-gravimetrična metoda

Iz rezultatov v preglednici 13 lahko sklepamo, da je bil ponedeljkov celodnevni obrok, določen s programom Prodi s prehranskega vidika najbolj ugoden glede vsebnosti PV. V torek je bil ustrezen priporočen dnevni vnos samo v primeru določanja vsebnosti SPV z encimsko-gravimetrično metodo. Sledita sredi in četrtek celodnevni obrok, petkov celodnevni obrok pa je glede na vsebnost PV neugoden ter s strani vsebnosti PV prehransko neuravnotežen.

Rezultati vsebnosti SPV, pridobljeni z encimsko-gravimetrično metodo, v povprečju dosegajo večjo vsebnost SPV v celodnevni obroku (20 g), kot rezultati, pridobljeni z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. Primerjava določene vsebnosti SPV s priporočili (Referenčne vrednosti..., 2004) je pokazala, da noben dan v tednu nismo določili optimalne priporočene vrednosti (slika 10, preglednica 13). Najbolj se je vsebnost SPV približala priporočeni vrednosti v torkovem celodnevni obroku (28,29). K večji vsebnosti SPV so v torek najbolj prispevala živila kot je kajzerica, kompot, rogljiček z marelično marmelado, cvetača v solati, rezina z oreščki in avokadov namaz. Optimalno priporočeno vsebnost, določeno s programom Prodi, smo pridobili le v ponedeljkovem celodnevni obroku (slika 10, preglednica 13). Živila, ki so prispevala k višji vsebnosti PV, so polnozrnat toast, marelična marmelada, pomarančni sok, kruh, banana, kisle kumarice in fižolova enolončnica. V ostalih celodnevni obrokih smo s programom Prodi določili manjšo vsebnost SPV kot v ponedeljkovem celodnevni obroku. Vendar pa velja,

da je encimsko-gravimetrična metoda bolj točna in realna, zato lahko trdimo, da noben dan ni bilo zadoščeno priporočilom.

Iz rezultatov sklepamo, da so udeleženci prehranskega poskusa zaužili premalo PV glede na priporočila (Referenčne vrednosti..., 2004). Prav tako je anketa, ki je bila opravljena leta 2008, ko so naključne potrošnike anketirali o uživanju hrane s PV, pokazala da večina vprašanih pozna PV, vendar je ne uživa dovolj (le 10 – 20 g/dan). Vzrok preskromnega uživanja PV je slabo poznavanje sestave živil in izdelkov ter slabe prehranske navade. Starejši anketiranci menijo, da je vzrok v tem, da je nezdrava prehrana pogosto cenejša, kar vpliva na izbiro nakupa (Skvarča, 2009).

Modelni celodnevni obroki v prehranskem poskusu so bili sestavljeni tako, da so imeli načrtovano maščobnokislinsko sestavo. V ponedeljkovem, sredinem in petkovem celodnevni obroku so prevladovala nasičene maščobne kisline, v celodnevni obroku v torek in četrtek pa nenasičene maščobne kisline. Obroki zato niso bili načrtno sestavljeni z živili z visoko vsebnostjo PV in zato niso dosegli optimalne priporočene vrednosti. Za povečanje vsebnosti PV, bi v jedilnik morali vključiti več surove zelenjave in sadja, polnozrnatih izdelkov, suhega sadja ter oreščkov. Za zajtrk namesto kruha, ovsene kosmiče v jogurtu z različnimi semeni (laneno, sončnično, bučno seme, sezam...) in rozinami ter brusnicami. Prav tako bi lahko v nekatere obroke vključili več stročnic in solate.

Rezultate vsebnosti PV določene z encimsko-gravimetrično metodo in računalniškim programom 5.7 Expert Plus smo statistično obdelali. Najprej smo primerjali rezultate pridobljene samo z encimsko-gravimetrično metodo, v nadaljevanju pa smo primerjali rezultate obeh metod. Ugotovili smo, da so rezultati nehomogeni, zato parametričnih testov nismo obravnavali. Za odkrivanje statističnih značilnosti rezultatov smo zato uporabili neparametrične metode.

Opravili smo Kruskal-Wallisov test (priloga C1, priloga C2), pri katerem smo v prvem poskusu primerjali le rezultate pridobljene z encimsko-gravimetrično metodo in zavrnili vse ničelne hipoteze. Statistična značilnost je bila pri vseh trditvah manjša kot 0,05, kar pomeni, da se vsebnost NPV (g/100 g), vsebnost TPV (g/100 g), vsebnost SPV (g/100 g) in vsebnost NPV (g/obrok), vsebnost TPV (g/obrok), in vsebnost SPV (g/obrok) razlikuje glede na vrsto obroka. Pri drugem poskusu, smo primerjali rezultate pridobljene z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus, je bila statistična značilnost pri obeh trditvah večja od 0,05, zato smo postavljene ničelne hipoteze sprejeli.

Pri primerjavi rezultatov vsebnosti PV, določene z encimsko-gravimetrično metodo smo izračunali Pearsonov korelacijski koeficient (r). Primerjava med rezultati je pri večini statistično neznailna ($p > 0,05$), izjemoma smo statistično značilno povezavo (preglednica 10) ugotovili pri dveh parih (vsebnost NPV (g/100 g) – vsebnost SPV (g/100 g) in vsebnost NPV (g/obrok) – vsebnost SPV (g/obrok)). Statistično značilne povezave med rezultati vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo in programom Prodi 5.7 Expert Plus, pa smo ugotovili pri štirih parih (preglednica 11). Iz tega lahko sklepamo, da več kot smo določili prve spremenljivke v paru, večja je vrednost druge spremenljivke v paru. Iz dobljenih podatkov lahko sklepamo, da je program Prodi 5.7 Expert Plus dovolj zanesljiv za pravilno oceno vnosa SPV.

Z analizo glavnih osi smo poskusili določiti tiste parametre, ki najbolj vplivajo na razlike med modelnimi obroki (slika 11, slika 12). Z analizo smo pojasnili skupno 83,9 % variabilnosti med modelnimi obroki. Iz slike 12 lahko vidimo, da najbolj izstopata dva posamezna modelna obroka in sicer ČE6 (popoldanska malica – makadamija in pekan orehi) ter PO3 (kosilo – fižolova enolončnica in kajzerica). Četrtekova popoldanska malica se od drugih obrokov najbolj loči po vsebnosti NPV (g/100 g), določeni z encimsko-gravimetrično metodo, kar nam pove, da vsebuje večje količine NPV v primerjavi z drugimi analiziranimi obroki. Ponedeljkovo kosilo pa se najbolj razlikuje od drugih obrokov po vsebnosti TPV/obrok, saj je bil obrok količinsko velik, prav tako pa je sestavljen iz fižola, za katerega je znano, da ima visoko vsebnost TPV.

Iz dobljenih rezultatov vsebnosti PV, določene z encimsko-gravimetrično metodo 991.43 in z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus sklepamo, da je encimsko-gravimetrična metoda bolj natančna in zanesljiva. Poleg tega lahko s slednjo metodo ločeno določimo tudi TPV in NPV, česar program Prodi 5.7 Expert Plus ne omogoča. Glede na rezultate znanstvenih raziskav v zadnjem času, ki dokazujejo, da imata TPV in NPV različne fiziološke učinke na različne funkcije v človeškem organizmu, je pomembno vedeti kakšna je vsebnost TPV in NPV v nekem živilu (Gray, 2006; Endress in Fisher, 2001; Phillips, 2013). Vendar pa je uporaba programa Prodi 5.7 Expert Plus lažja, hitrejša in tudi bistveno cenejša od encimsko-gravimetrične metode, zato je bolj primeren za hitro oceno vsebnosti PV. Pazljivi moramo biti le na to, da vnašamo v program čim točnejše recepte, saj so takrat rezultati zanesljivejši in lahko bolj realno določimo vsebnost PV v živilu.

5.2 SKLEPI

Na podlagi analiz in izračunov, ki smo jih opravili na analiziranih vzorcih modelnih celodnevni obrok s pomočjo encimsko-gravimetrične metode AOAC 911.43 in programa Prodi 5.7 Expert Plus, lahko sklepamo naslednje:

- Encimsko-gravimetrična metoda AOAC 991.43 omogoča določitev vsebnosti topne in netopne prehranske vlaknine ter izračun vsebnosti SPV, medtem ko lahko z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus določimo samo vsebnost SPV.
- V različnih posameznih modelnih obrokih smo določili različne vsebnosti prehranske vlaknine. Vsebnost SPV se je v modelnih celodnevni obrokih gibala med 10 – 30 g na dan.
- Računalniški program Prodi 5.7 Expert Plus je dovolj zanesljiv za oceno vnosa PV v primeru, ko v program vnesemo točen recept obroka. V primeru, ko smo v programu poiskali živilo, ki je že obstajalo v podatkovni bazi in je imelo podobno sestavo kot analizirano živilo, program ni dovolj zanesljiv, da bi pravilno ocenili vnos PV, ker je odstopanje med rezultati vsebnosti SPV, določenimi z obema metodama preveliko.
- Modelni celodnevni obroki, ki so bili uporabljeni v prehranskem poskusu niso bili primerno oblikovani glede na priporočila o dnevnem vnosu PV.
- Statistična obdelava podatkov je pokazala, da med rezultati vsebnosti SPV, pridobljenimi z encimsko-gravimetrično metodo in s programom Prodi 5.7 Expert Plus, ni bilo statistično značilnih razlik med posameznimi modelnimi obroki.
- Hipotezo, da v modelnih celodnevni obrokih vsebnost PV ustreza priporočilom iz Referenčnih vrednostih za vnos hranil, nismo potrdili.
- Hipotezo, ki pravi da je med rezultati vsebnosti PV v modelnih obrokih dobljenimi z encimsko-gravimetrično metodo 991.43 in rezultati dobljenimi z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus statistično značilna zveza, smo potrdili.

6 POVZETEK

Zaradi spremenjenih prehranskih navad in drugačnega načina življenja v zadnjih letih, je število obolelih za civilizacijskimi boleznimi vedno večje. Vse več prehranskih strokovnjakov poudarja pomen uravnotežene in raznolike prehrane, v katero seveda spada tudi zadosten vnos prehranske vlaknine (PV). Vedno več programov in spletnih orodij nam omogoča sestaviti optimalen jedilnik, ki vsebuje vsa mikro- in makrohranila, ki jih naše telo potrebuje za svoje delovanje. Pri tem ima PV pomembno vlogo, saj jo zaradi njenih fizioloških in fizikalno-kemijskih lastnosti uvrščamo med funkcionalno sestavino obroka. PV večinoma dobimo iz živil rastlinskega izvora, vsebujejo jo na primer stročnice, sadje, zelenjava, žita, oreški in polnozrnat izdelki. Zadostno uživanje PV lahko znižuje krvni tlak, blagodejno vpliva na črevesno sluznico, znižuje LDL holesterol, znižuje GI obroka ter da daljši občutek sitosti. Prav tako pa PV pripisujejo preprečitev nekaterih kroničnih bolezni.

Zaradi vse večjega pomena PV v prehrani smo v magistrski nalogi želeli določiti vsebnost PV v modelnih celodnevni obrok, ki so bili del prehranskega poskusa. Določanje PV je v kompleksnih obrokih velikokrat podvrženo napakam, saj so obroki sestavljeni iz različnih hranil, ki lahko motijo analizo. Za določanje vsebnosti NPV in TPV v obrokih, smo uporabili encimsko-gravimetrično metodo AOAC 991.43, nato smo izračunali še vsebnost SPV. Dodatno smo vsebnost SPV v posameznih modelnih obrokih pridobili z računalniškim programom Prodi 5.7 Expert Plus. 25 modelnih obrokov, ki so sestavljali 5 celodnevni obrokov, smo razdelili na več posameznih delov obroka in jih analizirali ($n = 32$). V analizo s programom Prodi smo vključili vse vzorce, za analizo z encimsko-gravimetrično metodo pa smo uporabili le vzorce, za katere smo s programom Prodi 5.7 Expert Plus določili vsebnost SPV, večjo kot 0,20 g/100 g obroka ($n = 28$).

V prvem delu raziskovalnega dela smo s programom Prodi 5.7 Expert Plus določili vsebnost SPV v vseh vzorcih. V program smo po dnevih vnesli živila, ki smo jih poiskali v že obstoječi podatkovni bazi. Prav tako smo vnesli tudi recepte za nekatere jedi, rezultati vsebnosti SPV v teh obrokih so bili natančnejši in bolj zanesljivi. Šele ko smo pridobili rezultate s programom Prodi, smo določili vsebnost NPV in TPV z encimsko-gravimetrično metodo 991.43. Obroki so bili pred analizo pripravljeni tako, da so bili primerni za uživanje, nato smo pripravili zračno suhe vzorce, ki smo jih do analize hranili v steklenih kozarčkih. Različni obroki, sestavljeni iz več živil, imajo različno vsebnost PV. Rezultate vsebnosti PV smo najprej podali v g/100 g obroka, vendar zaradi zelo različnih količin posameznih obrokov, obroke med seboj težko primerjamo. Zato smo vsebnost PV preračunali na maso obroka, saj so tako predstavljeni rezultati bolj pregledni.

Obroki, v katerih smo z encimsko-gravimetrično metodo določili največjo vsebnost SPV in NPV so ponedeljkovo kosilo (fižolova enolončnica), torkovo kosilo (losos, rižota in cvetača v solati) in četrtekova popoldanska malica (oreški). Največjo vsebnost TPV pa smo določili v sredinem kosilu (testenine po bolonjsko), petkovi večerji (brskete, sir in vložena zelenjava) ter v ponedeljkovem kosilu (fižolova enolončnica). Najmanjše vsebnosti NPV in SPV smo z encimsko-gravimetrično metodo določili v ponedeljkovi popoldanski malici (banana), sredinem zajtrku (Viki krema s kruhom), ponedeljkovi, sredini in petkovi dopoldanski malici (sendvič) ter torkovi dopoldanski malici (rogljiček z

marmelado). Najmanjša vsebnost TPV pa je bila določena v četrtkovi popoldanski malici (oreški), petkovemu kosilu (piščanec z bučkami, polenta in čokoladica Kinder Maxi King) ter v sredini popoldanski malici (banana s skuto). Analizirani posamezni modelni obroki so večinoma imeli večjo vsebnost NPV kot TPV. S programom Prodi 5.7 Expert Plus smo največjo vsebnost SPV določili v ponedeljkovem kosilu (fižolova enolončnica), sredinem kosilu (testenine po bolonjsko), v torkovem kosilu (losos, rižota, cvetača v solati) in sredini večerji (marelični in jagodni cmoki, kompot). Najmanjšo vsebnost SPV pa smo določili v ponedeljkovi večerji (mlečni riž s kakavom) in v ponedeljkovi popoldanski malici (banana). Vidimo lahko, da je vsebnost PV odvisna tudi od količine obroka, ki ga zaužijemo.

V drugem delu magistrske naloge smo vsebnost PV v modelnih celodnevni obrok primerjali s priporočili (Referenčne vrednosti..., 2004). Rezultati vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo, so pokazali, da vnos PV ni bil noben dan zadosten. Le v torkovem celodnevni obroku (28,29 g), je bila vsebnost PV najbližje priporočilom. Najmanjši vnos PV smo zabeležili v petkovem celodnevni obroku, le 11,34 g. S programom Prodi 5.7 Expert Plus smo v ponedeljkovem celodnevni obroku pridobili zadosten priporočen dnevni vnos, ki je znašal 30,37 g. Ostale dni so bile vsebnosti SPV, določene s programom, manjše kot vsebnosti SPV, določene z encimsko-gravimetrično metodo, razen v sredinem celodnevni obroku. Najmanjšo vsebnost SPV smo s programom Prodi prav tako določili v petkovem celodnevni obroku, in sicer 10,12 g. Zaradi dokazanih pozitivni učinkov PV na zdravje človeka, je pomembno da poskusimo povečati delež PV v prehrani na priporočeno vrednost. Izbirati moramo živila, ki so bogata s PV, na primer sadje, zelenjavo, stročnice, oreščke, suho sadje, polnozrnat izdelke ipd.

Namen magistrske naloge je bila tudi primerjava rezultatov vsebnosti PV, pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo in s programom Prodi 5.7 Expert Plus. Rezultati statistične obdelave so pokazali, da so med vsebnostmi PV, določene z obema metodama statistično značilne zveze pri nekaterih povezavah, npr. vsebnost NPV (g/100 g), določena z encimsko-gravimetrično metodo in vsebnost SPV (g/100 g), določena s programom Prodi. V tem primeru lahko rečemo, da več kot smo določili NPV z encimsko-gravimetrično metodo, večja je vsebnost SPV določena s programom Prodi. Drugi pari, pri katerih smo določili statistično značilne zveze so: vsebnost NPV (g/100 g) – vsebnost SPV (g/100 g), določeni z encimsko-gravimetrično metodo, vsebnost SPV (g/100 g) – vsebnost SPV (g/100 g) (Prodi), vsebnost NPV/obrok-vsebnost SPV/obrok, določeni z encimsko-gravimetrično metodo, vsebnost NPV/obrok - vsebnost SPV/obrok (Prodi) in vsebnost SPV/obrok - vsebnost SPV/obrok (Prodi). Iz dobljenih rezultatov sklepamo, da je program Prodi 5.7 Expert Plus dovolj zanesljiv in natančen za ustrezno oceno vsebnosti PV v celodnevni modelni obrok.

Pozorni moramo biti, katera živila vnašamo v računalniški program in da so čim bolj podobna živilom, ki jih želimo analizirati. Še bolj priporočljivo je, da v program Prodi 5.7 Expert Plus oz. v podobne programe, ki so v uporabi ter različna spletna orodja za vrednotenje prehrane vnesemo točen recept, če program to omogoča. Tako lahko dobimo zanesljivejše in točnejše podatke, ki jih potrebujemo za analizo hranilne vrednosti živil oz. obrokov.

7 VIRI

- AACC-American Association of Cereal Chemists. 2001. The definition of dietary fibre. *Cereal Foods World*, 46, 3: 112-129
- ADA-The American Dietetic Association. 2002. Position of the American Dietetic Association: Health implication of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*, 102, 7: 993-1000
- AOAC Official Method 991.43. Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods. 1995. V: *Official methods of analysis of AOAC international*. 15th ed. Cunniff P. (ed.). Gaithersburg, AOAC International, Chapter 32: 7-9
- Asp N. 2001. Development of dietary fibre methodology. V: *Advanced dietary fibre technology*. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 77-88
- 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
- Brooks S. P. J., Mongeau R. 2003. Dietary fibre: Energy value. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 3. 2nd ed. Caballero B., Trugo L. C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 1850-1859
- CAC-Codex Alimentarius Commission. 2006. Report of the 27th session of the Codex Committee on nutrition and foods for special dietary uses. 21 - 25 November 2005. ALINORM 06/29/26. Rome, Food and Agriculture Organisation of the United Nations: 108 str.
http://www.codexalimentarius.org/input/download/report/646/al29_26e.pdf (Maj 2013)
- Champ M., Kozłowski F., Lecanu G. 2001. *In-vivo* and *in-vitro* methods for resistant starch measurement. V: *Advanced dietary fibre technology*. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 106-119
- Direktiva Komisije 2008/100/ES z dne 28. oktobra 2008 o spremembi Direktive Sveta 90/496/EGS o označevanju hranilne vrednosti živil v zvezi s priporočenimi dnevnimi vnosi, pretvorbenimi faktorji za izračun energijske vrednosti in opredelitvami. 2008. Uradni list Evropske unije, 51, L285: 9-12
- EFSA-European Food Safety Authority. 2010. Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8, 3: 1462, doi:10.2903/j.efsa.2010.1462: 77 str.

- EFSA-European Food Safety Authority. 2011. Scientific opinion on the substantiation of health claims to beta-glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations, increase in satiety leading to a reduction in energy intake, reduction of post-prandial glycaemic responses, and "digestive function". EFSA Journal, 9, 6: 2207, doi:10.2903/j.efsa.2011.2207: 21 str.
- 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
- Endress H., Fischer J. 2001. Fibres and fibre blends for individual needs a physiological and technological approach. V: Advanced dietary fibre technology. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 283-297
- FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. FAO Technical meeting on prebiotics. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 12 str.
<http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CD0QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.aat-taa.eu%2Findex%2Fen%2Fcompany%2Fdownload%2F1262610500.html&ei=nbOMU96zKcnF7Ab5noH4Cg&usg=AFQjCNHQcmt3Yr7aVimPbXm-lNpO-UNK8Q&sig2=y8WfVnwTFmPF1LD88GjuiQ&bvm=bv.67720277,d.ZGU> (Maj 2013)
- Golob T., Bertonec J., Korošec M. 2012. Pomen prehranske vlaknine v prehrani človeka. Acta Agriculturae Slovenica, 99, 2: 167-177
- Gray J. 2006. Dietary fibre-definition, analysis, physiology and health. Brussels, International Life Sciences Institute-ILSI Europe: 36 str.
https://europa.eu/sinapse/sinapse/index.cfm?fuseaction=lib.detail&LIB_ID=F0D47BC-C-C68E-94CF-ECAA1BF812EA624F&backfuse=lib.all&page=11&bHighlight=false (Maj 2013)
- Green C. J. 2001. Fibre in enteral nutrition. Clinical Nutrition, 20, 1: 23-39
- 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
- Haralampu S. G. 2001. *In-vivo* and *in-vitro* digestion of resistant starch. V: Advanced dietary fibre technology. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 413-423
- ILSI-International Life Science Institute. 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe consensus document. British Journal of Nutrition, 81, 4:S1-S27

- Jalili T., Medeiros D. M., Wildman R. E. C. 2007. Dietary fibre and coronary heart disease. V: Handbook of nutraceuticals and functional foods. 2nd ed. Wildman R. E. C. (ed.). London, CRC Press: 131-142
- Jenkins D. J. A., de Souza R., Augustin L. S. A., Kendall C. W. C. 2005. Glucose: Chemistry and dietary sources. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 2. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Oxford, Elsevier: 390-393
- Johnson I. T. 2005. Dietary fibre: Physiological effects and effects on absorption. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Oxford, Elsevier: 572-577
- Kaczmarczyka M. M., Miller M. J., Freund G. G. 2012. The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. Metabolism: Clinical and Experimental, 61: 1058-1066
- Kluthe B. 2013. Prodi: Software für Ernährungs und Diätberatung. Stuttgart, Nutriscience GmbH: 2 str.
<http://www.nutri-science.de/software/prodi.php> (September 2013)
- Koch V. 1990. Določanje vlaknin v različnih živilih – primerjava treh metod. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilsko tehnologijo: 44 str.
- Koch V., Pavšič M., Salobir K. 1993. Vlaknine v prehrani. V: Ogljikovi hidrati. 15. Bitenčevi živilski dnevi 1993, 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
- Kristensen M., Jensen M. G. 2010. Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake: Importance of viscosity. Appetite, 56: 65-70
- Lawson M. 2005. Children: Nutritional requirements. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Oxford, Elsevier: 357-369
- Laurentin A., Edwards C. A. 2005. Carbohydrates: Resistant starch and oligosaccharides. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Oxford, Elsevier: 322-329
- Lee S. C., 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
- Li C. 2010. Canadian Diabetes Association National Nutrition Committee clinical update on dietary fibre in diabetes: Food sources to physiological effects. Canadian Journal of Diabetes, 34, 4: 355-361

- McCleary B. V. 2001. Measurement of dietary fibre components: the importance of enzyme purity, activity and specificity. V: Advanced dietary fibre technology. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 89-105
- Mongeau R., Brooks S. P. J. 2003. Dietary fibre: Properties and sources. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol. 3. 2nd ed. Caballero B., Trugo L. C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 1813-1823
- Möller J. 2011. Dietary fibre – Codex definition and methods of analysis. A White Paper from FOSS. Hilleroed, FOSS: 4 str.
<http://www.foss.dk/-/media/3AE835ABB7C6472AAACE7E4FBB37E9CDB.ashx>
(September 2013)
- Phillips G. O. 2013. Dietary fibre: A chemical category or a health ingredient? Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 1: 3-9
- Plestenjak A., Golob T. 2003. Analiza kakovosti živil. 2. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 91-98
- Poutanen K. 2001. Effect of processing on the properties of dietary fiber. V: Advanced dietary fibre technology. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 277-282
- Pravilnik o spremembah Pravilnika o označevanju hranilne vrednosti živil. 2009. Uradni list Republike Slovenije, 19, 87: 11789-11790
- Prosky L. 2001. What is dietary fibre? A new look at the definition. V: Advanced dietary fibre technology. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 61-76
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 50-52
- 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
- Skvarča M. 2009. Uživanje hrane bogate s prehransko vlaknino. V: Živilstvo in prehrana danes in jutri 8, svetovni dan hrane 16. oktober 2009: zbornik. Vombergar B., Grgan V. (ur.). Maribor, Izobraževalni center Piramida Maribor, OE Višja strokovna šola: 25-31
- Slavin J. L. 2010. Dietary fiber and body weight. Nutrition, 21: 411-418
- Stylianopoulos C. L. 2005a. Carbohydrates: Chemistry and classification. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Oxford, Elsevier: 303-308

Stylianopoulos C. L. 2005b. Carbohydrates: Requirements and dietary importance. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Oxford, Elsevier: 320-321

Thibault J. F., Ralet M. C. 2001 Pectins, their origin, structure and functions. V: Advanced dietary fibre technology. McCleary B., Prosky L. (eds.). London, Blackwell Science Ltd: 369-378

Uredba (EU) št. 1169/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2011 o zagotavljanju informacij o živilih potrošnikom, spremembah uredb (ES) št. 1924/2006 in (ES) št. 1925/2006 Evropskega parlamenta in Sveta ter razveljavitvi Direktive Komisije 87/250/EGS, Direktive Sveta 90/496/EGS, Direktive Komisije 1999/10/ES, Direktive 2000/13/ES Evropskega parlamenta in Sveta, direktiv Komisije 2002/67/ES in 2008/5/ES in Uredbe Komisije (ES) št. 608/2004. 2011. Uradni list Evropske unije, 54, L304: 18-63

Westenbrink S., Brunt K., van der Kamp J. W. 2013. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. Food Chemistry, 140: 562-567

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Jasni Bertoncelj za pomoč, spodbudo, strokovne nasvete, predvsem pa za potrpežljivost ob nastajanju magistrskega dela.

Zahvala gre tudi recenzentu prof. dr. Marjanu Simčiču ter asist. dr. Tanji Pajk Žontar za strokovni pregled magistrskega dela in nasvete ter predloge.

Zahvalila bi se celotni Katedri za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, posebno Marinki za pomoč pri eksperimentalnem delu in prijetno vzdušje v laboratoriju ter Mojci za statistično obdelavo podatkov.

Zahvaljujem se tudi univ. dipl. inž. Lini Burkan Makivić za pregled in oblikovno urejanje magistrske naloge ter pregled referenc.

Posebna zahvala gre mojim staršem, mama in ati, hvala ker sta me vsa leta študija spodbujala in mi stala ob strani, predvsem pa mi s finančno pomočjo omogočila študij. Hvala tudi, da sta verjela vame in mi delila nasvete, ko sem to potrebovala.

Hvala vsem mojim prijateljem za podporo in nasvete, še posebej mojim cimram, Tini, Poloni in Anji za vse skupne trenutke in preživete urice. Poskrbeli ste, da tega obdobja mojega življenja nikoli ne bom pozabila in se ga bom z veseljem spominjala.

In nenazadnje, najlepša hvala Davidu za potrpežljivost, motivacijo in spodbudo ter pomoč pri oblikovanju magistrske naloge.

Ob tej priložnosti bi se zahvalila vsem, ki ste na kakršen koli način pripomogli k nastanku tega dela, pa jih nisem omenila.

PRILOGE

Priloga A: Modelni celodnevni obroki vključeni v prehranski poskus

Ponedeljek				
šifra	obrok	živilo	količina (g)	št. recepta
PO1	zajtrk	maslo Mu	30	
		marelična marmelada Belsad	40	
		polnozrnat toast Žito	50	
		mleko alpsko 3,2% m. m, Ljubljanske mlekarne	200	
PO2	d. malica	sendvič poli	115	R1
		Pingo sok Fructal (pomarančni in limonin sok)	200	
PO3	kosilo	fižolova enolončnica	500	R2
		kajzerica	55	
PO4	p. malica	banana	70	
PO5	večerja	mlečni riž	300	R3
		kakav	5	
Torek				
TO1	zajtrk	skutin namaz – paprika, peteršilj	40	R4
TO2		kajzerica	55	
TO3	d. malica	francoski rogljič z marelično marmelado	70	
		kompot	214	
TO4	kosilo	losos	180	R6
TO5		rižota	270	R7
TO6		cvetača v solati	180	R8
TO7	p. malica	rezina z oreščki Orino	60	
		sojino mleko, Provamel bio natur, plus calcium	250	
TO8	večerja	avokadov namaz	60	R9
		toast navadni Žito	50	
Sreda				
SR1	zajtrk	čokoladni namaz, Viki krema	40	
		toast navadni Žito	50	
SR2	d. malica	sendvič Savinjski želodec	87	R10
		kumare	15	
		ledeni čaj breskev, Sola	500	
SR3	kosilo	testenine po bolonjsko	470	R11
SR4		mlečni desert s čokolado in lešniki, Monte	160	
SR5	p. malica	banana	90	
		skuta	100	
SR6	večerja	cmoki – marelica, jagoda (Pečjak)	116	R12
		kompot	214	R13

se nadaljuje

nadaljevanje

Priloga A: Modelni celodnevni obroki uporabljeni v prehranskem poskusu

Četrtek				
šifra	obrok	živilo	količina (g)	št. recepta
ČE1	zajtrk	skutin namaz z drobnjakom	40	R14
TO2		kajzerica	55	
ČE2	d. malica	sosedovo pecivo, Pekarna Grosuplje	60	
		sojino mleko, Provamel bio natur, čokolada	250	
ČE3	kosilo	riba, bradati huj	190	R15
ČE4		krompirjeva solata	250	R16
ČE5		čokolada z lešniki, Duplo	26	
ČE6	p. malica	oreščki (pekani, makadamija)	40	
ČE7	večerja	namaz iz leče	30	R17
		kajzerica temna	55	
		kumare	15	
Petek				
PE1	zajtrk	maslo Mu, Ljubljanske mlekarne	15	
		jagodna marmelada Belsad	20	
		kajzerica bela	55	
PE2	d. malica	sendvič, savinjski želodec	87	R10
PE3	kosilo	piščanec z bučkami	220	R18
PE4		polenta	270	R19
PE5		čokolada z nadevom, Kinder Maxi King	35	
PE6	p. malica		90	
PE7	večerja	sir (tolminc, grojer, ementaler)	53	
		olive zelene	18	
		vloženi čebulčki	12	
		pekan orehi	5	
		bruskete	38	

Priloga B: Recepti posameznih obrokov, ki so bili vključeni v prehranski poskus

Št. recepta	Jed	količina (g)	Sestavina
R1	sendvič poli	55	kajzerica
		15	sir edamec
		30	Poli salama piščančja Perutnina Ptuj
		15	kisle kumare Droga
R2	fižolova enolončnica	1260	čebula
		840	korenje
		380	kokosova mast
		30	česen
		3200	fižol rjavi
		4000	voda
		7	peteršilj suhi
		2	kumina mleta
		400	špageti
		2	majaron suhi
		3	origano suhi
		1	šetraj suhi
		13	sol
		750	piščančje prsi
		245	pelati v pločevinki
R3	mlečni riž	900	riž beli
		4000	mleko
		3	sol
		50	sladkor beli
		5	vanilja
R4	skutin namaz-paprika, peteršilj	500	skuta
		100	olje omega 3-6
		2	paprika mleta
		1	peteršilj suhi
R5	kompot	40	ananas
		60	hruška
		50	breskev
		20	sok ananas
		24	sok hruška
		20	sok breskev
R6	losos	3400	losos
		110	olivno olje
		90	limonin sok

se nadaljuje

nadaljevanje

Priloga B: Recepti posameznih obrokov, ki so bili vključeni v prehranski poskus

Št. recepta	Jed	količina (g)	Sestavina
R7	rižota	400	čebula
		550	bučke
		570	koruza v pločevinki
		2	peteršilj suhi
		1	paprika mleta
		50	omega 3 olje
		10	sol
		4600	kuhan riž (beli)
R8	cvetača v solati	2030	cvetača
		160	olivno olje
		150	omega 3 olje
		180	jabolčni kis
		5	sol
R9	avokadov namaz	1325	avokado
		40	česen
R10	sendvič s savinjskim želodcem	20	sir edamec
		3	savinjski želodec MDK
		55	kajzerica
R11	testenine po bolonjsko	370	kokosova mast
		500	čebula rdeča
		215	čebula bela
		60	česen
		1510	goveje meso
		2160	pelati
		4	origano suhi
		5	paprika rdeča
		1	timijan
		4	bazilika
		2	peteršilj suhi
		1	šetrjaj
		1	majaron
		18	sol
		5000	testenine kuhane
R12	cmoki – marelica, jagoda	56	cmok jagoda Pečjak
		60	cmok marelica Pečjak

se nadaljuje

nadaljevanje

Priloga B: Recepti posameznih obrokov, ki so bili vključeni v prehranski poskus

Št. recepta	Jed	količina (g)	Sestavina
R13	kompot		
		80	ananas
		60	hruška
		50	breskev
		20	sok ananas
		24	sok hruška
		20	sok breskev
R14	skutin namaz – drobnjak		
		750	skuta
		5	drobnjak
		160	olje omega 3-6
R15	bradati huj	2	sol
		3630	riba
		230	olje olivno
		30	česen
R16	krompirjeva solata	150	limona
		1	rožmarin
		3380	krompir olupljen
		230	čebula
		250	jabolčni kis
R17	namaz iz leče	94	olje omega 3-6
		105	olje olivno cekin
		500	voda
		6	sol
		420	leča
R18	piščanec z bučkami	3	sol
		110	olje omega 3-6
		0,5	mešanica začimb (curry)
		1	peteršilj suhi
R19	polenta	580	bučke
		2400	piščanec
		79	olje olivno cekin
		70	omaka sojina
		120	čili omaka
		2700	voda
		670	polenta
		180	kisla smetana
		7	sol

Priloga C1: Rezultati Kruskal-Wallisovega testa pri rezultatih pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of VsebnostNPV is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,002	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of VsebnostTPV is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of VsebnostSPV is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,002	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of GobrokaNaOsebo is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of GramNPVobrok is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of GramTPVobrok is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of GramSPVobrok is the same across categories of Obrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,002	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Priloga C2: Rezultati Kruskal-Wallisovega testa pri vsebnosti skupne prehranske vlaknine (SPV) pridobljenih z encimsko-gravimetrično metodo ter s pomočjo programa Prodi 5.7 Expert Plus

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of VsebnostSPV is the same across categories of DnevniObrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,406	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of ProdiSPV is the same across categories of DnevniObrok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,406	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.