



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tina THALER

**PREHRANSKA VLAKNINA KOT FUNKCIONALNI
DODATEK ŽIVILOM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

Ljubljana, 2017

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tina THALER

**PREHRANSKA VLAKNINA KOT FUNKCIONALNI DODATEK
ŽIVILOM**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

DIETARY FIBRE AS A FUNCTIONAL ADDITIVE IN FOOD

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition

Ljubljana, 2017

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija – 1. stopnja Živilstvo in prehrana.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za živilstvo, univerzitetni študijski program prve stopnje Živilstvo in prehrana je za mentorja diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Blaža Cigića in za recenzentko izr. prof. dr. Jasno Bertoncelej.

Mentor: izr. prof. dr. Blaž CIGIĆ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Recenzentka: izr. prof. dr. Jasna BERTONCELJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Mentor:

Recenzentka:

Datum zagovora:

Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Tina Thaler

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 613.26+641.1:543.5(043)=163.6
KG	prehrana ljudi / prehranske vlaknine / prehranski dodatki / inulin / beta glukani / pektini / fizikalno kemijske lastnosti / reološke lastnosti / tekstura / funkcionalna živila / vpliv na zdravje
AV	THALER, Tina
SA	CIGIĆ, Blaž (mentor)/BERTONCELJ, Jasna (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2017
IN	PREHRANSKA VLAKNINA KOT FUNKCIONALNI DODATEK ŽIVILOM
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana)
OP	VI, 25 str., 3 pregl., 6 sl., 51 vir.
IJ	sl
JJ	sl
AI	Namen diplomskega dela je predstaviti uporabo prehranske vlaknine kot funkcionalnega dodatka v različna živila. Prehranska vlaknina ugodno vpliva na zdravje človeka, saj naj bi zavirala nastanek nekaterih bolezni in funkcijske motnje. Funkcionalne lastnosti prehranske vlaknine so privedle do razvoja novih živil predvsem zato, da bi povečali njen dnevni vnos. Dnevno se priporoča zaužitje 30 g prehranske vlaknine, ki naj bi vključevala tako prehransko vlaknino iz sadja in zelenjave, kot tudi iz polnovrednih žit. S tem zagotovimo ustrezen vnos topne in netopne prehranske vlaknine, ki v prebavnem traktu različno učinkujeta. V živilski industriji je prehranska vlaknina postala zanimiva predvsem zaradi njenih fizikalno kemijskih lastnosti, kot so želiranje, viskoznost, vezanje vode in topnost v vodi. Zaradi teh lastnosti je v živilih uporabna za izboljšanje teksture živila, aktualna pa je tudi uporaba prehranske vlaknine kot funkcionalnega nadomestka maščob in sladkorjev. Glede na to, da inulin, β-glukane in pektine v živilski industriji pogosto uporabljajo, je njihova funkcija v diplomskem delu podrobneje predstavljena.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1

DC UDC 613.26+641.1:543.5(043)=163.6

CX human nutrition / dietary fibres / food additives / inulin / beta glucans / pectins / physicochemical properties / rheological properties / texture / functional foods / influence on health

AU THALER, Tina

AA CIGIČ, Blaž (supervisor)/BERTONCELJ, Jasna (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology

PY 2017

TI DIETARY FIBRE AS A FUNCTIONAL ADDITIVE IN FOOD

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO VI, 25 p., 3 tab., 6 fig., 51 ref.

LA sl

Al sl/en

AB The aim of the diploma thesis is to present the application of dietary fibre as a functional additive in different foods. Dietary fibre offers many health benefits; it plays a significant role in prevention of several disease and functional disturbances. The importance of dietary fibre has prompted the development of new foods in efforts to increase its daily intake. It is recommended to consume 30 g of dietary fibre daily, its source consisting of both fruits and vegetables, as well as whole grains fibre. This way the necessary distribution between soluble and insoluble fibre is guaranteed as the two types of fibre function differently in the digestive tract. The dietary fibre is of interest to the food industry mostly due to its physical and chemical properties, such as gelation, viscosity, water-binding capacity and solubility. It can thus be used to modify the texture of the food or be applied as a substitute for fats and sugars. Considering the frequent use of inulin, β -glucans and pectins in the food industry, the thesis presents the function of these substances in greater detail.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VI
1 UVOD.....	1
2 PREHRANSKA VLAKNINA.....	2
2.1 DEFINICIJA PREHRANSKE VLAKNINE.....	2
2.2 FUNKCIONALNE LASTNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE.....	6
2.2.1 Topnost.....	6
2.2.2 Viskoznost.....	6
2.2.3 Želiranje.....	7
2.2.4 Hidracijske lastnosti in sposobnost za vezanje olja.....	7
2.2.5 Interakcije z ostalimi komponentami.....	8
3 FUNKCIJE PREHRANSKE VLAKNINE V ŽIVILIH.....	9
3.1 INULIN.....	10
3.2 β -GLUKANI.....	13
3.3 PEKTINI.....	15
4 PREHRANSKA VLAKNINA V PREBAVNEM TRAKTU.....	18
4.1 PREHRANSKE IN ZDRAVSTVENE TRDITVE.....	19
5 ZAKLJUČEK.....	21
6 VIRI.....	22

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sestavine prehranske vlaknine (Tungland in Meyer, 2002)	3
Preglednica 2: Vsebnost inulina v nekaterih živilih rastlinskega izvora (Drabinska in sod., 2016)	10
Preglednica 3: Funkcije in koristi prehranske vlaknine (Dhingra in sod., 2012)	18

KAZALO SLIK

Slika 1: Klasifikacija prehranske vlaknine glede na kemijske lastnosti (Mehta in sod., 2015).....	4
Slika 2: Struktura inulina (Drabinska in sod., 2016)	10
Slika 3: β -glukani v zrnu rži (Kamal-Eldin in sod., 2009)	13
Slika 4: Struktura β -(1,3-1,4) glukanov v žitih (Havrlentova in sod., 2011).....	13
Slika 5: Struktura pektina z delno zaestrenimi –COOH skupinami (Flutto, 2003a)	15
Slika 6: Model »škatle za jajca« (Flutto, 2003a)	16

1 UVOD

Prehransko vlaknino sestavlja kombinacija kemijsko različnih spojin, ki jih s prebavnimi encimi ne moremo razgraditi. Nekatere prehranske vlaknine lahko prebavijo encimi, ki jih izločijo mikroorganizmi v debelem črevesju, zato kljub slabši prebavljivosti predstavljajo vir energije. Povprečna energijska vrednost skupne prehranske vlaknine znaša 8 kJ oz. 2 kcal/g. Je pomemben del varovalne prehrane človeka, ker ugodno vpliva na prebavo, zdravje in splošno počutje. Dnevno se priporoča zaužitje 30 g prehranske vlaknine, ki naj bi vključevala tako prehransko vlaknino iz sadja in zelenjave, kot tudi iz polnovrednih žit. S tem zagotovimo ustrezno porazdelitev med topno in netopno vlaknino, ki se v prebavnem traktu različno obnaša (Inštitut za nutricionistiko, 2016).

Funkcionalne lastnosti prehranske vlaknine so v zadnjih letih privedle do razvoja novih oziroma izboljšanja že obstoječih živil. Prehranska vlaknina je postala zanimiva sestavina v živilski industriji predvsem zaradi njenih fizikalno kemijskih lastnosti, kot so želiranje, viskoznost, vezanje vode in topnost v vodi. Zaradi teh lastnosti jo v živilski industriji uporabljajo za izboljšanje teksture živila, primerna pa je tudi zato, da v določenih živilih nadomesti del sladkorja oz. maščob. Z dodatkom prehranske vlaknine tudi obogatimo hranilno vrednost živila.

Namen diplomskega dela je predstaviti uporabnost prehranske vlaknine v živilski industriji. V prvem delu je predstavljena prehranska vlaknina in njene funkcionalne lastnosti. Glede na to, da prehranska vlaknina vključuje veliko različnih komponent, so izpostavljene tri komponente, ki jih v živilski industriji pogosto uporabljajo, to so inulin, β -glukani in pektini. Podrobneje so prikazane njihove strukture, viri kjer se nahajajo in njihove funkcije v različnih živilih. Ker prehranska vlaknina po zaužitju vpliva na resorpcijo hranil in se v debelem črevesju delno tudi sama presnavlja, so v zadnjem delu predstavljene tudi njene pozitivne fiziološke lastnosti, ki jih ima na človeški organizem.

2 PREHRANSKA VLAKNINA

2.1 DEFINICIJA PREHRANSKE VLAKNINE

Obstajajo različne definicije prehranske vlaknine. Hipsly je prehransko vlaknino leta 1953 opredelil kot »neprebavljive snovi, ki sestavljajo rastlinsko celično steno«. Z leti so raziskave pokazale, da ima prehranska vlaknina pomembno prehransko in fiziološko vlogo. Najnovejša definicija komisije Codex Alimentarius definira prehransko vlaknino kot »polimere ogljikovih hidratov z 10 ali več monomernimi enotami, ki se ne prebavijo z endogenimi encimi in se ne absorbirajo v tankem črevesju ter spadajo v tri kategorije«. V prvo kategorijo sodijo naravno prisotni polimeri ogljikovih hidratov v živilu, druga in tretja kategorija pa vključujeta ekstrahirane in sintetične polimere, za katere se zahteva, da imajo ugoden fiziološki učinek dokazan s splošno sprejetim znanstvenim dokazom. Glavna polemika glede definicije se nanaša na vključitev nizko molekularnih ogljikovih hidratov z 3-9 monomernimi enotami. Odločitev o vključitvi le-teh v definicijo so prepustili nacionalnim institucijam (Teixeira Macagnan in sod., 2016).

V Uredbi (EU) št. 1169/2011 Evropskega parlamenta in Sveta o zagotavljanju informacij o živilih potrošnikom je skladno z Direktivo Komisije 2008/100/ES (z dne 28. 10. 2008) podana naslednja definicija prehranske vlaknine: »Prehranska vlaknina so polimeri ogljikovih hidratov s tremi ali več monomernimi enotami, ki se ne prebavijo niti absorbirajo v tankem črevesu človeka in spadajo v naslednje kategorije:

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

V uredbi je poleg definicije podana tudi energijska vrednost prehranske vlaknine, ki se upošteva pri izračunu energijske vrednosti živila, ta znaša 8 kJ/g oz. 2 kcal/g skupne prehranske vlaknine.

Z ekstrahiranjem prehranske vlaknine iz rastlinskega tkiva, lahko frakcije vključujejo tudi lignin in/ali druge spojine, ki sicer niso ogljikovi hidrati, so pa povezane s polisaharidi v celični steni. Prvi, ki je v definicijo vključil tudi te snovi, je bilo leta 2001 ameriško združenje American Association of Cereal Chemists (AACC). Ta definicija, ki je hkrati tudi najpogostejše uporabljena, se glasi: »Prehransko vlaknino predstavljajo užitni deli rastlin ali analogi ogljikovih hidratov, ki so odporni na prebavo in absorpcijo v človeškem tankem črevesju in se delno ali v celoti fermentirajo v debelem črevesju. Vključuje polisaharide, oligosaharide, lignin in druge rastlinske snovi. Spodbuja ugodne fiziološke

učinke, kot so odvajanje in/ali zniževanje nivoja holesterola in/ali nivoja glukoze v krvi» (Teixeira Macagnan in sod., 2016).

Kot opisujejo zgornje definicije, prehranske vlaknine ne predstavlja določena spojina, ampak jo sestavlja kombinacija kemijsko zelo različnih snovi (Golob in sod., 2012). Ne-škrobni polisaharidi in oligosaharidi so običajno dolgi polimeri ogljikovih hidratov, ki lahko vsebujejo do nekaj tisoč monomernih enot. Razlikujejo se glede na število in vrsto monomernih enot, njihovo razporeditev v verigi, tip vezi med monomernimi enotami in strukturo molekule. V to skupino sodijo celuloza, hemiceluloza, pektini, polifruktoze, gumiji ter sluzi. Sem sodijo tudi analogi ogljikovih hidratov pripravljeni s kemijsko ali biotehnološko sintezo. Druga večja skupina so škrobni polisaharidi in oligosaharidi, kamor spadajo rezistentni škrobi in maltodekstrini. Rezistentni škrobi predstavljajo skupek škroba in tistih škrobnih produktov, ki so nastali pri razgradnji škroba in jih encimi v tankem črevesju zdravega človeka ne morejo prebaviti (Tungland in Meyer, 2002). Lignin sicer ni polisaharid, ampak je kemijsko vezan na hemicelulozo v rastlinski celični steni, zato je tesno povezan s polisaharidi v rastlinski celični steni. Med prehransko vlaknino ga med drugim uvrščamo tudi zato, ker ravno tako vpliva na fiziologijo prebavnega trakta (Gray, 2006). Na seznam prehranskih vlaknin uvrščamo tudi snovi, ki so povezane z rastlinami. To so različni voski in kutin, ki se nahajajo v voščeni plasti na površini celične stene. Kutin je poliester omega hidroksi maščobnih kislin. Prehranske vlaknine so v prehrani ljudi na voljo iz različnih virov hrane, kot so surova in predelana žita, sadje, zelenjava in stročnice (Tungland in Meyer, 2002). V preglednici 1 so podrobno predstavljene sestavine, glavne skupine in komponente prehranske vlaknine ter njihovi naravni viri.

Preglednica 1: Sestavine prehranske vlaknine (Tungland in Meyer, 2002)

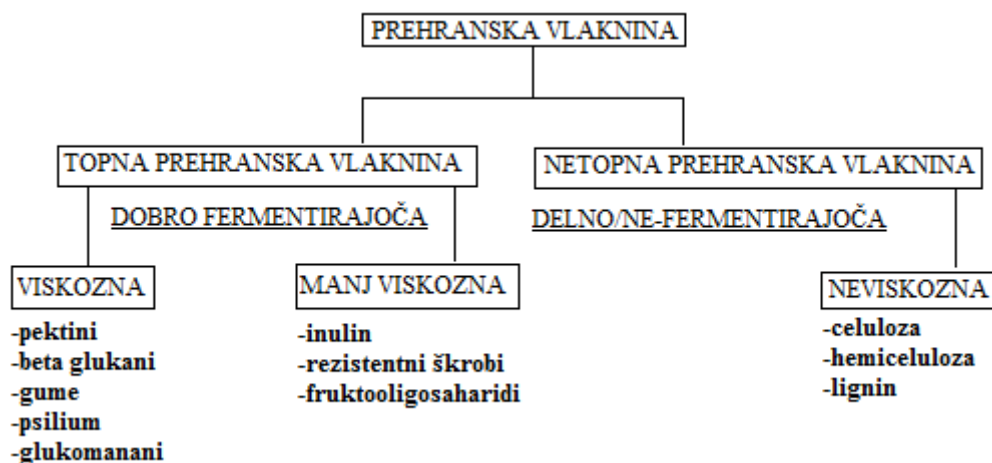
Sestavine prehranske vlaknine	Glavne skupine	Komponente prehranske vlaknine/viri
Ne-škrobni polisaharidi in oligosaharidi	Celuloza	Primarna komponenta celične stene večine rastlin/sadje, zelenjava, žitna zrna, oreščki
	Hemiceluloza	Arabinogalaktani, β -glukani, arabinoksilani, ksiloglukani, galaktomanani/tretjina vlaknine v zelenjavi, sadju, stročnicah in oreščkih. Pomembna komponenta žitnih zrn
	Polifruktoze	Inulin, fruktooligosaharidi
	Gumiji in sluzi	Ekstrakti semen (galaktomanani-guar gumi, gumiji iz zrna rožičevca), drevesni izvlečki, polisaharidi alg (alginati, agar, karagenani), indijski trpotec (psilium)

Se nadaljuje...

Nadaljevanje preglednice 1: Sestavine prehranske vlaknine (Tungland in Meyer, 2002)

Sestavine prehranske vlaknine	Glavne skupine	Komponente prehranske vlaknine/viri
	Pektini	Sadje, zelenjava, krompir, stročnice, sladkorna pesa
	Analogi ogljikovih hidratov pripravljeni s kemijsko sintezo	Polidekstroze, laktuloza, derivati celuloze
	Analogi ogljikovih hidratov pripravljeni z biotehnološko sintezo	Kratkoverižni fruktooligosaharidi, ksantan guma, oligofruktoze
Škrobni polisaharidi in oligosaharidi	Rezistentni škrobi in maltodekstrini	Stročnice, nezrele banane, surov krompir, staran kruh, riž, ohlajen kuhan krompir, žitna zrna, koruza
Lignin	Lignin	Lesnate rastline, luščine riža in stročnic, žitni otrobi
Snovi povezane z ne-škrobnimi polisaharidi	Voski, kutin, suberin	Rastline

Prehransko vlaknino lahko klasificiramo na več načinov, in sicer glede na vlogo v rastlini, način prebave, fiziološke učinke, ki jih povzroča, glede na produkte, ki nastanejo pri prebavi, glede na vir, kjer se nahajajo itd. (Mehta in sod., 2015; Tungland in Meyer, 2002). Najpogostejša delitev temelji na topnosti v vodi in/ali sposobnosti fermentiranja v *in vitro* sistemu s pomočjo encimov, ki predstavljajo človeške prebavne encime (slika 1) (Tungland in Meyer, 2002).



Slika 1: Klasifikacija prehranske vlaknine glede na kemijske lastnosti (Mehta in sod., 2015)

Topnost prehranskih vlaknin v vodi je odvisna od zgradbe molekule oziroma njene stabilnosti, prav tako pa se glede na topnost razlikujejo tudi njihovi fiziološki učinki. Topne prehranske vlaknine, kot so glukomanani, pektini, psilium, β -glukani in nekateri gumiji, ki se nahajajo v sadju, zelenjavi, stročnicah, ječmenu in ovsu, lahko oblikujejo viskozne raztopine in tako upočasnijo praznjenje črevesja in absorpcijo v tankem črevesju, znižajo nivo holesterola in glukoze v krvi ter obenem delujejo kot prebiotik.

Netopne prehranske vlaknine, kot so celuloza, hemiceluloza in lignin, ki se nahajajo v žitih, stročnicah in zelenjavi, pa skrajšajo prehod skozi tanko črevo in imajo odvajalni učinek (Hyun Jung in Hyun-Dong, 2012; Mehta in sod., 2015; Inštitut za nutricionistiko, 2016).

Večina prehranskih vlaknin lahko bolj ali manj fermentira v debelem črevesju, kar je odvisno od njihove strukture in drugih fizikalnih lastnosti (Inštitut za nutricionistiko, 2016). Pri fermentaciji v črevesju s pomočjo bakterij nastajajo plini in kratkoveržne maščobne kisline, ki se lahko absorbirajo in so tako vir energije (Rodriguez in sod., 2006). Med dobro fermentirajoče vlaknine spadajo inulin, oligofruktoza, pektini, guar gumi, gumi arabikum in β -glukani (Rodriguez in sod., 2006; Tungland in Meyer, 2002). Hemiceluloza spada med delno ali slabo fermentirajočo vlaknino, lignin in celuloza pa se smatrata za nefermentirajoči komponenti (Rodriguez in sod., 2006). Na splošno velja, da so dobro fermentirajoče vlaknine topne v vodi in slabo oz. nefermentirajoče vlaknine netopne v vodi (Tungland in Meyer, 2002).

Prehranska vlaknina je pomemben del zdrave in uravnotežene prehrane predvsem zato, ker znižuje glikemični indeks živilu oziroma obroku in ugodno vpliva na zdravje. Priporočila o dnevnem vnosu med državami se razlikujejo. Razlike so posledica različnih analitičnih metod določanja prehranske vlaknine, različnih sprejetih definicij, ki veljajo za posamezne države (Gray, 2006), različnih prehranjevalnih navad, različne stopnje obdelave živilskih izdelkov, ki jih uporabljajo v različnih državah (Mehta in sod., 2015). Eden izmed takih primerov je pšenična moka, v kateri vsebnost prehranske vlaknine variira med 2,5 g/100 g v rafinirani moki in 12 g/100 g v nerafinirani moki (Rodriguez in sod., 2006). Pri izbiri živil, bogatih s prehransko vlaknino, je treba upoštevati, da so učinki posameznih komponent prehranske vlaknine različni. Vir prehranske vlaknine naj bi zato bila tako polnovredna žita (pretežno netopni, bakterijsko malo razgradljivi polisaharidi) kot tudi sadje in zelenjava (pretežno topni, bakterijsko razgradljivi polisaharidi). S tem se zagotavlja ugodna porazdelitev med netopno in topno vlaknino (Referenčne vrednosti..., 2004).

Po priporočilih EFSA (2010) se priporoča, da odrasla oseba zaužije 25 g prehranske vlaknine/dan. V severnih državah so priporočila za vnos prehranske vlaknine višja, in sicer do 35 g/dan. Referenčne vrednosti (NIJZ, 2016) navajajo orientacijsko vrednost za vnos prehranske vlaknine pri odraslih najmanj 30 g/dan, to je približno 3,9 g/MJ oz. 16,7 g/1000 kcal pri ženskah in 3,1 g/MJ oz. 13 g/1000 kcal pri moških. Priporočilo velja za moške in ženske, stare 25 do 50 let, z izključno sedečo dejavnostjo, z malo ali brez naporne telesne dejavnosti v prostem času. Uživanje prehranske vlaknine je v večini držav EU, tudi v Sloveniji, pod priporočili, zato bi razvoj živil, obogatenih s prehransko vlaknino, lahko pripomogel k temu, da bi potrošniki lažje dosegli priporočen dnevni vnos (Salobir in sod., 2015).

2.2 FUNKCIONALNE LASTNOSTI PREHRANSKE VLAKNINE

Vsaka komponenta prehranske vlaknine ima točno določeno kemijsko strukturo, ki določa njene funkcionalne lastnosti (Cui in sod., 2011). Te lastnosti vplivajo na tehnološke lastnosti živil že med samim procesom proizvodnje, kot tudi na kakovost in lastnosti končnega izdelka. Funkcionalne lastnosti so povezane z njihovo topnostjo, viskoznostjo, želiranjem, sposobnostjo za vezanje vode in olja ter sposobnostjo za vezanje mineralov in organskih molekul (Tungland in Meyer, 2002).

2.2.1 Topnost

Topnost prehranskih vlaknin kot tehnološka lastnost je povezana z njihovo strukturo in posledično z njihovo topnostjo v vodi (Tungland in Meyer, 2002). Topnost je odvisna tudi od temperature in ionske jakosti (Elleuch in sod., 2011). Topnost prehranske vlaknine se poveča, če so v verigi prisotne skupine, kot sta -COOH in -SO_4^{2-} , mešane vezi (na primer β -glukan, kjer se v strukturi izmenjujeta β -(1,3) in β -(1,4) vez) in če je veriga bolj razvejana (Tungland in Meyer, 2002; Elleuch in sod., 2011). V živilski industriji se pogosteje uporablja topne prehranske vlaknine, ker imajo večjo zmogljivost, da oblikujejo viskozne raztopine in tako vplivajo na reološke lastnosti živila, imajo boljšo sposobnost za želiranje in/ali lahko delujejo kot emulgator (Elleuch in sod., 2011).

2.2.2 Viskoznost

Naslednja tehnološka lastnost, ki povzroči reološke spremembe v živilih je viskoznost (Tungland in Meyer, 2002). Viskoznost lahko opišemo kot odpor tekočine proti strižni napetosti, ki deluje na plasti tekočine med gibanjem. Je sorazmernostni koeficient med strižno napetostjo in strižno hitrostjo (Guillon in Champ, 2000). Na viskoznost vplivajo molekulska masa, dolžina verige, koncentracija, temperatura, vrednost pH in ionska moč. Če se molekulska masa in dolžina verige povečata, se posledično poveča tudi viskoznost raztopin (Tungland in Meyer, 2002). Viskoznost se povečuje s koncentracijo, vendar se zmanjšuje s povišanjem temperature (Elleuch in sod., 2011). Pri nizkih koncentracijah so molekule med seboj ločene in se lahko prosto gibljejo, ko koncentracijo povečamo pa pride do trkov in molekule se med seboj povežejo ter tvorijo mrežo (Guillon in Champ, 2000). Komponente prehranskih vlaknin, ki imajo dolgo verigo (razne gume), lahko vežejo veliko vode, zato tvorijo visoko viskozne raztopine. Dodatek takšnih komponent v živila je v majhnih koncentracijah in jih najpogosteje uporabljamo kot sredstva za zgoščevanje. Komponente prehranske vlaknine, ki so dobro topne v vodi (inulin in fruktooligosaharidi) pa tvorijo nizko viskozne raztopine. Z dodatkom teh komponent izdelku spremenimo teksturo ali reološke lastnosti. Takšna živila zaradi dodatka lahko promoviramo kot funkcionalna živila oziroma kot živila, ki imajo ugodne učinke na zdravje. Dodatek je lahko v relativno visokih koncentracijah. Dobra lastnost je med drugim tudi ta, da izboljšajo občutek v ustih, hkrati pa ob njihovem dodatku lahko zmanjšamo vsebnost sladkorja in maščob v živilu (Tungland in Meyer, 2002).

2.2.3 Želiranje

Želiranje je pomembna lastnost prehranske vlaknine, saj z gelom spreminjamo obliko in strukturo živilskih izdelkov. Takšne prehranske vlaknine so uporabne za izdelavo marmelad, želejev in sladic. Gel nastane s povezovanjem polimernih enot v tridimenzionalno mrežo. Geli, ki nastanejo, imajo vezane veliko količino vode, poleg pa so zamrežene še druge komponente, ki so prisotne v raztopini. Gel ima zaradi svoje oblike lastnosti trdne snovi zaradi velike gibljivosti molekul (viskozna tekočina) pa lastnosti tekočine. Nastali gel je odvisen od vrste prehranske vlaknine, njene koncentracije, temperature, prisotnosti ionov (kalcijevi ioni), vrednosti pH in prisotnosti ostalih komponent v živilu. Gumiji kot so guar gumi, gumi arabikum in karagenan se v živilih običajno uporabljajo kot stabilizatorji. Škrobe in inulin, ki delno tvorijo gel, pa lahko uporabljamo v višjih koncentracijah, z namenom, da vplivajo na teksturo (Tungland in Meyer, 2002).

2.2.4 Hidracijske lastnosti in sposobnost za vezanje olja

Hidracijske lastnosti prehranske vlaknine lahko opišemo kot sposobnost absorpcije vode, nabrekanja in sposobnost za vezanje ter zadrževanje vode (Elleuch in sod., 2011; Tungland in Meyer, 2002). S tehnološkega stališča sta najpomembnejši lastnosti sposobnost za vezanje vode in sposobnost za zadrževanje vode. Razlika je le v tem, ali komponenta prehranske vlaknine vodo veže oz. zadrži pod nekim pritiskom/stresom, oziroma brez njega. Sposobnost za vezanje vode je količina vode, ki jo komponenta prehranske vlaknine veže brez kakršnega koli stresa, medtem ko je sposobnost za zadrževanje vode količina vode, ki jo komponenta prehranske vlaknine v svoji strukturi zadrži pod nekim stresom/pritiskom. Slednja lastnost je bolj uporabna, saj se v proizvodnji živil skoraj vedno srečamo z neko obliko fizikalnega stresa (npr. ekstruzija, mešanje, homogenizacija, gnetenje, itd.) (Tungland in Meyer, 2002).

Hidracijske lastnosti so odvisne od kemijske strukture vlaknine, in sicer komponente prehranske vlaknine, ki imajo visoko stopnjo hidrofilnih skupin (npr. hidroksilna skupina -OH) imajo visoko sposobnost za vezanje vode. Te skupine se z molekulami vode povežejo preko vodikovih vezi (Cui in sod., 2011). Faktorji, ki še vplivajo na vezavo vode, so poroznost, dolžina verige, vrednost pH, temperatura, ionska moč, koncentracija in prisotnost komponent v živilu, ki prav tako lahko vežejo vodo (Tungland in Meyer, 2002; Elleuch in sod., 2011).

Komponente prehranske vlaknine z dobro sposobnostjo za zadrževanje vode lahko uporabljamo v izdelkih za preprečitev sinereze, izboljšanje občutka v ustih, povečanje mehko-be živilu in podaljšanje roka trajanja. V nekaterih živilih pa jih lahko uporabimo tudi za nadomestitev dela maščob (Elleuch in sod., 2011; Cui in sod., 2011).

Poleg sposobnosti vezave vode imajo nekatere komponente prehranske vlaknine tudi sposobnost za vezanje olja. Na to vpliva kemijska struktura, veliko vlogo pa ima tudi poroznost. S hidracijo prehranske vlaknine se pore zapolnijo z vodo, kar zmanjša sposobnost vlaknine za vezanje olja. Ta tehnika je uporabna pri suhem toplotnem postopku cvrenja. Pri cvrenju je prenosnik toplote velika količina optimalno segrete maščobe, v katero je potopljeno živilo. Živilo med postopkom pridobi zlatorumeno barvo površine, ki je posledica Maillardove reakcije, ustrezno hrustljivost zaradi dehidracije in polno aromo, h kateri prispeva absorbirana maščoba. Z namenom, da bi izboljšali senzorično kakovost in zmanjšali absorpcijo maščobe, se za živila brez ali z malo škroba uporabljajo panade. Če komponente prehranske vlaknine, ki imajo sposobnost za vezanje olja, vmešamo v panado, dodatno zmanjšamo porabo olja oziroma absorpcijo olja v živilo med samim postopkom in tako zmanjšamo vsebnost maščobe v končnem izdelku, hkrati pa izboljšamo tudi njegovo hrustljivost (Tungland in Meyer, 2002). Komponente prehranske vlaknine, ki imajo dobro sposobnost za vezanje olja, omogočajo stabilnost v emulzijah in izdelkih z večjo vsebnostjo maščobe (Elleuch in sod., 2011).

2.2.5 Interakcije z ostalimi komponentami

Raziskave v *in vitro* sistemu so pokazale, da ima prehranska vlaknina dobro sposobnost za vezanje kovinskih ionov, zato domnevajo, da je povezana z zmanjšanjem absorpcije mineralov (Guillon in Champ, 2000). Nekatere študije na ljudeh in živalih so sicer pokazale, da dobro fermentirajoče vlaknine izboljšajo absorpcijo kalcija, magnezija in železa, ker kratkoveržne maščobne kisline, ki so produkti fermentacije, znižajo vrednost pH v črevesju in posledično se poveča topnost kalcija, kar olajša pasivni transport preko črevesnega epitela (Gray, 2006). Nasprotujoče študije pa so pokazale, da imajo prehranske vlaknine iz pšenice in koruze negativen učinek na absorpcijo železa in cinka. Različni rezultati so posledica različne vsebnosti fitatov, ki dokazano zavirajo absorpcijo železa in cinka (Dhingra in sod., 2012). Tehnološko pomembna interakcija je tudi med polisaharidi in proteini, ki je pomembna za izboljšanje lastnosti emulzije (Cui in sod., 2013). Sposobnost nekaterih prehranskih vlaknin, predvsem tistih, ki imajo v svoji strukturi prisotne uronske kisline in fenolne komponente, je tudi, da lahko vežejo žolčne kisline. To nakazuje na potencialni učinek, da s prehransko vlaknino lahko znižamo nivo holesterola v krvi (Guillon in Champ, 2000).

3 FUNKCIJE PREHRANSKE VLAKNINE V ŽIVILIH

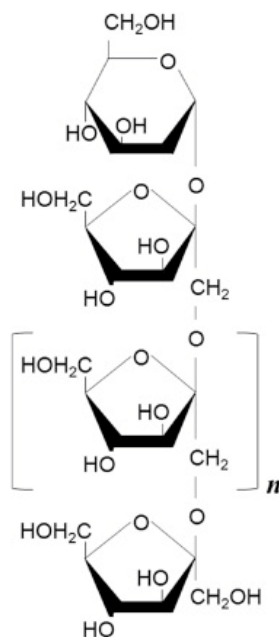
Pomembnost prehranske vlaknine je v zadnjih letih privedla do razvoja številnih živil, ki so obogatena s prehransko vlaknino. V živilski industriji ne samo, da zgoraj opisane fizikalno kemijske lastnosti vlaknine izkoriščajo za izboljšanje viskoznosti, teksture, senzoričnih lastnosti, stabilnosti emulzije in podaljšanje roka uporabnosti živil, ampak s tem, ko v neko živilo vključijo prehransko vlaknino, tudi izboljšajo že obstoječe živilo. Gre za funkcionalna živila, ki so vedno bolj zanimiva za potrošnike, saj naj bi prispevala k boljšemu zdravju.

Proizvod bogat s prehransko vlaknino v živilo vključimo kot poceni, nizkoenergijski dodatek, ki v recepturi lahko nadomesti moko, maščobo ali sladkor (Elleuch in sod., 2011). Prehransko vlaknino lahko dodamo v različna živila. Pogosto jih vključijo v pekovske izdelke, kjer zaradi sposobnosti zadrževanja vode, podaljšajo svežino izdelka. Dodatek vpliva tudi na volumen kruha, njegovo elastičnost, trdoto sredice in mehkobo skorje. V pijačah dodatek vlaknine poveča viskoznost in izboljša stabilnost. Razširjena je tudi uporaba prehranske vlaknine v mlečnih izdelkih. Predvsem inulin omogoča številne izboljšave, in sicer izboljša občutek v ustih pri sirih in sladoledu, pri jogurtih in ostalih fermentiranih pijačah pa preprečuje sinerezo. Inulin in oligofruktoze so primerne tudi za čokolade z manjšo energijsko vrednostjo, ker nadomestijo del sladkorja. V marmeladah in džemih je najpogostejše želirno sredstvo pektin. Tudi v ribjih izdelkih, kot je surimi, kjer je surovina slabše kakovosti, je dodatek vlaknine zaželen predvsem zato, da zadrži vodo v izdelku in mu tako omogoči stabilnost (Yangilar, 2013). Velik del v prehrani pa predstavljajo tudi mesni izdelki, ki so sicer vir beljakovin z visoko biološko vrednostjo, vendar pa vsebujejo malo kompleksnih ogljikovih hidratov, kot so vlaknine. Ne samo, da prehranska vlaknina mesni izdelek prehransko obogati, temveč tudi izboljša izkoristek po toplotni obdelavi, ki je posledica sposobnosti prehranske vlaknine, da zadrži vodo in maščobo. V mesnih izdelkih izboljša tudi teksturo in stabilnost. Izkazala pa se je tudi za dober nadomestek maščobe. Vključitev prehranske vlaknine v različne živilske izdelke med drugim tudi pripomore k zadostnemu dnevnemu vnosu le-te (Özboy Özbaz in Ardic, 2016). Kljub vsemu je količina dodane prehranske vlaknine omejena, ker bi drugače lahko negativno vplivala na okus, aromo in teksturo živil (Elleuch in sod., 2011).

Glede na to, da prehransko vlaknino predstavlja veliko število različnih kemijskih spojin, bo v nadaljevanju, podrobneje predstavljena uporaba treh komponent prehranske vlaknine, ki jih v živilski industriji najpogosteje uporabljajo. To so inulin, β -glukani in pektini, ki sodijo med topno prehransko vlaknino. β -glukani in pektini lahko oblikujejo visoko viskozno raztopino, medtem ko inulini oblikujejo nizko viskozno raztopino. Vse komponente pa so dobro fermentirajoče vlaknine in imajo zato tudi prebiotičen učinek, ko jih zaužijemo.

3.1 INULIN

Inulin je naravni ne-škrobni polisaharid, ki sodi v skupino polifruktoz. Te lahko razdelimo glede na stopnjo polimerizacije, ki predstavlja število ponavljajočih enot v verigi (Kelly, 2008). Strukturna molekula inulina je sestavljena iz molekul fruktoze, ki so med seboj povezane z β (2 $\rightarrow$ 1) glikozidno vezjo in ene molekule glukoze na koncu verige (slika 2). Srednjeveržni inulin, ki se nahaja v cikoriji ima stopnjo polimerizacije od 3 do 60 monosaharidnih enot, z delno encimsko hidrolizo pa nastane tako imenovana oligofruktoza, ki ima v verigi vključenih od 2 do 8 enot (Meyer in sod., 2011).



Slika 2: Struktura inulina (Drabinska in sod., 2016)

Inulin je shranjen v gomoljih, čebulicah in koreninah, kjer predstavlja rezervni polisaharid (Drabinska in sod., 2016). Vsebujejo ga artičoke, šparglji, banane, por, čebula, česen, v največjih koncentracijah pa se nahaja v cikoriji in topinamburju (preglednica 2) (Meyer in sod., 2011; Drabinska in sod., 2016).

Preglednica 2: Vsebnost inulina v nekaterih živilih rastlinskega izvora (Drabinska in sod., 2016)

Vir	Vsebnost inulina (g/100 g svežega živila)
Cikorija	15,0 – 20,0
Topinambur	14,0 – 19,0
Česen	9,0 – 16,0
Por	3,0 – 10,0
Šparglji	2,0 – 3,0
Čebula	2,0 – 6,0
Pšenični otrobi	1,0 – 4,0
Ječmen	0,5 – 1,5
Rž	0,5 – 0,9
Banana	0,3 – 0,7

V živilski industriji je najbolj uporaben inulin izoliran iz cikorije (Meyer in sod., 2011). Z inulinom lahko nadomestimo del sladkorja in maščob v živilu, vplivamo na teksturo in zmanjšamo energijsko vrednost živila. Hkrati pa z dodatkom inulina obogatimo živilo s prehransko vlaknino, ki v črevesju deluje kot prebiotik, saj spodbuja rast in razmnoževanje črevesne mikroflore (Shoaib in sod., 2016). Inulin je brez barve in vonja ter ima prijeten, rahlo sladek okus (Chawla in Patil, 2010). Njegovo široko uporabnost omogočajo njegove fizikalno kemijske lastnosti, ki so povezane s stopnjo polimerizacije (Meyer in sod., 2011; Drabinska in sod., 2016). Inulin z nižjo stopnjo polimerizacije ima boljšo topnost in je slajši kot tisti z višjo stopnjo polimerizacije. Njegov dodatek lahko nadomesti sladkor, hkrati pa izboljša občutek v ustih pri uživanju živil z nizko energijsko vrednostjo (Drabinska in sod., 2016). Kratkoverižni inulin lahko poveča sladkost »sistema« v katerem se nahaja saharoza, zato ob dodatku inulina lahko zmanjšamo delež dodane saharoze, ne da bi to vplivalo na sladkost izdelka. Dokazali so, da je primeren kot nizkoenergijski dodatek v čokoladi, kjer ga uporabljajo v kombinaciji z različnimi polioli, ne da bi s tem vplivali na vsebnost maščobe v izdelku. Okus in sladkost se z dodatkom kratkoverižnega inulina izboljša tudi v jajčni kremi, ne da bi s tem vplival na teksturo (Shoaib in sod., 2016). Dolgoverižni inulin pa je bolj primeren kot sredstvo, ki vpliva na teksturo in ki lahko nadomesti maščobo, ker je slabše topen, vendar bolj viskozen in termostabilen (Drabinska in sod., 2016). Topnost inulina v vodi, omogoča, da ga lahko uporabimo tudi v različnih pijačah, kjer ima funkcijo zgoščevalca (Shoaib in sod., 2016).

Kip in sod. (2006) so izvedli raziskavo v kateri so inulin v različnih deležih (1,5 %, 3 % in 4 %) dodali v jogurt z manj maščobe. Uporabili so dve vrsti inulina, kratkoverižni in dolgoverižni. Ugotovili so, da inulin vpliva na viskoznost, in sicer se je le-ta povečala v vzorcih z dodanim dolgoverižnim inulinom. Senzorična analiza je pokazala, da dolgoverižni inulin pozitivno vpliva na senzorično kakovost, kratkoverižni pa je slabše učinkovit. Jogurt z 3 % dodatkom dolgoverižnega inulina je bil najbolj čvrst in kremast, zato je bil posledično ocenjen najbolje, saj je pripomogel k najboljšemu občutku v ustih.

Inulin je funkcionalen dodatek tudi v mesnih izdelkih. V raziskavi, ki so jo izvedli Garcia in sod. (2006) so preučevali vpliv inulina na teksturne in senzorične lastnosti mortadele. Pripravili so dva eksperimenta. V prvem so pripravili mortadelo s 23 % maščobe, v drugem pa z 10 % maščobe. V obeh primerih so dodali inulin v obliki prahu in v obliki gela, tako da je končni izdelek vseboval 2,5 %, 5 % oziroma 7,5 % inulina. Inulin v obliki prahu so dodali direktno v teh deležih, gel pa so pripravili tako, da so 55 g inulina zmešali s 100 ml vode. Nastal je mehek gel, ki so ga v mortadelo dodali v različni količini (4,5 ml, 9,1 ml in 13,6 ml), da so dosegli prej omenjene deleže inulina v končnem izdelku. Analize teksture so pokazale, da inulin v obliki prahu poveča trdoto izdelka, kar je bilo bolj opazno pri mortadeli z manjšo vsebnostjo maščobe, saj so bile spremembe opazne že pri deležu inulina 2,5 %. Ko je bil dodan inulin v obliki gela, so bile spremembe opazne le pri deležu 7,5 %, in sicer je bil izdelek pri tem deležu inulina najmehkejši. Kljub temu, da je bila vsebnost vode v končnem izdelku med vzorci zelo podobna, je bil dodan gel s kremasto in nežno teksturo tisti, ki je pripomogel k mehki mortadeli. Senzorična analiza je pokazala,

da so bili vsi izdelki senzorično sprejemljivi. Opazili pa so razliko v sočnosti pri mortadeli z dodanim gelom oziroma prahom. Mortadela, obogatena z inulinom v obliki gela, je bila bolj sočna, mortadela, v kateri je bil inulin v obliki gela dodan do deleža 7,5 % je bila tudi najboljše ocenjena. Raziskava je pokazala, da je dodatek inulina primeren za izdelavo kuhanih klobas do deleža 7,5 %. Ustrezno je nadomestil tudi maščobo, zato je primeren tudi za mesne izdelke z manjšo energijsko vrednostjo (Garcia in sod., 2006).

Pomemben del populacije se mora zaradi različnih razlogov kot so alergija, preobčutljivost na gluten ali celiakija izogibati glutenu. Brezglutenska živila imajo zaradi izločenega glutena drugačno teksturo, manjšo hranilno vrednost in na splošno slabšo senzorično kakovost, ki pa jo proizvajalci z različnimi dodatki poskušajo izboljšati. Inulin je zaradi svojih lastnosti primeren dodatek tudi v živilih, kot so brezglutenski kruh, testenine, omake, piškoti in peciva (Drabinska in sod., 2016).

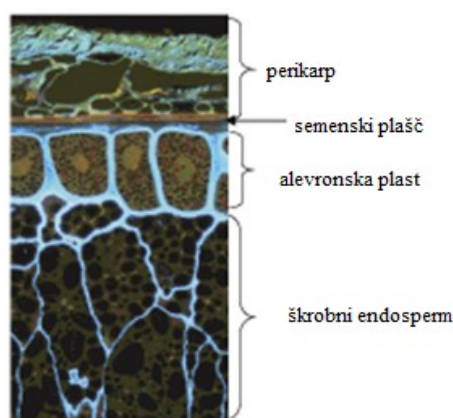
Brezglutenske testenine so največkrat izdelane iz koruzne ali riževe moke. Zaradi odsotnosti glutena so testenine bolj lepljive, na splošno pa je tudi senzorična kakovost slabša od klasičnih testenin (Drabinska in sod., 2016). Mastromatteo in sod. (2012) so koruznim testeninam dodali inulin z namenom, da bi izboljšali njihovo senzorično kakovost. Pripravili so 6 vzorcev, v katerih so koruzno moko nadomeščali z inulinom do deleža 20 %. Kontrolni vzorec je vseboval samo koruzno moko. Senzorična kakovost vseh vzorcev, tako suhih kot tudi kuhanih testenin, je bila sprejemljiva. Najvišjo oceno pa je dosegel vzorec testenin, obogaten s 5 % inulina. Vzorca, obogatena s 5 % ali 7,5 % inulina, sta imela najvišji raztezek in viskoznost, medtem ko vzorcema testenin z največjo vsebnostjo inulina (15 % in 20 %), niso mogli izmeriti reoloških lastnosti zaradi prevelike čvrstosti testa. Analiza je pokazala, da je inulin primeren dodatek v brezglutenskih testeninah, vendar ne v previsokih deležih.

Brezglutenska živila vsebujejo prehranske vlaknine kot običajna, zato je obogatitev takšnih živil koristna. Z obogatitvijo prigrizkov lahko znižamo energijsko vrednost, hkrati pa jih naredimo bolj zdrave. Namen raziskave, ki so jo izvedli Maghydah in sod. (2013), je bila obogatitev brezglutenskih piškotov z inulinom, ne da bi s tem vplivali na fizikalno, kemijsko in senzorično kakovost. Kontrolni vzorec so pripravili iz koruzne moke, riževe moke, koruznega škroba in moke volčjega boba. Štirim vzorcem so dodali inulin do deleža 4,5 %. Rezultati kemijske in fizikalne analize so pokazali, da med vzorci ni velikih razlik. Edina večja razlika je bila ta, da se je naraščanjem deleža dodanega inulina povečala vsebnost skupne prehranske vlaknine od 4 do 15 %. Senzorična analiza je pokazala, da so bili vsi vzorci sprejemljivi in da višji delež nima negativnega vpliva na senzorično kakovost, nasprotno, vzorec s 4,5 % inulina je dosegel najboljšo senzorično oceno.

Inulin omogoča pomembne izboljšave tudi v žitih za zajtrk in pekovskih izdelkih. Vključitev inulina v te izdelke podaljša njihovo svežost in izboljša hrustljivost (Shoaib in sod., 2016).

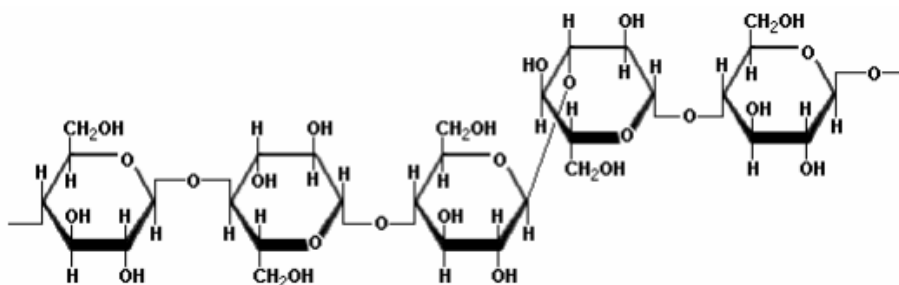
3.2 β -GLUKANI

β -glukani so ne-škrobni polisaharidi, ki so pomembne komponente škrobnega endosperma in alevronske celične stene pri žitih, kot so ječmen, oves, rž in pšenica (slika 3) (Kamal-Eldin in sod., 2009; Lazaridou in Biliaderis, 2007). Poleg žit, jih lahko izoliramo tudi iz drugih naravnih virov, kot so kvasovke, bakterije, alge in gobe (Zhu in sod., 2015). β -glukani iz pekovskega kvasa vsebujejo β -(1 $\rightarrow$ 3) in β -(1 $\rightarrow$ 6) vezi, medtem ko so glukozne enote pri β -glukanih iz žit povezane z β -(1 $\rightarrow$ 3) in β -(1 $\rightarrow$ 4) vezmi (Zhu in sod., 2016).



Slika 3: β -glukani v zrnu rži se obarvajo svetlo modro z barvilom Calcofluor White M2R (Kamal-Eldin in sod., 2009)

Prehransko najpomembnejši so β -(1,3-1,4) glukani, ki se nahajajo v žitih. So topni linearni homopolisaharidi, zgrajeni iz D-glukopiranoznih ostankov, ki so povezani z glikozidnimi vezmi. Gre za celulozne segmente (tri- in tetrameri), ki so povezani z β (1 $\rightarrow$ 4) glikozidno vezjo in ločeni z eno β (1 $\rightarrow$ 3) glikozidno vezjo. Prisotne so tudi daljše celulozne enote (dekstrini) (slika 4). Značilna je velika strukturna raznolikost, saj imajo lahko različno razmerje med tri- in tetrameri in β (1 $\rightarrow$ 3) ter β (1 $\rightarrow$ 4) vezmi. To vpliva na njihove fizikalne lastnosti, kot so topnost v vodi, viskoznost in želiranje ter tudi na njihov fiziološki učinek v prebavnem traktu (Lazaridou in Biliaderis, 2007).



Slika 4: Struktura β -(1,3-1,4) glukana v žitih (Havrlentova in sod., 2011)

β -glukane v živilski industriji lahko uporabljajo v obliki hidrokoloidov predvsem zaradi njihovih reoloških lastnosti, to je sposobnosti želiranja in povečanja viskoznosti v vodnih raztopinah (Brennan in Cleary, 2005). Viskoznost β -glukanov je odvisna od molekulske mase, topnosti in koncentracije. β -glukani, izolirani iz ječmena in ovsa, lahko tvorijo viskozno raztopino pri nizkih koncentracijah. Zaradi tega so dobri zgoščevalci v različnih živilskih izdelkih (Guleria in sod., 2015). V pijačah lahko β -glukani nadomestijo običajne zgoščevalce kot so gumi arabikum, alginati, pektini in ksantan gumi in tako dosežemo prijeten občutek v ustih, poleg tega pa predstavljajo še dober vir topne prehranske vlaknine (Ahmad in sod., 2012). Vse te lastnosti omogočajo vključitev β -glukanov v številne živilske izdelke kot so juhe, omake, sladice, solatni preliv, testenine, rezanci in pekovski, mlečni ter mesni izdelki (Zhu in sod., 2016). Zaradi velike viskoznosti, sposobnosti vezanja vode in sposobnosti stabiliziranja emulzije jih lahko uporabimo tudi kot nadomestek za maščobo. Za dober nadomestek so se izkazali v mlečnih izdelkih (sir, sladoled, jogurt), omakah (majoneza, solatni preliv), mesnih izdelkih in pekovskih izdelkih (peciva, kruh, testenine). Na splošno pa dodatek β -glukanov izboljša tehnološke lastnosti, kot so tekstura, barva, preprečitev sinereze in izboljša senzorično kakovost končnega izdelka (Alves da Cunha in sod., 2017).

V raziskavi, ki so jo izvedli Piñero in sod. (2008), so β -glukane uporabili kot nadomestek maščobe v govejih pleskavicah. Pripravili so pleskavice s 6 % maščobe, ki so jih primerjali s kontrolnimi, ki so vsebovale 20 % maščobe. Glavni namen je bil primerjati fizikalne, kemijske in senzorične lastnosti. Pleskavice z manj maščobe so med toplotno obdelavo izcejale manj maščobe, po toplotni obdelavi pa so imele boljši izkoristek pečenja in pričakovano večjo vsebnost vode v primerjavi s kontrolnimi pleskavicami. β -glukani lahko tvorijo tridimenzionalno strukturo, ki poleg vode lahko zadrži tudi maščobo in na tak način prepreči izcejo med toplotno obdelavo. Zaradi večje vsebnosti vode so bile ocenjene za bolj sočne in z nežnejšo teksturo. Barva in zunanji izgled sta bila primerljiva s kontrolnimi pleskavicami. Aroma pleskavic z manj maščob pa so ocenili slabše kot aroma kontrolnih pleskavic, verjetno zaradi manjše vsebnosti maščob, ki so nosilec arome v mesnih izdelkih.

Tudi Afshari in sod. (2015) so vrednotili goveje pleskavice z manjšo vsebnostjo maščob. V njihovi raziskavi so goveji loj nadomestili z mešanico oljčnega in repičnega olja, ter dodali še prebiotične vlaknine (inulin in β -glukane). Dodatek inulina je zmanjšal izkoristek pečenja in posledično vsebnost vode v pleskavicah, vendar pa so bile pleskavice svetlejše barve in na splošno dobro senzorično sprejemljive ter z boljšimi teksturnimi lastnostmi kot kontrolni vzorec. Pri pleskavicah, ki so vsebovale β -glukan, se je izkoristek pečenja povečal, barva je bila temnejša, splošna senzorična sprejemljivost in teksturne lastnosti pa so bile v primerjavi s kontrolnim vzorcem slabše. Ugotovili pa so, da so najboljše teksturne lastnosti in senzorično kakovost imele pleskavice, kjer je bila dodana mešanica β -glukanov in inulina.

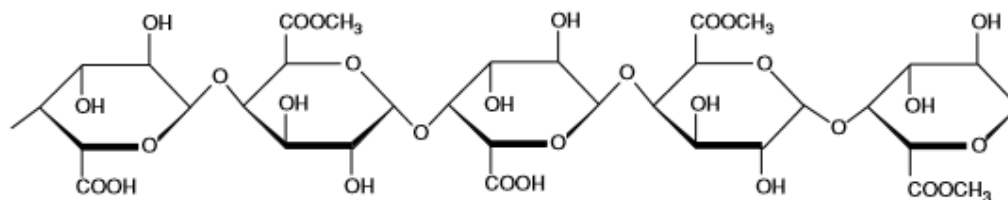
Sposobnost β -glukanov, da lahko povečajo viskoznost, jim omogoča funkcijo zgoščevanja v različnih pijačah. Ahmad in sod. (2009) so iz ječmenove moke pripravili ekstrakt, ki je

vseboval 85,3 % skupne prehranske vlaknine, od tega je bilo 75,1 % topne prehranske vlaknine, kamor sodijo tudi β -glukani. Sledila je priprava pijač, ki so vsebovale 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 in 1 % ekstrakta. Fizikalno so vzorce vrednotili z CIELAB sistemom. Ugotovili so, da je vrednost L^* , ki določa svetlost barve, z večanjem koncentracije ekstrakta naraščala, medtem ko se je vrednost b^* , ki določa intenzivnost rumene barve v pozitivnem območju in intenzivnost modre barve v negativnem območju, postopno zniževala z naraščajočim deležem dodanega ekstrakta. Viskoznost in kislost pijač sta se ravno tako izboljšali z naraščanjem deleža. Senzorična analiza je pokazala, da sta vzorca z dodatkom 0,2 in 0,4 % ekstrakta najbolj primerljiva s kontrolnim vzorcem. Na splošno dodatek ekstrakta do deleža 0,8 % ni bistveno vplival na senzorične parametre, kot so okus, barva in splošna senzorična sprejemljivost (Ahmad in sod., 2009).

β -glukane lahko uporabimo tudi v proizvodnji ekstrudiranih prigrizkov za neposredno uživanje (ready-to-eat), z namenom, da znižamo njihov glikemični indeks (Zhu in sod., 2015).

3.3 PEKTINI

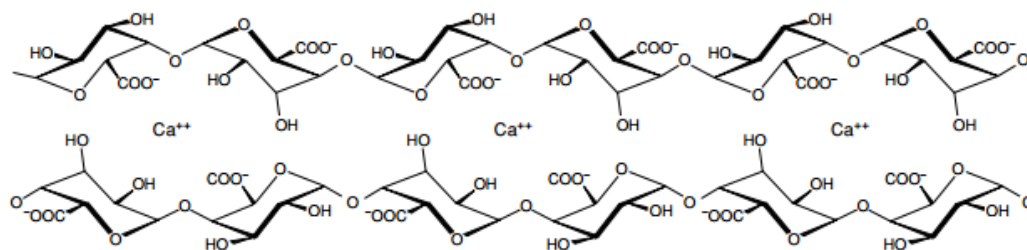
Pektini so polimeri, sestavljeni iz molekul D-galakturonske kisline, ki so med seboj povezane z α -(1,4) glikozidnimi vezmi (slika 5). Pod imenom pektin je vključenih več polimerov, ki se razlikujejo glede na molekulsko maso, kemijsko strukturo in prisotnost nevtralnih sladkorjev v osnovni verigi. Karboksilna skupina D-galakturonske kisline je lahko delno zaestrena z metanolom. Glede na stopnjo esterifikacije ločimo visoko metoksilirane pektine, ki imajo več kot 50 % delež -COOH skupin zaestrenih z metanolom in malo metoksilirane pektine, ki imajo manj kot 50 % delež. Nizko metoksilirani pektini so lahko tudi amidirani z amonijakom. Maksimalna stopnja amidiranja je 25 %. V strukturo so vključeni tudi nevtralni sladkorji kot so galaktoza, ramnoza, arabinoza in ksiloza. Največkrat je vključena ramnoza, pri jabolčnem pektinu pa je prisotna ksiloza (Flutto, 2003a).



Slika 5: Struktura pektina z delno zaestrenimi -COOH skupinami (Flutto, 2003a)

Pektini se nahajajo v srednji lameli rastlinskih celičnih sten. Glavni vir industrijskega pektina so jabolčne tropine in lupine citrusov. Za pridobivanje pektina pa so primerni še drugi agro-živilski odpadki, kot so npr. bananini olupki, olupki paradižnika, lupine papaje in grenivke ter ostanki sladkorne pese, ki ostanejo pri pridobivanju sladkorja (Naqash in sod., 2017).

Glavne funkcionalne lastnosti pektinov so želiranje, viskoznost in stabilizacija proteinov z visoko metoksiliranim pektinom (Flutto, 2003b). V živilski industriji so se pektini kot dodatek različnim živilom uveljavili predvsem zaradi sposobnosti želiranja, s katerim vplivajo predvsem na teksturo izdelka. Visoko metoksilirani pektini oblikujejo gel v kislem mediju ob prisotnosti saharoze. Privlačne sile med -COOH in -OH skupinami ter interakcije med metilesterskimi skupinami omogočajo povezovanje sosednjih polimerov in delov istih polimerov. Z namenom, da bi dosegli dovolj interakcij dodamo sladkor, ki veže vodo in tako zmanjša stopnjo hidracije pektina ter ojača interakcije med različnimi verigami pektina. Kisel medij je potreben zato, da karboksilno skupino ohranja v protonirani obliki. Pri višji vrednosti pH karboksilna skupina preide v deprotonirano obliko zaradi katere bi bili odboji med molekulami preveliki. Malo metoksilirani pektini pa tvorijo gel na drugačen način. Za tvorbo gela potrebujejo Ca^{2+} ione, ki predstavljajo most med pari karboksilnih skupin sosednjih verig pektina. Način povezave lahko prikažemo s tako imenovanim modelom »škafle za jajca« (slika 6). S povečanjem deleža kalcijevih ionov se poveča čvrstost gela. V omenjenih interakcijah lahko sodeluje samo ionska oblika karboksilne skupine. Ta pa je prisotna v mediju z višjo vrednostjo pH. Glede na to, da malo metoksilirani pektini za tvorbo gela ne potrebujejo sladkorja, so primerni za nizkoenergijske izdelke (Abramovič, 2006).



Slika 6: Model »škafle za jajca« (Flutto, 2003a)

Pektine se lahko uporablja v različnih živilskih izdelkih kot želirna sredstva, zgoščevalce, emulgatorje, stabilizatorje in za izboljšanje senzoričnih lastnosti. Najpogosteje se pektini uporabljajo za pripravo marmelad in želejev. Dodajajo jih tudi v zamrznjena živila, ker preprečijo rast kristalov, izgubo soka med odtaljevanjem in izboljšajo teksturo izdelka (Abramovič, 2006). Kim in sod. (2016) so ugotovili, da vključitev pektina, izoliranega iz sojinih tropin, v pleskavice, zmanjša izcejanje med odtajevanjem, hkrati pa poveča izkoristek po pečenju tako svežih kot tudi odmrznjenih pleskavic. Dodatek zmanjša tudi njihovo trdoto, vendar pa poslabša stabilnost oksidacije lipidov in barvo.

Pektine uporabljajo tudi v sadnih pijačah in gaziranih pijačah z manj sladkorja za uravnavanje viskoznosti ter doseganje polnejšega okusa. Omenjene pijače vsebujejo kalcij, zato uporabljajo visoko metoksilirane pektine, na katere prisotnost kalcijevih ionov manj vpliva, da se izognejo nastanku gela v pijačah in neželjenim senzoričnim lastnostim. V jogurtovih in ostalih fermentiranih beljakovinskih napitkih dodatek pektinov prepreči sesirjenje po toplotni obdelavi. Dolge pektinske molekule se vežejo na površino proteinov in tako ovirajo koagulacijo beljakovin. Tako izdelek tudi stabilizirajo, saj preprečijo

nezaželeno posedanje ali ločevanje faz. Nizko metoksilirane pektine se uporablja tudi v jogurtih za doseganje bolj čvrste teksture. Primerni so tudi v jogurtih z manj maščobe, kjer naredijo polnejši okus izdelka in preprečujejo sinerezo (Flutto, 2003b). Pektine lahko dodajo tudi pripravkom za mesne polivke z namenom izboljšanja arome in teksture. Za doseganje polnejšega okusa se uporabljajo tudi v sadnih koncentratih in osvežilnih pijačah z manjšo energijsko vrednostjo (Abramovič, 2006).

Prisotnost pektinov pa ni vedno zaželjena. V vinu in bistrh sokovih povzročajo motnost zaradi vezave proteinov na dolge verige pektinskih molekul. Da bi to preprečili dodajajo pektinaze, ki cepijo pektinske verige (Abramovič, 2006).

4 PREHRANSKA VLAKNINA V PREBAVNEM TRAKTU

S tehnološkega stališča prehranske vlaknine lahko delujejo kot odlični dodatki za izboljšanje teksture živila, stabiliziranje in nadomeščanje sladkorja ali maščobe v živilu. Po drugi strani pa z vključitvijo prehranske vlaknine v najrazličnejša živila, po zaužitju vlaknina vpliva na resorpcijo hranil in se v debelem črevesju tudi sama delno presnavlja. Tako ima določene fiziološke učinke s katerimi pozitivno vpliva na zdravje človeka. V preglednici 3 so predstavljene funkcije prehranske vlaknine in njene koristi, ki jih ima na organizem

Preglednica 3: Funkcije in koristi prehranske vlaknine (Dhingra in sod., 2012)

Funkcija prehranske vlaknine	Koristi
Poveča volumen hrane, večji občutek sitosti	Zmanjša apetit
Veže vodo in oblikuje gel, upočasni absorpcijo glukoze	Zmanjša nivo sladkorja v krvi
Zniža nivo celokupnega in LDL holesterola	Zmanjša tveganje za srčne bolezni
Pospeši prehod hrane skozi prebavni trakt	Ureja prebavo
Poveča maso blata	Preprečuje zaprtje
Uravnava pH črevesne vsebine in stimulira produkcijo kratkoverižnih maščobnih kislin	Lahko zmanjša tveganje za pojav raka na črevesju

Prehranska vlaknina je prebiotik, s prebavnimi encimi je ne moremo razgraditi in zato predstavlja hrano za bakterije v debelem črevesju, ki jo s svojo encimsko aktivnostjo delno ali v celoti razgradijo. Obseg razgradnje je odvisen od bakterijske mikroflore, ki je prisotna v črevesju. S tem vpliva na rast in/ali aktivnost bakterij, ki so prisotne v črevesju (Rodriguez in sod., 2006). Pri bakterijski fermentaciji se tvorijo različni plini (vodik, metan in CO₂), kratkoverižne maščobne kisline (acetat, propionat in butirat) in laktat. Kratkoverižne maščobne kisline so zelo pomembne, ker skupaj s plini spodbujajo peristaltiko. Butirat predstavlja glavni vir energije za metabolno aktivne črevesne celice, hkrati pa stimulira diferenciacijo in apoptozo rakavih celic v *in vitro* sistemu (Agget in sod., 2003; Gray, 2006). Acetat služi kot vir energije in je pomemben pri sintezi maščob. Propionat pa vpliva na metabolizem maščob in holesterola (Agget in sod., 2003). Fermentacija in produkcija kratkoverižnih maščobnih kislin zniža vrednost pH v črevesju in s tem zavira razvoj patogenih mikroorganizmov. Nizek pH tudi zmanjša obseg razgradnje peptidov, tvorbo toksičnih produktov, kot so amonijak in sekundarne žolčne soli ter aktivnost nezaželenih bakterijskih encimov. Kratkoverižne maščobne kisline se absorbirajo tudi v kri, kjer služijo kot vir energije in vplivajo na metabolizem glukoze in maščob (Gray, 2006).

Topne prehranske vlaknine, ki minimalno fermentirajo, imajo dobro sposobnost za vezanje vode in oblikovanje gela, s čimer pomagajo normalizirati obliko blata (zmehčajo trdo blato pri zaprtju oz. učvrstijo tekoče blato) (Gray, 2006). Povečajo tudi viskoznost črevesne vsebine in tako upočasnijo praznjenje želodca, prebavo in absorpcijo hranil (Agget in sod.,

2003). Manj fermentabilne, netopne prehranske vlaknine, kot je celuloza, pa skrajšajo prehod skozi tanko črevo in imajo odvajalni učinek (Tungland in Meyer, 2002).

Hrana bogata s prehransko vlaknino, ima nizek glikemični indeks. Ta nam pove kako hitro zaužiti ogljikovi hidrati povečajo koncentracijo glukoze v krvi. Na vrednost glikemičnega indeksa ne vpliva samo prisotnost prehranske vlaknine, ampak tudi oblika hrane, vključno z velikostjo delcev, tekstura, viskoznost in stopnja mehanske in termične obdelave hrane, ki vpliva na stopnjo poškodovanosti celičnih struktur. Z drugimi besedami, glikemični indeks pomeni razvrščanje živil glede na hitrost porasta vrednosti glukoze v krvi po zaužitju živila, primerjano z referenčnim živilo, ki je običajno glukoza (Pediatrska klinika, 2012). Na glikemični indeks pomembno vplivajo predvsem topne in viskozne prehranske vlaknine, ki imajo sposobnost oblikovati gel (npr. pektini in β -glukani). V nastali gel se ujamejo ogljikovi hidrati, poveča se viskoznost sluzi na površini celic črevesne sluznice in tako postanejo ogljikovi hidrati manj dostopni za prebavne encime, zato se posledično absorpcija glukoze upočasni. Upočasni se tudi mešanje črevesne vsebine in praznjenje želodca. Posledično je po zaužitju hrane porast glukoze bolj enakomeren, občutek sitosti pa je prisoten dlje časa (Gray, 2006). Živila z nižjim glikemičnim indeksom so priporočljiva za diabetike, saj zmanjšajo potrebo po inzulinu, hkrati pa z njimi tudi lažje uravnavamo telesno maso (Guillon in Champ, 2000). Raziskave v *in vitro* sistemu so pokazale, da viskozne vlaknine vplivajo tudi na absorpcijo beljakovin. In sicer je prebavljivost β -laktoglobulina s pepsinom v prisotnosti pektinov nižja zaradi interakcij med beljakovinami in vlaknino, zato tudi do absorpcije pride pozneje (Rinaldi in sod., 2014).

Hrana bogata s prehransko vlaknino ima sposobnost vezave žolčnih kislin in metabolitov holesterola, kar ima pomembno vlogo pri prebavi in absorpciji lipidov v tankem črevesju. Prehransko vlaknino povezujejo s spremembami v absorpciji holesterola in re-absorpciji žolčnih kislin, spremembami v razmerju lipoproteinov in odstranitvi le-teh iz krvnega obtoka. S tem se zniža nivo celokupnega in LDL holesterola, kar lahko zmanjša tveganje za pojav srčno-žilnih bolezni. Zopet imajo pomembno vlogo visoko viskozne vlaknine, kot so na primer β -glukani, pektini in guar gumi, medtem kot neviskozne vlaknine ne vplivajo na lipide v krvi (Rodriguez in sod., 2006; Gray, 2006).

4.1 PREHRANSKE IN ZDRAVSTVENE TRDITVE

Živila, ki vsebujejo prehransko vlaknino oz. določeno komponento vlaknine, lahko v določenih pogojih označimo s prehranskimi ali zdravstvenimi trditvami.

Uredba (ES) št. 1924/2006 Evropskega parlamenta in Sveta o prehranskih in zdravstvenih trditvah poleg obeh splošnih prehranskih trditev o zmanjšani ali povečani vsebnosti prehranske vlaknine, navaja še dve dovoljeni trditvi v povezavi s prehransko vlaknino, pod naslednjimi pogoji:

- vir prehranske vlaknine - živilo mora vsebovati vsaj 3 g prehranske vlaknine na 100 g ali vsaj 1,5 g prehranske vlaknine na 100 kcal.
- visoka vsebnost prehranske vlaknine - živilo mora vsebovati vsaj 6 g prehranske vlaknine na 100 g ali vsaj 3 g prehranske vlaknine na 100 kcal.

Če pa ima živilo ali njegova sestavina dokazan fiziološki učinek, je lahko označeno z zdravstveno trditvijo. Zdravstvene trditve morajo temeljiti na verodostojnih znanstvenih dokazih in ne smejo zavajati potrošnika. Dokazov, da bi prehranska vlaknina pri zdravi populaciji na splošno ugodno vplivala na zdravje, ni dovolj, zato se lahko zdravstvene trditve uporablja le za nekatere skupine in komponente prehranske vlaknine in ne kar na splošno (Salobir in sod., 2015).

Dovoljene zdravstvene trditve za prehransko vlaknino, ki so določene z Uredbo komisije (EU) št. 432/2012 so povezane s tem, da vlaknine:

- prispevajo k normalnemu delovanju prebavil (vlaknina rži),
- prispevajo k povečanju količine blata (vlaknine iz ječmenovega zrnja in zrnja ovsa, vlaknine iz pšeničnih otrobov),
- prispevajo k pospeševanju prehajanja črevesne vsebine (vlaknina iz pšeničnih otrobov),
- prispevajo k znižanju porasta ravni glukoze po obroku (β -glukani iz ovsa in ječmena, pektini),
- vzdržujejo normalne ravni holesterola v krvi oz. zmanjšajo ravni holesterola v krvi (β -glukani, pektini, β -glukani iz ječmena in ovsa, glukomanan, guar gumi),
- ob energijsko omejeni prehrani prispevajo k zmanjšanju telesne teže (glukomanan).

Pri določenih komponentah prehranske vlaknine, med njimi so tudi pektini, je dodano tudi opozorilo, da obstaja nevarnost zadušitve, do katere lahko pride pri ljudeh s težavami pri požiranju ali ob zaužitju z nezadostno količino tekočine, zato se svetuje zaužitje z veliko vode, da snov doseže želodec (Uredba komisije (EU) št. 432/2012).

5 ZAKLJUČEK

Prehranska vlaknina predstavlja užitne dele rastlin in analoge ogljikovih hidratov, ki jih s telesu lastnimi encimi ne moremo prebaviti. V debelem črevesju lahko delno ali v celoti fermentirajo. Kot opisuje definicija, prehransko vlaknino sestavlja kombinacija kemijsko zelo različnih spojin, z različnimi lastnostmi. Topnost v vodi je ena izmed takšnih lastnosti, na podlagi katere poteka najpogostejša delitev prehranske vlaknine. Ločimo topne prehranske vlaknine kamor sodijo glukomanani, pektini, psilium, β -glukani in nekateri gumiji, ki se nahajajo v sadju, zelenjavi, stročnicah, ječmenu in ovsu ter netopne prehranske vlaknine, kot so celuloza, hemiceluloza in lignin, ki se nahajajo v žitih, stročnicah in zelenjavi. Prehranska vlaknina je pomemben del zdrave in uravnotežene prehrane. Dnevni vnos pri odraslih naj bi bil najmanj 30 g prehranske vlaknine, in naj bi vključeval tako topno kot tudi netopno vlaknino. Prehranske vlaknine zaradi lastnosti kot so topnost, viskoznost, želiranje, sposobnost za vezanje vode in olja, ter vezanje mineralov in organskih molekul, pozitivno vplivajo na zdravje. Uživanje prehranske vlaknine v zadostni količini lahko zmanjša apetit, nivo sladkorja v krvi, pozitivno vpliva na prebavo, zmanjša pa lahko tudi tveganje za nekatere bolezni kot so rak, srčno-žilne bolezni in diabetes.

Funkcionalne lastnosti prehranske vlaknine so v zadnjih letih privedle do razvoja živil, ki vsebujejo večjo količino prehranske vlaknine. Zgoraj omenjene lastnosti prav tako lahko izkoriščajo tudi pri tehnologiji izdelave nekega živilskega izdelka. Dodatek prehranske vlaknine tako lahko izboljša teksturo in splošno senzorično kakovost. Primerna pa je tudi kot nadomestek sladkorja in maščobe.

Preoblikovana živila z večjo vsebnostjo vlaknine uvrščamo med funkcionalna živila, ki lahko prispevajo k boljšemu zdravju. Živila, ki ustrezajo določenim pogojem, lahko označimo tudi s prehranskimi in zdravstvenimi trditvami, ki se nanašajo na prehransko vlaknino. Takšna živila potrošniki dojemajo kot bolj zdrava in se pri nakupih zanje tudi pogosteje odločijo.

Inulin, β -glukani in pektini so se v različnih izdelkih izkazali za odličen dodatek. Inulin je dober nadomestek maščobe v mlečnih izdelkih. Ne vpliva pa samo na reološke lastnosti, ampak pripomore tudi k senzorični kakovosti, saj prispeva k nežnemu in kremnemu občutku v ustih. Primeren je tudi za mesne izdelke. V brezglutenskih izdelkih pa ima vlogo predvsem izboljšanja kakovosti tovrstnih izdelkov in obogatitve s prehransko vlaknino. β -glukani so primerni zgoščevalci v pijačah in nadomestki maščobe v mesnih izdelkih. Zaradi vpliva na viskoznost pri nizki koncentraciji pa so uporabni tudi v drugih izdelkih kot so juhe, omake, sladice, solatni preliv, testenine, rezanci, pekovski in mlečni izdelki. Najpomembnejša lastnost pektinov je oblikovanje gelov, zaradi česar jih največkrat uporabljajo pri proizvodnji marmelad. Funkcionalni pa so tudi v zamrznjenih živilih, mlečnih in mesnih izdelkih ter sadnih pijačah.

6 VIRI

- Abramovič H. 2006. Pektin ni zgolj želirno sredstvo. *Kemija v šoli*, 18, 1: 20-23
- Agget P.J., Agostoni C., Axelsson I., Edwards C.A., Goulet O., Hernell O., Koletzko B., Lafeber H.N., Micheli J.L., Michaelson K.F., Rigo J., Szajewska H., Weaver L.T. 2003. Nondigestible carbohydrates in the diets of infants and young children: a commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 36: 329-337
- Afshari R., Hosseini H., Khaksar R., Mohammadifar M.A., Amiri Z., Komeili R., Khaneghah A.M. 2015. Investigation of the effects of inulin and β -glucan on the physical and sensory properties of low-fat beef burgers containing vegetable oils: optimisation of the formulation using D-optimal mixture design. *Food Technology and Biotechnology*, 53: 436-445
- Ahmad A., Anjum F.M., Zahoor T., Nawaz H., Raihan Dilshad S.M. 2012. Beta glucan: a valuable functional ingredient in foods. *Food Science and Nutrition*, 52: 201-212
- Ahmad D., Anjum F.M., Zahoor T., Nawaz H. 2009. Extraction and utilization of barley β -glucan for the preparation of functional beverage. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11: 737-740
- Alves da Cunha M.A., Albornoz S.L., Queiroz Santos V.A., Sanchez W.N., Barbosa-Dekker A.M., Dekker R.F.H. 2017. Structure and biological functions of D-glucans and their applications. *Studies in Natural Products Chemistry*, 53: 309-377
- Brennan C.S., Cleary L.J. 2005. The potential use of cereal (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*, 42:1-13
- Chawla R., Patil G.R. 2010. Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 178-196
- Cui S.W., Wu Y., Ding H. 2013. The range of dietary fibre ingredients and a comparison of their technical functionality. V: *Fibre - rich and wholegrain foods: improving quality*. Delcour J., Poutanen K. (eds.). Cambridge, Woodhead Publishing Limited: 96-119
- Cui S.W., Nie S., Roberts K.T. 2011. Functional properties of dietary fiber. *Reference Module in Life Sciences*, 4: 517-525
- Dhingra D., Michael M., Rajput H., Patil R.T. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49: 255-266
- Drabinska N., Zielinski H., Krupa-Kozak U. 2016. Technological benefits of inulin-type fructans application in gluten-free products - review. *Trends in Food Science and Technology*, 56: 149-157
- EFSA. 2010. Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8, 3: 77 str.
- Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. 2011. Dietary fibre an fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*, 124: 411-421

- Flutto L. 2003a. Pectin - properties and determination. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol. 7. 2nd ed. Caballero B., Trugo L., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 4440-4449
- Flutto L. 2003b. Pectin-food use. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol. 7. 2nd ed. Caballero B., Trugo L., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 4449-4456
- Garcia M.L., Cáceres E., Selgas M.D. 2006. Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 1207-1215
- Golob T., Bertonec J., Korošec M. 2012. Pomen prehranske vlaknine v prehrani človeka. *Acta Agriculturae Slovenica*, 99: 201-211
- Gray J. 2006. Dietary fibre: definition, analysis, physiology and health. Brussels, International Life Sciences Institute (ILSI) Europe: 44 str.
- Guleria P., Kamari S., Dangi N. 2015. β -glucan: health benefits and role in food industry - a review. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering*, 8: 255-263
- Guillon F., Champ M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33: 233-245
- Havrlentova M., Petrulakova Z., Burgarova A., Gago F., Hlinkova A., Šturdik E. 2011. Cereal β -glucans and their significance for the preparation of functional foods - a review. *Czech Journal of Food Science*, 29: 1-14
- Hyun Jung K., Hyun-Dong P. 2012. Functionality and application of dietary fiber in meat products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32: 695-705
- Inštitut za nutricionistiko. 2016. Prehranske vlaknine: nacionalni portal o hrani in prehrani. Ljubljana, Inštitut za nutricionistiko: 2 str.
<http://prehrana.si/sestavine-zivil/prehranske-vlaknine> (junij, 2017)
- Kelly G. 2008. Inulin-type prebiotics-a review: part 1. *Alternative Medicine Review*, 13: 315-329
- Kamal-Eldin A., Nygaard Laerke H., Bach Knudsen K.E., Lampi A.M., Piironen V., Adlercreutz H., Katina K., Poutanen K., Aman, P. 2009. Physical, microscopic and chemical characterisation of industrial rye and wheat brans from the nordic countries. *Food and Nutrition Research*, 53, doi: 10.3402/fnr.v53i0.1912: 11 str.
- Kim H.W., Miller D.K., Lee Y.J., Brad Kim Y.H. 2016. Effects of soy hull pectin and insoluble fiber on physicochemical and oxidative characteristics of fresh and frozen/thawed beef patties. *Meat Science*, 117: 63-67
- Kip P., Meyer D., Jellema R.H. 2006. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *International Dairy Journal*, 16: 1098-1103
- Lazaridou A., Biliaderis C.G. 2007. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality. Physical properties, technological applications and physiological effects. *Journal of Cereal Science*, 46: 101-118
- Maghydah S., Obeidat B., Ajo R. 2013. Enhancing the nutritional value of gluten-free cookies with inulin. *Journal of Food Science and Technology*, 5: 866-870

- Mastromatteo M., Iannetti M., Civica V., Sepielli G., Del Nobile M.A. 2012. Effect of the inulin addition on the properties of gluten free pasta. *Food and Nutrition Sciences*, 3: 22-27
- Mehta N., Ahlawat S.S., Sharma D.P., Dabur R.S. 2015. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products-a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2: 633-647
- Meyer D., Bayari S., Tarrega A., Costell E. 2011. Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25: 1881-1890
- Naqash F., Masoodi F.A., Ahmad Rather S., Wani S.M., Gani A. 2017. Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin - a review. *Carbohydrate Polymers*, 168: 227-239
- NIJZ. 2016. Referenčne vrednosti za energijski vnos ter vnos hranil. Ljubljana, Nacionalni inštitut za javno zdravje: 8 str.
http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/referencne_vrednosti_za_energijski_vnos_ter_vnos_hranil_obl.pdf (julij, 2017)
- Özboy Özbaz Ö., Ardic M. 2016. Dietary fibers as functional ingredients in meat products. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi Cilt*, 5: 184-189
- Pediatrična klinika. 2012. Navodilo pacientom - prehrana pri sladkorni bolezni. Ljubljana, Pediatrična klinika, Služba za dietoterapijo in bolniško prehrano: 11 str.
- Piñero M.P, Parra K., Huerta-Leidenz N., Arenas de Moreno L., Ferrer M., Araujo S., Barboza Y. 2008. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science*, 80: 675-680
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 29-53
- Rinaldi L., Rioux L.E., Britten M., Turgeon S.L. 2014. *In vitro* bioaccessibility of peptides and amino acids from yogurt made with starch, pectin, or β -glucan. *International Dairy Journal*, 46: 39-45
- Rodríguez R., Jiménez A., Fernández-Bolaños J., Guillén R., Heredia A. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 41-48
- Salobir J., Levart A., Korošec M. 2015. Prehranske in zdravstvene trditve v primeru maščob in prehranske vlaknine. V: *Hrana, prehrana in mediji*. 28. Bitenčevi živilski dnevi, Ljubljana 17. junij 2015. Korošec M., Polak T., Demšar L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 81-96
- Shoaib M., Shehzad A., Omar M., Rakha A., Raza H., Rizwan Sharif H., Shakeel A., Ansari A., Niazi S. 2016. Inulin: properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147: 444-454
- Teixeira Macagnan F., Picolli da Silva L., Hecktheuer H.L. 2016. Dietary fibre: the scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. *Food Research International*, 85: 144-154

- Tungland B.C., Meyer D. 2002. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3: 90-109
- Uredba (EU) št. 1169/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2011 o zagotavljanju informacij o živilih potrošnikom. Uradni list Evropske unije, L 304: 18-63
- Uredba komisije (EU) št. 432/2012 z dne 16. maja 2012 o seznamu dovoljenih zdravstvenih trditev na živilih, razen trditev, ki se nanašajo na zmanjšanje tveganja za nastanek bolezni ter na razvoj in zdravje otrok. Uradni list Evropske unije, L 136: 1-40
- Uredba komisije (ES) št. 1924/2006 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 20. decembra 2006 o prehranskih in zdravstvenih trditvah na živilih. Uradni list Evropske unije, L 404: 9-25
- Zhu F., Du B., Xu B. 2016. A critical review on production and industrial applications of beta-glucans. *Food Hydrocolloids*, 52: 275-288
- Zhu F., Du B., Bian Z., Xu B. 2015. Beta-glucans from edible and medicinal mushrooms: characteristics, physicochemical and biological activities. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41: 165-173
- Yangilar F. 2013. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1: 13-23