

# Utjecaj prehrambenih vlakana na metabolički sindrom

---

**Milanović, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:158387>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam**

**Ana Milanović**  
0131094325

**UTJECAJ PREHRAMBENIH VLAKANA NA  
METABOLIČKI SINDROM**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Osnove dijetoterapije

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Martina Bituh

**Zagreb, 2023.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda  
Laboratorij za kemiju i biokemiju hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

## UTJECAJ PREHRAMBENIH VLAKANA NA METABOLIČKI SINDROM

Ana Milanović, 0131094325

### Sažetak:

Sve veća prevalencija pretilosti povećava učestalost metaboličkog sindroma koji povećava rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2. Metabolički sindrom se sastoji od nekoliko metaboličkih abnormalnosti – inzulinske rezistencije, dislipidemije, hipertenzije i abdominalne pretilosti. Prehrambena vlakna imaju niz pozitivnih učinaka na zdravlje i na komponente metaboličkog sindroma. Pregledom dostupne literature cilj ovog rada je bio utvrditi utjecaj prehrambenih vlakana na metabolički sindrom i na rizike vezane uz metabolički sindrom te donijeti zaključak o praktičnoj primjeni. Prehrambena vlakna pokazuju potencijalno djelovanje na povećanje sitosti, smanjenje dijastoličkog krvnog tlaka, smanjenje LDL kolesterola, povećanje osjetljivosti na inzulin, smanjenje vrijednosti glukoze natašte i postprandijalne razine glukoze. Posljedično smanjuju rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa tipa 2 i metaboličkog sindroma. Pri čemu netopljiva prehrambena vlakna iz cjelovitih žitarica pokazuju najveći učinak. Povećanjem unosa vlakana za 10 grama, smanjuje se rizik od metaboličkog sindroma za 11 %, ali unos veći od 30 grama dnevno nema dodatnih benefita.

**Ključne riječi:** prehrambena vlakna, metabolički sindrom, kardiovaskularne bolesti, dijabetes

**Rad sadrži:** 24 stranica, 6 slika, 3 tablica, 42 literaturnih navoda, 0 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Martina Bituh

**Datum obrane:** 14.7.2023.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
University undergraduate study Nutrition

Department of Food Quality Control  
Laboratory for Food Chemistry and Biochemistry

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Nutrition

### The Effect of Dietary Fiber on Metabolic Syndrome

Ana Milanović, 0131094325

#### Abstract:

The increasing prevalence of obesity increases the frequency of metabolic syndrome, which raises the risk of developing cardiovascular diseases and type 2 diabetes. Metabolic syndrome consists of several metabolic abnormalities, including insulin resistance, dyslipidemia, hypertension, and abdominal obesity. Dietary fibers have a range of positive effects on health and components of metabolic syndrome. Through a review of available literature, the aim of this study was to determine the influence of dietary fibers on metabolic syndrome and the associated risks, as well as to draw conclusions about practical applications. Dietary fibers demonstrate potential effects in increasing satiety, reducing diastolic blood pressure, lowering LDL cholesterol, improving insulin sensitivity, decreasing fasting glucose and postprandial glucose levels. Consequently, they reduce the risk of developing cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and metabolic syndrome, with insoluble dietary fibers from whole grains showing the greatest effect. Increasing fiber intake by 10 grams reduces the risk of metabolic syndrome by 11%, but intake greater than 30 grams has no additional benefits.

**Keywords:** dietary fibre, metabolic syndrome, cardiovascular diseases, diabetes

**Thesis contains:** 24 pages, 6 figures, 3 tables, 42 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** Martina Bituh, PhD, Associate Professor

**Thesis defended:** 14.7.2023.

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. METABOLIČKI SINDROM .....	2
2.1.1. RAZLIČITE DEFINICIJE I DIJAGNOSTIKA	2
2.2. PREHRAMBENA VLAKNA.....	7
2.2.1. DEFINICIJA	7
2.2.2. IZVORI VLAKANA I PODJELA	8
2.2.3. KEMIJSKA STRUKTURA I SVOJSTVA PREHRAMBENIH VLAKANA	9
2.2.4. PREHRAMBENE I ZDRAVSTVENE TVRDNJE	11
2.3. PREHRAMBENA VLAKNA I METABOLIČKI SINDROM .....	13
2.3.1. PREHRAMBENA VLAKNA I PRETILOST	13
2.3.2. PREHRAMBENA VLAKNA I HIPERTENZIJA	15
2.3.3. PREHRAMBENA VLAKNA I DISLIPIDEMIJA	16
2.3.4. PREHRAMBENA VLAKNA I INZULINSKA REZISTENCIJA	17
2.3.5. PREHRAMBENA VLAKNA I RIZIK OD KARDIOVASKULARNIH BOLESTI, DIJABETESA TIPA 2 I METABOLIČKOG SINDROMA	18
3..... ZAKLJUČCI .....	20
4..... POPIS LITERATURE .....	21

## 1. UVOD

Sve veća učestalost pretilosti u svijetu povećava i rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa tipa 2 i metaboličkog sindroma. Metabolički sindrom također povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2, a sastoji se od nekoliko poremećaja – inzulinske rezistencije, dislipidemije, hipertenzije i abdominalne pretilosti (Falahi i sur., 2015; Medanić i Pucarín-Cvetković, 2013). S obzirom na rastuće stope pretilosti, ne čudi da je široko prisutan i da zahvaća otprilike 20 do 30 % populacije srednje i starije dobi (Medanić i Pucarín-Cvetković, 2013). Opće poznato je da je unos cjelovitih žitarica, voća i povrća neophodan za održavanje zdravlja. Iznimno važna komponenta ovih skupina hrane su vlakna koja povoljno utječu na probavu, razine LDL kolesterola u krvi te regulaciju glukoze (EFSA Panel on Dietetic Products, 2010). S obzirom na dobrobiti koje nude prehrambena vlakna, može se donijeti pretpostavka o njihovom mogućem pozitivnom učinku na metabolički sindrom te je cilj ovog rada pronaći u dostupnoj literaturi utjecaj vlakana na metabolički sindrom i potencijalne mehanizme djelovanja te posljedično i učinak na rizik od kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Metabolički sindrom

#### 2.1.1. Različite definicije i dijagnostika

Metabolički sindrom (MetS) nije jedna bolest, već predstavlja kompleksan poremećaj koji se sastoji od nekoliko metaboličkih abnormalnosti koje se javljaju skupa i povećavaju rizik od kardiovaskularnih oboljenja i dijabetesa tipa 2 (Falahi i sur., 2015; Alberti i sur., 2006). Ovi čimbenici rizika obuhvaćaju centralnu pretilost, inzulinsku rezistenciju, dislipidemiju i hipertenziju. Postoji nekoliko definicija ovog sindroma, a samim time postoje razlike u dijagnosticiranju i prevalenciji ovog sindroma prema svakoj (Falahi i sur., 2015). Definicije koje nude Međunarodna federacija za dijabetes (engl. *IDF – International Diabetes Federation*) i američki Nacionalni program edukacije o kolesterolu (engl. *NCEP – National Cholesterol Education Program*) predstavljaju najčešće korištene definicije (Kassi i sur., 2011). Prvu definiciju dala je Svjetska zdravstvena organizacija (engl. *WHO – World Health Organization*) i prema njoj da bi se dijagnosticirao metabolički sindrom potrebno je utvrditi prisutnost oštećenje tolerancije glukoze natašte (engl. *IGF – Impared Fasting Glucose*), oštećenje tolerancije glukoze postprandijalno (engl. *IGT – Impared Glucose Tolerance*) ili šećerne bolesti i/ili inzulinske rezistencije uz prisutnost dva ili više dodatnih rizičnih čimbenika. Rizični čimbenici koje WHO navodi kao relevantne za dijagnostiku su:

1. Poremećena regulacija glukoze ili šećerna bolest,
2. Inzulinska rezistencija (u uvjetima hiperinzulinemije i euglikemije, unos glukoze ispod najnižeg kvartila za populaciju koja se ispituje),
3. Hipertenzija ( $\geq 140/90$  mmHg),
4. Povišeni trigliceridi u plazmi ( $\geq 1,7$  mmol L<sup>-1</sup> ; 150 mg dL<sup>-1</sup>) i/ili nizak HDL kolesterol ( $< 0,9$  mmol L<sup>-1</sup> , 35 mg dl<sup>-1</sup> muškarci;  $< 1,0$  mmol L<sup>-1</sup> , 39 mg dL<sup>-1</sup> žene),
5. Centralna pretilost (omjer struka i bokova  $> 0,9$  za muškarce, odnosno  $> 0,85$  za žene) i/ili indeks tjelesne mase (ITM)  $> 30$  kg m<sup>-2</sup> i
6. Mikroalbuminurija (brzina urinarnog izlučivanja albumina  $\geq 20$   $\mu$ g min<sup>-1</sup> ili omjer albumin : kreatinin  $\geq 30$  mg g<sup>-1</sup>) (World Health Organization, 1999).

Osim navedenih, opisani su još neki čimbenici rizika, ali nisu nužni za dijagnosticiranje (World Health Organization, 1999). WHO je dao prvu službenu definiciju metaboličkog sindroma, a nakon nje slijedi definicija koju predlaže Europska grupa za istraživanje inzulinske rezistencije (engl. *EGIR – European Group for the Study of Insulin Resistance*) (Ortner Hadžiabdić, 2015). Definicija koju predlaže EGIR zahtijeva prisutnost hiperinzulinemije natašte te barem dva od sljedećih kriterija:

1. Omjer struka  $\geq 94$  cm (muškarci), odnosno  $\geq 80$  cm (žene),
2. Krvni tlak  $\geq 140/90$  mmHg ili prisutnu terapiju za hipertenziju,
3. Trigliceridi  $> 2,0$  mmol/L ili HDL-c  $< 1,0$  mmol/L ili prisutna terapija za dislipidemiju,
4. Glukoza natašte  $> 6,1$  mmol/L, ali bez dijabetesa,
5. Prisutnost hiperinzulinemije natašte (tj. u najviših 25 % nedijabetičke populacije) (Ortner Hadžiabdić, 2015).

Američki Nacionalni program obrazovanja o kolesterolu Panel liječenja za odrasle III (engl. *NCEP ATP III – National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III*) također donosi svoju definiciju metaboličkog sindroma i to 2001. godine. Ta se definicija razlikuje od prethodnih jer glikemija nije u središtu, već je njena važnost izjednačena s ostalim faktorima (Alberti i sur., 2006). Prema definiciji NCEP ATP III, za dijagnozu je potrebno ispuniti tri ili više sljedećih kriterija:

1. Opseg struka  $\geq 102$  cm (muškarci),  $> 88$  cm (žene),
2. Krvni tlak  $> 130/85$  mmHg ili prisutna terapija za hipertenziju,
3. Trigliceridi  $\geq 1,7$  mmol/L,
4. HDL-c  $< 1,0$  mmol/L (muškarci),  $< 1,3$  mmol/L (žene),
5. Glukoza natašte  $\geq 6,1$  mmol/L (Ortner Hadžiabdić, 2015).

Ove tri definicije metaboličkog sindroma su bile najšire prihvaćene, ali razvila se potreba za jedinstvenom definicijom te je IDF odlučio ponuditi svoju definiciju koja bi olakšala kliničku praksu i bila univerzalno prihvaćena kako bi omogućila međusobnu usporedivost istraživanja koja nije bila moguća pri korištenju različitih definicija (Alberti i sur., 2006). Definicija koju daje Međunarodna federacija za dijabetes, za razliku od definicije koju je dala Svjetska zdravstvena organizacija, ne sadrži inzulinsku rezistenciju kao obavezni kriterij već centralnu



pretilost (Ortner Hadžiabdić, 2015). Kriteriji IDF-a, osim obaveznog kriterija centralne pretilosti (tablica 1), za dijagnozu podrazumijevaju i 2 ili više sljedećih čimbenika (Alberti i sur., 2006):

1. Trigliceridi  $\geq 1,7$  mmol/L (150 mg/dL) ili prisutna specifična terapija za ovu lipidnu abnormalnost
2. HDL kolesterol  $< 1,03$  mmol/L (40 mg/dL) muškarci;  $< 1,29$  mmol/L (50 mg/dL) žene ili prisutna terapija za dislipidemiju
3. Krvi tlak  $\geq 130/85$  mm Hg ili prisutna terapija za hipertenziju
4. Glukoza natašte  $\geq 5,6$  mmol/L ili prethodno dijagnosticiran dijabetes tipa 2

**Tablica 1.** Specifične vrijednosti opsega struka (prema Alberti i sur., 2006)

Država/etnička skupina		Opseg struka
Europljani	muškarci	$\geq 94$ cm
	žene	$\geq 80$ cm
Južni Azijati	muškarci	$\geq 90$ cm
	žene	$\geq 80$ cm
Kinezi	muškarci	$\geq 90$ cm
	žene	$\geq 80$ cm
Japanci	muškarci	$\geq 90$ cm
	žene	$\geq 85$ cm
Etnički južni i centralni Amerikanci		Koriste se preporuke za južne Azijate, dok ne budu dostupni precizniji podaci
Subsaharski Afrikanci		Koriste se preporuke za Europljane, dok ne budu dostupni precizniji podaci
Narodni istočnog Mediterana i Bliskog istoka (Arapi)		Koriste se preporuke za Europljane, dok ne budu dostupni precizniji podaci

Zatim 2009. godine dolazi do dogovora između Međunarodne federacije za dijabetes i Američkog društva za srce/Instituta za srce, pluća i krv (*engl. AHA/NHLBI – American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute*) te donose zajedničku definiciju metaboličkog sindroma. Prema toj definiciji za dijagnozu metaboličkog sindroma je potrebno ispuniti tri ili više od ukupno pet kriterija, bez pretilosti kao obaveznog kriterija – pretilost je i dalje prisutna kao kriterij, ali je važnost za dijagnostiku izjednačena s ostalim kriterijima. Kriteriji zajedničke definicije IDF-a i AHA/NHLBI:

1. Povećan opseg struka – specifično za etničku pripadnost i državu (tablica 2),
5. Povišeni trigliceridi  $\geq 1,7$  mmol/L (150 mg/dL) ili prisutna farmakoterapija za povišene trigliceride,
6. HDL kolesterol  $< 1,0$  mmol/L (40 mg/dL) muškarci;  $< 1,3$  mmol/L (50 mg/dL) žene ili prisutna farmakoterapija za sniženi HDL kolesterol,
7. Krvi tlak  $\geq 130/85$  mm Hg ili prisutna farmakoterapija za hipertenziju,
8. Glukoza natašte  $\geq 100$  mg/dL ili prisutna farmakoterapija za povišene razine glukoze.

Ukoliko se vodimo ovim kriterijima, metabolički sindrom bi se mogao dijagnosticirati većini pacijenata koji boluju od dijabetesa, što odgovara činjenici da su osobe s dijabetesom izložene većem dugoročnom riziku od obolijevanja od kardiovaskularnih bolesti. Stoga je moguće zaključiti kako je nužno svakog pacijenta oboljelog od dijabetesa, koji ima i neki drugi metabolički rizični čimbenik, potaknuti na promjenu životnih navika (uz lijekove po potrebi) kako bi se mogao smanjiti taj rizik (Alberti i sur., 2009).

Nažalost, zbog sve veće prevalencije pretilosti, javila se potreba za definiranjem kriterija dijagnostike metaboličkog sindroma kod djece. Stoga je 2007. godine izdana definicija i za djecu, pri čemu je napravljena podjela na tri dobne skupine – djeca 6 do 10 godina, 10 do 16 godina i 16 i više (Ortner Hadžiabdić, 2015).

Pregledom ovih nekoliko definicija možemo zaključiti kako se metabolički sindrom sastoji od različitih, ali ipak međusobno povezanih, metaboličkih poremećaja koji uključuju abdominalnu

pretilost, hipertenziju, dislipidemiju i inzulinsku rezistenciju.

**Tablica 2.** Granične vrijednosti centralne pretilosti po opsegu struka, etičnoj pripadnosti i spolu prema različitim organizacijama (prema Alberti i sur., 2009)

Etnička pripadnost	Organizacija	Granične vrijednosti opsega struka	
Europid	IDF	≥94 cm	≥80 cm
Bijelci	WHO	≥94 cm (povećan rizik)	≥80 cm (povećan rizik)
		≥102 cm (i dalje veći rizik)	≥88 cm (i dalje veći rizik)
Sjedinjene Američke države	AHA/NHLBI (ATP III)*	≥102 cm	≥88 cm
Kanada	<i>Health Canada</i>	≥102 cm	≥88 cm
Europljani	Europsko kardiološko društvo	≥102 cm	≥88 cm
Azijati (uključujući Japance)	IDF	≥90 cm	≥80 cm
Azijati	WHO	≥90 cm	≥80 cm
Japanci	<i>Japanese Obesity Society</i>	≥85 cm	≥90 cm
Kina	<i>Cooperative Task Force</i>	≥85 cm	≥80 cm
Bliski istok East, Mediteran	IDF	≥94 cm	≥80 cm
Subsaharski Afrikanci	IDF	≥94 cm	≥80 cm
Etnički južni i centralni Amerikanci	IDF	≥90 cm	≥80 cm

\*Nedavne smjernice AHA/NHLBI za metabolički sindrom prepoznaju povećan rizik od kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa kod opsega struka ≥94 cm za muškarce i ≥80 cm za žene te ih identificiraju kao opcionalne granične vrijednosti za pojedince ili populacije s povećanom inzulinskom rezistencijom (Grundy i sur., 2005)

## 2.2. Prehrambena vlakna

### 2.2.1. Definicija

Postoji nekoliko definicija prehrambenih vlakana i one se nadopunjuju i mijenjaju kroz vrijeme. U Republici Hrvatskoj je 2008. godine prema Pravilniku o navođenju hranjivih vrijednosti hrane bila navedena sljedeća definicija: „vlakna podrazumijevaju frakciju jestivog dijela biljaka ili njihovih ekstrakata koja su otporna na probavu i apsorpciju u tankom crijevu“ (Pravilnik, 2008). A 2011. godine Uredba Europske unije br. 1169/2011 vlakna definira kao „polimere ugljikohidrata s tri ili više monomernih jedinica koji nisu probavljivi niti se apsorbiraju u tankom crijevu i dijeli ih u tri kategorije:

- jestivi polimeri ugljikohidrata koji su prirodno prisutni u hrani,
- jestivi polimeri ugljikohidrata koji su dobiveni iz sirove hrane fizikalnim, enzimskim ili kemijskim postupkom i koji imaju koristan fiziološki učinak za koji postoje općeprihvaćeni znanstveni dokazi,
- jestivi sintetski polimeri ugljikohidrata koji imaju koristan fiziološki učinak za koji postoje općeprihvaćeni znanstveni dokazi“ (Uredba, 2011).

Već u samoj definiciji koju daje Uredba Europske unije naglašen je pozitivan učinak vlakana na zdravlje i upravo ta definicija je ona koja trenutno vrijedi i u Republici Hrvatskoj.

Europska agencija za sigurnost hrane (engl. *EFSA – The European Food Safety Authority*) također donosi svoju definiciju koja glasi „vlakna su definirana kao neprobavljivi ugljikohidrati plus lignin“. Glavno obilježje prehrambenih vlakana je otpornost na hidrolizu i apsorpciju u tankom crijevu te od prolaska kroz probavni sustav do ulaska u debelo crijevo ostaju nepromijenjena. Tek ih bakterije u debelom crijevu fermentiraju, a neke tvari koje nastaju fermentacijom mogu utjecati na metabolizam nekih nutrijenata. Osim mogućeg utjecaja na metabolizam, prehrambena vlakna utječu i na sastav crijevne mikroflore te možemo reći kako vlakna posjeduju i prebiotičku funkciju (EFSA Panel on Dietetic Products, 2010).

## 2.2.2. Izvori vlakana i podjela

Panel Europske agencije za sigurnost hrane prehrambena vlakna dijeli na nekoliko skupina:

- neškrobne polisaharide (NSP) – celulozu, hemiceluloze, pektine, hidrokoloide (tj. gume, sluzi,  $\beta$ -glukane),
- rezistentne oligosaharide – frukto-oligosaharide (FOS), galakto-oligosaharide (GOS), ostale rezistentne oligosaharide,
- rezistentni škrob – koji se sastoji od fizički zatvorenog škroba, nekih vrsta sirovih škrobnih granula, retrogradirane amiloze, kemijski i/ili fizički modificiranih škrobova
- lignin povezan s polisaharidima prehrambenih vlakana (EFSA (European Food Safety Authority), 2007).

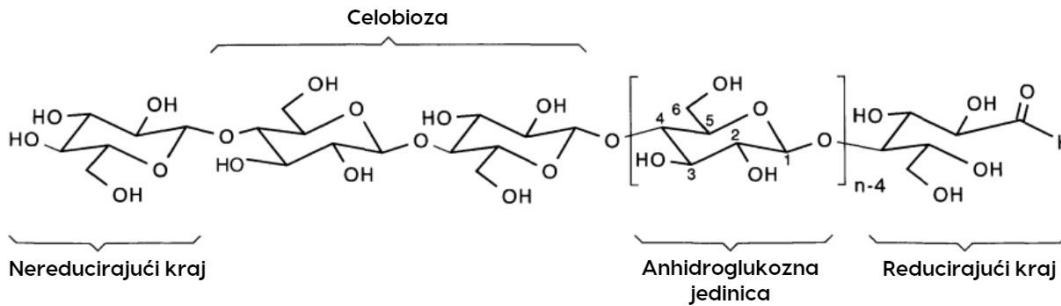
Često spominjana kategorizacija prehrambenih vlakana je na topljiva i netopljiva. Većina prirodno prisutne hrane bogate vlaknima sadrži i topljiva i netopljiva vlakna, ali načelno topljiva vlakna se nalaze u voću i povrću, a netopljiva u cjelovitim žitaricama (Weickert i Pfeiffer, 2018). Unatoč tome što se i u istraživanjima nerijetko koristi takva podjela, preporuča se izbjeći njeno korištenje budući da topljivost ovisi o korištenoj metodi i ne predstavlja uvijek dobar pokazatelj fizioloških karakteristika (EFSA (European Food Safety Authority), 2007; FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization), 1998).

Vlakna je moguće diferencirati i na prehrambena, funkcionalna i ukupna, pri čemu prehrambena vlakna predstavljaju „neprobavljive ugljikohidrate i lignin koji su intrinzični i netaknuti u biljkama“, a funkcionalna vlakna su „izolirani, neprobavljivi ugljikohidrati koji imaju povoljne fiziološke učinke na ljude“. Dok ukupna vlakna čine prehrambena i funkcionalna vlakna (Institute of Medicine, 2005).

Vlakna se nalaze u cjelovitim žitaricama, mahunarkama, voću, povrću i krumpirima te u orašastim plodovima i sjemenkama. Od čega se u žitaricama skupa nalaze celuloza i hemiceluloza, u proizvodima od cjelovitog zrna prevladava lignin, a velike količine topljivih, viskoznih polisaharida poput  $\beta$ -glukana i pektina, sadržane su u zobi i ječmu. U voću i povrću također prevladavaju topljivi, viskozni polisaharidi (EFSA Panel on Dietetic Products, 2010).

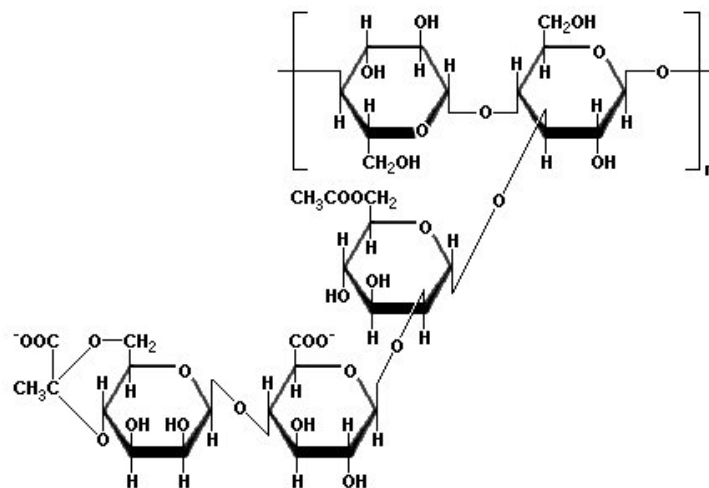
### 2.2.3. Kemijska struktura i svojstva prehrambenih vlakana

Celuloza se sastoji od linearno povezanih jedinica anhidroglukopiranozida  $\beta$ -(1,4)-vezama koje ljudski organizam ne može razgraditi jer nema potrebne enzime i zato je neprobavljiva. Osnovna jedinica je disaharid celobioza (slika 1). Glavna je sastavnica stanične stijenke i predstavlja otprilike jednu četvrtinu ukupnih vlakana u žitaricama u voću te jednu trećinu u povrću i orašastim plodovima (Institute of Medicine, 2005; Klemm i sur., 1998).



**Slika 1.** Molekularna struktura celuloze (prema Klemm i sur., 1998)

Hemiceluloze za razliku od celuloze ne sastoje se samo od linearno povezanih jedinica, nego mogu biti i razgranate (slika 2). Gradivne jedinice u hemicelulozama osim glukoze, mogu biti arbiozoza, manoza, ksiloza i galakturonska kiselina. Hemiceluloze predstavljaju grupu polisaharida te skupa s celulozom izgrađuju staničnu stijenku biljke. Čine otprilike jednu trećinu ukupnih vlakana u mahunarkama, orašastim plodovima, voću i povrću (Institute of Medicine, 2005).



**Slika 2.** Struktura hemiceluloze (Kulkarni i sur., 2012)

Pektini su topljivi u vodi i stvaraju viskozne otopine, struktura pektina se pretežno sastoji od ostataka  $\alpha$ -1,4-d-galakturonske kiseline. U voću i povrću se nalazi oko 5 do 10 % pektina, no on se često dodaje u džem zbog svojih svojstava stvaranja gela uz visoke količine šećera (Institute of Medicine, 2005).

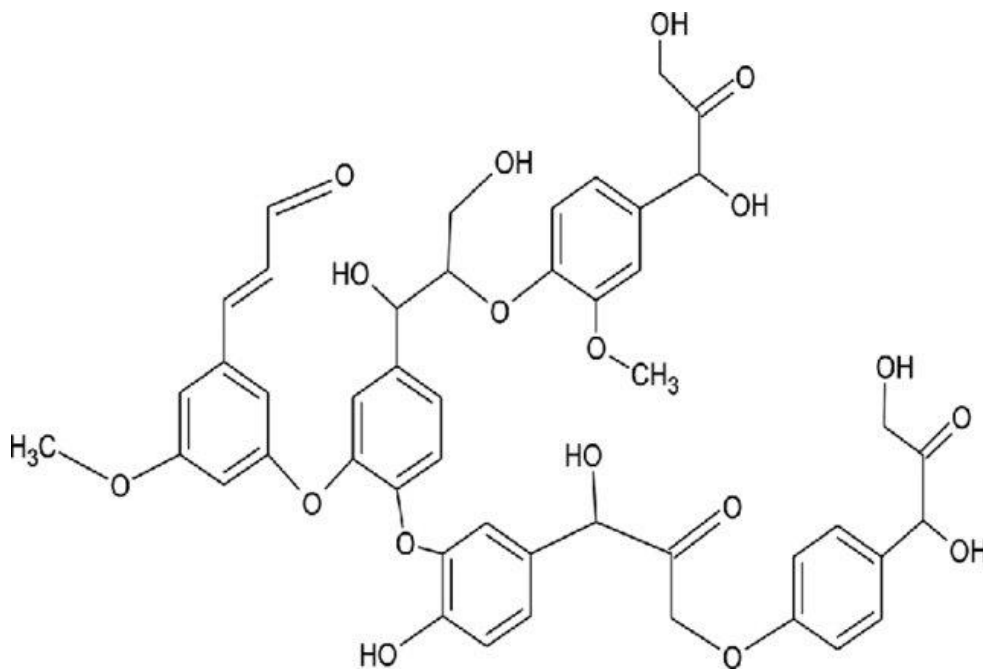
$\beta$ -glukani su neškrobni polisaharidi sastavljeni od razgranatih glukoznih jedinica povezanih  $\beta$ -vezama. Dio su struktura gljiva, algi i viših biljaka poput ječma i zobi. Postoje naznake da suplementacija  $\beta$ -glukanima smanjuje glikemijski odgovor (Institute of Medicine, 2005).

Inulin je polimer fruktoze vezane  $\beta$ -(2,1)-vezama, na čijim krajevima fruktoznih lanaca se nalazi molekula glukoze. Parcijalnom hidrolizom inulina nastaje oligofruktoza koja se razlikuje od inulina po manjem broju koju je skupa s inulinom moguće dobiti iz korijena cikorijske. Podliježu fermentaciji te potiču laksaciju i imaju povoljan učinak na lipidni profil. S obzirom na nedostatke metoda za određivanje vlakna, nije ih moguće utvrditi jednako kao druga vlakna nego je potrebno njihovu koncentraciju izmjeriti posebno (Vitali Čepo i Vedrina Dragojević, 2012; EFSA, 2007; Institute of Medicine, 2005).

Rezistentni škrob netopljiv i otporan na probavu u tankom crijevu te neprobavljen dolazi u debelo crijevu u kojem podliježe fermentaciji. U istraživanjima je uspostavljeno da rezistentni škrob dijeli karakteristike s vlaknima. Fermentacijom u debelom crijevu nastaju kratkolančane masne kiseline i organske kiseline s 1 do 6 ugljikovih atoma. Navedeni produkti fermentacije povoljno utječu na rad crijeva, osim toga kratkolančane masne kiseline djeluju kao prebiotici. Stoga rezistentni škrob potiče rast *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Eubacterium*, *Bacteroides*, *Enterobacter* i *Streptococcus*, a s druge strane inhibira rast sojeva *Escherichia coli*, *Clostridium difficile* te anaerobnih bakterija koje reduciraju sumpor i sulfat. Također, budući da ne izaziva lučenje visokih koncentracija inzulina, predstavlja dobru opciju u prehrani dijabetičara. U zapadnjačkoj prehrani otprilike 10 % škroba koji se konzumira je rezistentni škrob (Šubarić i sur., 2012; Institute of Medicine, 2005).

Lignin se nalazi u drvenastim dijelovima biljke i vezan je za prehrambena vlakna, ali nije ugljikohidrat. Razgranati je polimer koji se sastoji od fenilpropanoidnih jedinica (slika 3). Iako lignin ne ubrajamo u ugljikohidrate, budući da je vezan za prehrambena vlakna i utječe na njihove fiziološke učinke, ubrajamo ga u prehrambena vlakna ukoliko je očuvan u biljci. S

obzirom na pozitivne učinke na ljudski organizam kad je izoliran i dodanu u hranu, moglo bi ga se ubrojiti i u funkcionalna vlakna (Institute of Medicine, 2005).



Slika 3. Kemijska struktura lignina (Kulkarni i sur., 2012)

#### 2.2.4. Prehrambene i zdravstvene tvrdnje

Prehrambena tvrdnja označava tvrdnje o blagotvornim svojstvima hrane zbog njihova sastava, dok „zdravstvena tvrdnja znači svaka tvrdnja kojom se izjavljuje, sugerira ili naznačuje da postoji odnos između neke kategorije hrane, određene hrane ili jedne od njezinih sastavnica i zdravlja“ (Uredba, 2006). Kako proizvođači ne bi kupce dovodili u zabludu, prehrambene i zdravstvene tvrdnje koje se stavljaju na proizvode su zakonski regulirane. Što znači da moraju biti znanstveno dokazane da bi njihovo korištenje bilo dozvoljeno. U Uredbi (EZ) br. 1924/2006 postoje dvije prehrambene tvrdnje vezane za vlakna – visoko obogaćena vlaknima i izvor dijetalnih vlakana. Ako na proizvodu postoji tvrdnja da je visoko obogaćena vlaknima to znači da „taj proizvod sadrži najmanje 6 g vlakana na 100 g ili najmanje 3 g vlakana na 100 kcal“, a tvrdnja da je neki proizvod izvor dijetalnih vlakana „može se stavljati samo ako taj proizvod sadrži najmanje 3 g vlakana na 100 g ili najmanje 1,5 g vlakana na 100 kcal“ (Uredba, 2006). Odobrene zdravstvene je moguće naći u Uredbi Komisije (EU) br. 432/2012, a



zdravstvene tvrdnje vezane za vlakna su prikazane u tablici 3.

**Tablica 3.** Neke od odobrenih zdravstvenih tvrdnji (Uredba, 2012)

Hranjiva tvar, hrana ili kategorija hrane	Tvrdnja	Uvjeti korištenja tvrdnje
Arabinoksilan proizveden iz endosperma pšenice	Uzimanje arabinoksilana kao dijela obroka doprinosi smanjenju porasta glukoze u krvi nakon tog obroka	Tvrdnja se smije koristiti samo za hranu koja sadrži najmanje 8 g arabinoksilanom (AX) bogatih vlakana proizvedenih iz endosperma pšenice (s masenim udjelom od najmanje 60 % AX) na 100 g raspoloživih ugljikohidrata u količinski određenoj porciji kao dijelu obroka. Za korištenje tvrdnje potrošaču treba dati informaciju da se koristan učinak postiže uzimanjem arabinoksilanom (AX) bogatih vlakana proizvedenih iz endosperma kao dijela obroka.
Vlakna pšeničnih mekinja	Vlakna pšeničnih mekinja doprinose povećanju volumena stolice	Tvrdnja se smije koristiti samo za hranu koja je bogata ovim vlaknima kako je navedeno u tvrdnji BOGATO VLAKNIMA iz Priloga Uredbi (EZ) br. 1924/2006.
Vlakna pšeničnih mekinja	Vlakna pšeničnih mekinja doprinose ubrzanju prolaska crijevnog sadržaja	Tvrdnja se smije koristiti samo za hranu koja je bogata ovim vlaknima kako je navedeno u tvrdnji BOGATO VLAKNIMA iz Priloga Uredbi (EZ) br. 1924/2006. Za korištenje tvrdnje potrošaču treba dati informaciju da se učinak naveden u tvrdnji postiže dnevnim unosom najmanje 10 g vlakana pšeničnih mekinja
Vlakna raži	Vlakna raži doprinose normalnoj funkciji crijeva	Tvrdnja se smije koristiti samo za hranu koja je bogata tim vlaknima kako je navedeno u tvrdnji BOGATO VLAKNIMA iz Priloga Uredbi (EZ) br. 1924/2006.

**Tablica 3.** Neke od odobrenih zdravstvenih tvrdnji (Uredba, 2012) - *nastavak*

Hranjiva tvar, hrana ili kategorija hrane	Tvrdnja	Uvjeti korištenja tvrdnje
Vlakna zrna ječma	Vlakna zrna ječma doprinose povećanju volumena stolice	Tvrdnja se smije koristiti samo za hranu koja je bogata tim vlaknima kako je navedeno u tvrdnji VISOKOOBOGAĆENO VLAKNIMA iz Priloga Uredbi (EZ) br. 1924/2006
Vlakna zrna zobi	Vlakna zrna zobi doprinose povećanju volumena stolice	Tvrdnja se smije koristiti samo za hranu koja je bogata tim vlaknima, kako je navedeno u tvrdnji BOGATO VLAKNIMA iz Priloga Uredbi (EZ) br. 1924/2006.

### 2.3. Prehrambena vlakna i metabolički sindrom

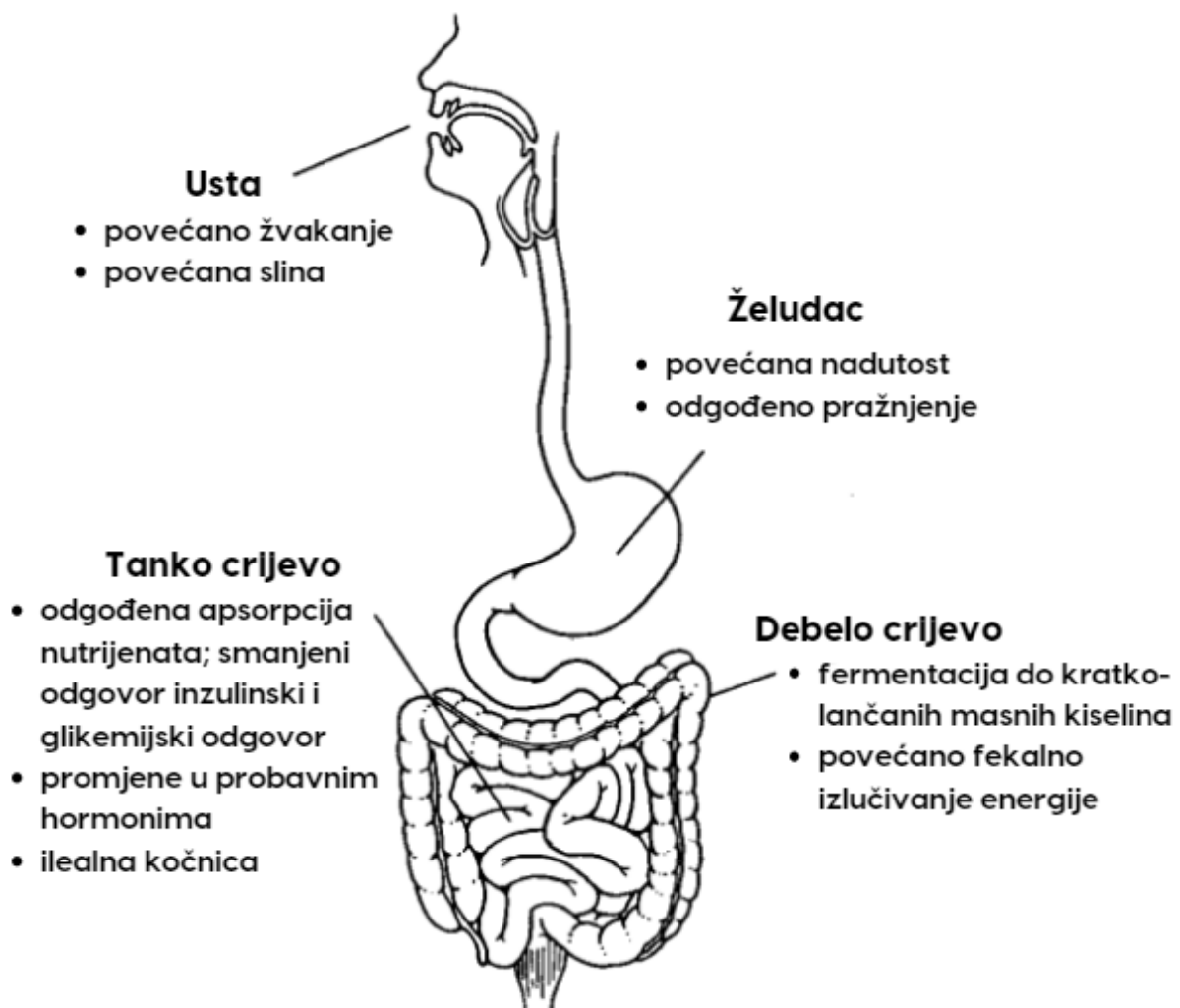
Budući da metabolički sindrom ne predstavlja jednu bolest, već se sastoji od pretilosti, hipertenzije, dislipidemije i problema s regulacijom glukoze, u nastavku rada prikazan je utjecaj prehrambenih vlakana na svaku komponentu zasebno.

#### 2.3.1. Prehrambena vlakna i pretilost

Istraživanja povezuju veći unos prehrambenih vlakana s nižim vrijednostima indeksa tjelesne mase, odnosno prehrana koja obiluje vlaknima je povezana sa smanjenom pojavom pretilosti (Barber i sur., 2020; Kromhout i sur., 2001). Osim niže prevalencije pretilosti kod pojedinaca s većim unosom vlakana, utvrđen je i utjecaj vlakana na smanjenje tjelesne mase, pri čemu je utjecaj veći kod pretilih pojedinaca i kod pojedinaca s dijabetesom i metaboličkim sindromom (Jovanovski i sur., 2020; Reynolds i sur., 2019).

Ova opažanja moguće je objasniti kroz nekoliko potencijalnih mehanizama (slika 4). Moguće je da vlakna utječu na povećanje sitosti time što produljuju vrijeme potrebno za žvakanje, a čime se luči više sline i želučane kiseline koje onda uzrokuju dodatno širenje želuca (Howarth

i sur., 2001; Heaton, 1973). Do širenja želuca, a time i stimulacije vagusnog živca koji potiče sitost, dolazi i zbog svojstva vlakana da vežu vodu i stvaraju viskozni gel te dolazi do povećanja volumena crijevnog sadržaja (O'Shea i sur., 2012; De Graaf i sur., 2004; Howarth i sur., 2001) Također, topljiva vlakna se povezuju s usporenim pražnjenjem želuca, što bi moglo utjecati na smanjenje osjećaja gladi odnosno povećanje osjećaja sitosti (Yu i sur., 2014; Howarth i sur., 2001).



**Slika 4.** Učinci vlakana u gastrointestinalnom traktu na parametre koji se odnose na regulaciju energije (prema Howarth i sur., 2001)

Ilealna kočnica se odnosi na mehanizam koji služi za kontrolu prolaska, probave i apsorpcije

nutrijenata i pokazalo se da utječe na smanjenje unosa hrane i povećanje osjećaja sitosti. Pretpostavlja se kako vlakna potiču aktivaciju ovog mehanizma odgađanjem apsorpcije makronutrijenata koja se zbog toga odvija u udaljenijim dijelovima tankog crijeva (Maljaars i sur., 2008; Howarth i sur., 2001; Van Citters i Lin, 1999). Apsorpcija masti i proteina se smanjuje kad su prisutna vlakna te je moguće da se na taj način postiže smanjen unos energije te to rezultira boljom kontrolom tjelesne mase (Howarth i sur., 2001).

### **2.3.2. Prehrambena vlakna i hipertenzija**

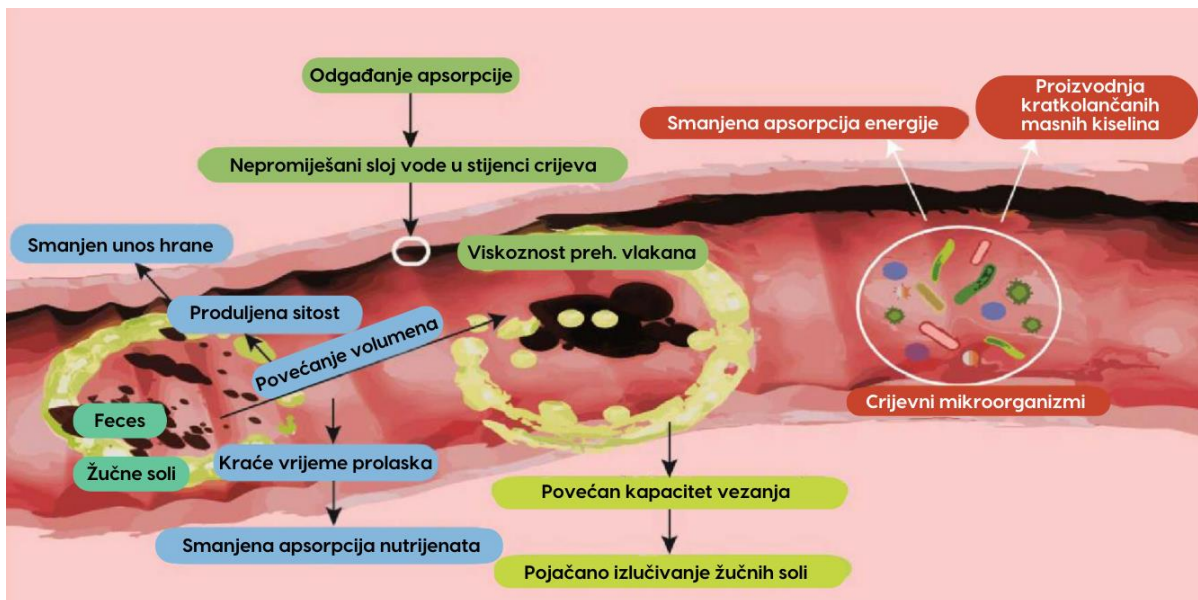
U meta-analizi iz 2005. godine koja se sastojala od 24 randomizirana kontrolirana istraživanja (engl. *randomized controlled trial*), bilo je uključeno ukupno 1404 ispitanika i utvrđen je utjecaj prehrambenih vlakana na smanjenje dijastoličkog krvnog tlaka pri čemu je utjecaj bio značajniji za populaciju stariju od 40 godina (Streppel i sur., 2005). I u preglednom članku iz 2016. godine je utvrđeno da je povećanje unosa vlakana statistički značajno za dijastolički, ali ne i sistolički krvni tlak (Hartley i sur., 2016).

Nije u potpunosti razjašnjeno kako prehrambena vlakna utječu na smanjenje krvnog tlaka, ali postoji nekoliko pretpostavki. Kao što je već ranije spomenut utjecaj vlakana na probavu i apsorpciju hrane, zbog čega dolazi do smanjenja tjelesne mase koja je rizični faktor za hipertenziju (Whelton i sur., 2005). Sve je uočljivija isprepletenost i međusobna povezanost poremećaja koje uključuje metabolički sindrom. Prehrambena vlakna smanjuju i inzulinsku rezistenciju (Whelton i sur., 2005) koja bi mogla biti odgovorna za razvoj hipertenzije (Muscelli i sur., 1990).

U još jednoj novijoj meta-analizi i sustavnom pregledu iz 2022. godine, potvrđen je pozitivan utjecaj povećanja unosa vlakana na hipertenziju. U radu se raspravljaju još neki potencijalni mehanizmi djelovanja prehrambenih vlakana na krvni tlak, kao što je učinak na smanjenje LDL kolesterola i triglicerida čime se poboljšava elastičnost krvnih žila i smanjuje vaskularni otpor. Također, navodi se kako je veći unos vlakana poboljšao osjetljivost na inzulin u ovom i prethodnim istraživanjima, pri čemu se vjeruje da osjetljivost na inzulin ima ulogu u endotelnoj disfunkciji i hipertenziji (Reynolds i sur., 2022).

### 2.3.3. Prehrambena vlakna i dislipidemija

U smjernicama, koje su 2019. godine izdane od strane Europskog kardiološkog društva (engl. *ESC – European Society of Cardiology*) i Europskog društva za aterosklerozu (engl. *EAS – European Atherosclerosis Society*) za liječenje dislipidemije, posebnu važnost se pridaje smanjenju razina LDL kolesterola budući da visoke razine LDL kolesterola igraju bitnu ulogu u razvoju aterosklerotskih kardiovaskularnih bolesti, spominju se i prehrambena vlakna, a učinak koji ima povećanje njihova unosa na smanjenje ukupnog i LDL kolesterola procjenjuje se na 5 - 10 % (Mach i sur., 2020). Postoji nekoliko različitih načina na koje prehrambena vlakna utječu na promjenu razina lipida (slika 5). Vlakna se vežu sa žučnim kiselinama i tako smanjuju apsorpciju kolesterola iz hrane i povećavaju izlučivanje žučnih kiselina (u čijoj sintezi sudjeluje kolesterol i koje predstavljaju glavni mehanizam uklanjanja kolesterola iz organizma).



**Slika 5.** Potencijalni pozitivni učinci tipičnih prehrambenih vlakana na lipidni profil (prema Nie i Luo, 2021)

Zahvaljujući vezanju vode, stvaranju viskoznog gela i povećanju volumena fekalne mase smanjuju apsorpciju šećera i lipida, ovim smanjenjem razina glukoze u krvi nakon obroka, smanjeno je i lučenje inzulina što bi moglo pomoći u smanjenju jetrene sinteze kolesterola koju inzulin stimulira (Nie i Luo, 2021). Već spomenuti utjecaj vlakana na produljeni osjećaj sitosti

rezultira smanjenim unosom kolesterola putem hrane te doprinosi smanjenju razina kolesterola (van Bennekum i sur., 2005). Fermentacija kojoj podliježu vlakna u debelom crijevu također predstavlja potencijalni mehanizam snižavanja vrijednosti lipida. Bakterijskom fermentacijom nastaju kratkolančane masne kiseline koje stimulirajući lučenje hormona *glucagon-like peptide-1* (GLP-1) i peptida YY (PYY) mogle dodatno potaknuti osjećaj sitosti, a inhibicijom HMG-CoA reduktaze smanjiti sintezu kolesterola (Nie i Luo, 2021).

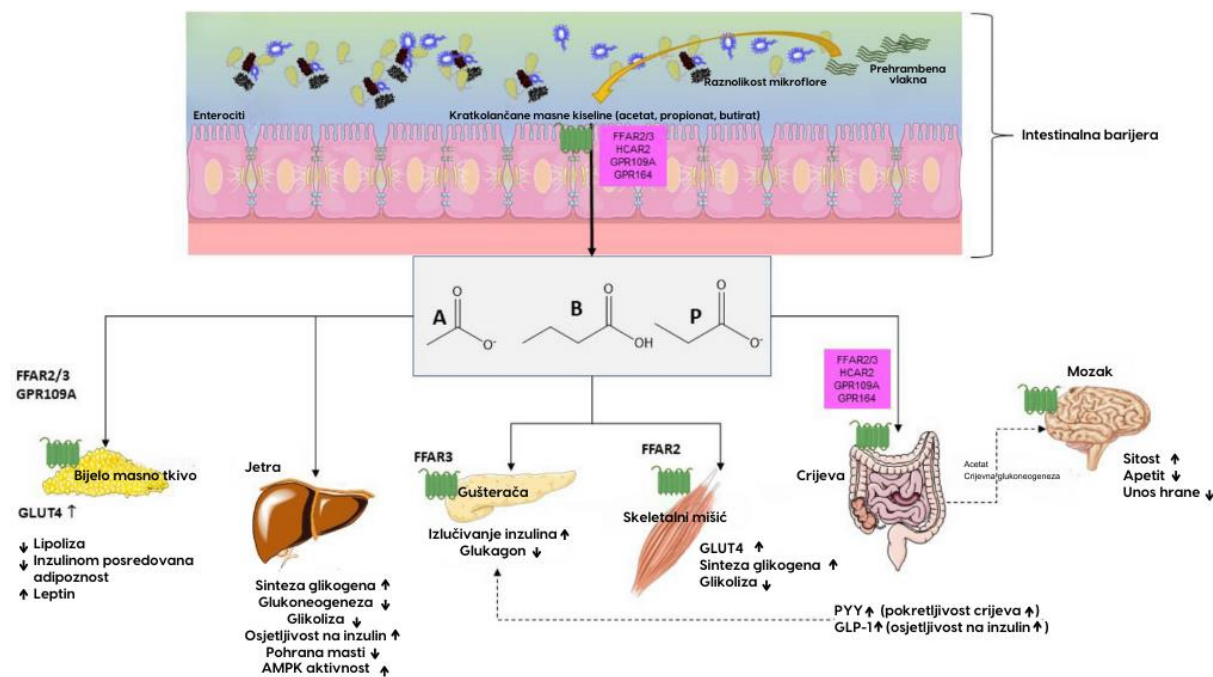
#### **2.3.4. Prehrambena vlakna i inzulinska rezistencija**

Pokazalo se da je moguće smanjiti inzulinsku rezistenciju i značajno umanjiti rizik od nastanka dijabetesa tipa 2, za otprilike 20 - 30 %, prehranom kojom se unosi više od 30 grama netopljivih vlakana žitarica dnevno ili više od 30 - 40 grama integralnih proizvoda bogatih vlaknima dnevno (Weickert i Pfeiffer, 2018). Autori napominju kako nije sasvim sigurno da su uzrok smanjenom riziku zaista vlakna, a ne neka druga komponenta integralnih žitarica ili izostanak nekog nutrijenta u hrani koju integralne žitarice zamjenjuju (Weickert i Pfeiffer, 2018).

U preglednom članku objavljenom 2022. godine autori na temelju pregleda literature zaključuju kako postoje istraživanja koja povezuju prehranu bogatu vlaknima s povećanom inzulinskom osjetljivošću te smanjenim vrijednostima glukoze natašte i postprandijalne glukoze (Portincasa i sur., 2022). Budući da je inzulinska rezistencija povezana s pretilošću, jedan od mogućih mehanizama utjecaja prehrambenih vlakana na smanjenje inzulinske rezistencije je kroz regulaciju tjelesne mase što je već ranije spomenuto. Nadalje, zbog svojih svojstava stvaranja viskoznog gela, topljiva vlakna dovode do smanjene apsorpciju glukoze te posljedično snižavaju vrijednosti glukoze u krvi nakon obroka (Weickert i Pfeiffer, 2018).

Dolazimo do još jednog potencijalnog mehanizma kojim prehrambena vlakna utječu na metabolizam glukoze, a to je fermentacija vlakana u debelom crijevu (slika 6). Fermentacijom vlakana nastaju već spomenute kratkolančane masne kiseline koje su stimulatori hormona PYY i GLP-1 potiče izlučivanje inzulina čime se može regulirati koncentracija glukoze u krvi. Izuzev toga, kratkolančane kiseline nastale fermentacijom mogu smanjiti brzinu jetrene glikolize i glukoneogeneze te povećati brzinu sinteze glikogena i oksidaciju dugolančanih masnih kiselina. Povećavaju aktivnom glukoznog transportera GLUT4 i AMP kinaze (AMPK)

čime se postiže bolji unos glukoze u mišićima (Portincasa i sur., 2022).



Slika 6. Utjecaj vlakana na metabolizam glukoze (prema Portincasa i sur., 2022)

### 2.3.5. Prehrambena vlakna i rizik od kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa tipa 2 i metaboličkog sindroma

Na temelju prethodno pregledanih podataka možemo uočiti povoljan učinak prehrambenih vlakana na individualne komponente metaboličkog sindroma, s obzirom na povezanost metaboličkog sindroma s rizikom od razvoja kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa, možemo pretpostaviti kako će prehrambena vlakna smanjiti rizik od njihova razvoja. U skladu s tom pretpostavkom, meta analiza i pregledni članak iz 2013. zaključuje da se rizik od kardiovaskularnih bolesti i koronarne bolesti srca smanjuje za čak 9 % za svakih dodatnih 7 grama prehrambenih vlakana dnevno. Pri čemu je smanjen rizik bio vezan uz netopljiva prehrambena vlakna iz različitih izvora – voća, povrća i žitarica, a za koronarnu bolest srca isto vrijedi za netopljiva vlakna iz žitarica i povrća (Threapleton i sur., 2013).

S druge strane, kad govorimo o dijabetesu, meta analiza iz 2007. godine je pokazala da se rizik nije značajno smanjio kad je izvor vlakana bilo voće i povrće. Ali pri viskom unosu

prehrambenih vlakana iz žitarica, zaključeno je da je rizik od dijabetesa tipa 2 značajno smanjen (Schulze i sur., 2007).

Osim kao potencijalna strategija kod liječenja metaboličkog sindroma, prehrambena vlakna mogu poslužiti i u njegovoj prevenciji. Meta analiza iz 2017. godine je ustvrdila da je unos prehrambenih vlakana povezan sa smanjenim rizikom od metaboličkog sindroma te da je ta povezanost ovisna o količini, pri čemu je za dodatno povećanje unosa vlakana za 10 grama utvrđeno linearno smanjenje rizika za 11 %. S tim da unos veći od 30 grama dnevno ne pruža dodatne benefite u vidu smanjenja rizika od metaboličkog sindroma (Wei i sur., 2018).



### 3. ZAKLJUČCI

1. Povećanje unosa prehrambenih vlakana za 10 grama, smanjuje rizik od metaboličkog sindroma za 11 %. Ali efekt dodatnog smanjenja rizika od metaboličkog sindroma nije prisutan nakon ukupnog dnevnog unosa prehrambenih vlakana većeg od 30 grama.
2. Prehrambena vlakna kroz niz mehanizama pozitivno utječu na metabolički sindrom te posljedično i na smanjenje rizika od dijabetesa tipa 2, pri čemu je naglasak na netopljivim vlaknima iz žitarica. Smanjenje rizika od dijabetesa tipa 2 za 20 do 30 % prisutno je pri dnevnom unosu netopljivih vlakana žitarica većem od 30 grama ili više od 30 do 40 grama proizvoda od cjelovitih žitarica.
3. Smanjenje rizika od kardiovaskularnih bolesti i koronarne bolesti srca za 9 % moguće je postići dodatnim povećanjem unosa prehrambenih vlakana za 7 grama dnevno, prvenstveno netopljivih vlakana iz žitarica i povrća.
4. Iako postoji preporuka o izbjegavanju podjele na topljiva i netopljiva vlakna, iz istraživanja je moguće uočiti bolji učinak netopljivih vlakana u kontekstu smanjenja rizika od kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2.
5. Zaključno, kod oboljelih od metaboličkog sindroma bilo bi poželjno unositi minimalno 30 grama prehrambenih vlakana dnevno, prvenstveno iz cjelovitih žitarica, kako bi se smanjio rizik od kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2.

## 4. POPIS LITERATURE

- Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, i sur. (2009) Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National heart, lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; International atherosclerosis society; And international association for the study of obesity. *Circ* **120**, 1640-1645 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644>
- Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J (2006) Metabolic syndrome - A new world-wide definition. A consensus statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med* **23**, 469–480. <https://doi.org/10.1111/J.1464-5491.2006.01858.X>
- Barber TM, Kabisch S, Pfeiffer AFH, Weickert MO (2020) The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutr* **12**, 3209. <https://doi.org/10.3390/NU12103209>
- De Graaf C, Blom WAM, Smeets PAM, Stafleu A, Hendriks HFJ (2004) Biomarkers of satiation and satiety. *AM J CLIN NUTR* **79**, 946-961. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.946>
- EFSA (European Food Safety Authority) (2007) Statement of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies related to dietary fibre. *EFSA J* **5**. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2007.1060>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA) (2010) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J* **8**. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2010.1462>
- Falahi E, Khalkhali Rad AH, Roosta S (2015) What is the best biomarker for metabolic syndrome diagnosis? *Diabetes Metab Syndr* **9**, 366–372. <https://doi.org/10.1016/J.DSX.2013.06.014>
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization) (1998) Carbohydrates in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. *FAO Food Nutr Pap*
- Hartley L, May MD, Loveman E, Colquitt JL, Rees K (2016) Dietary fibre for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev* **2016**. [https://doi.org/10.1002/14651858.CD011472.PUB2/MEDIA/CDSR/CD011472/IMAGE\\_N/NCD011472-CMP-002-12.PNG](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011472.PUB2/MEDIA/CDSR/CD011472/IMAGE_N/NCD011472-CMP-002-12.PNG)
- He Y, Wang B, Wen L, Wang F, Yu H, Chen D, i sur. (2022) Effects of dietary fiber on human health. *Food Sci Hum Wellness* **11**, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.FSHW.2021.07.001>

- Heaton KW (1973) FOOD FIBRE AS AN OBSTACLE TO ENERGY INTAKE. *Lancet* **302**.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(73\)92806-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(73)92806-7)
- Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB (2001) Dietary Fiber and Weight Regulation. *Nutr Rev* **59**,  
 129–139. <https://doi.org/10.1111/J.1753-4887.2001.TB07001.X>
- Institute of Medicine (2005) Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty  
 Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. *Washington, DC: The National Academies Press*  
 1–1331. <https://doi.org/10.17226/10490>
- Jovanovski E, Mazhar N, Komishon A, Khayyat R, Li D, Blanco Mejia S, i sur. (2020) Can dietary  
 viscous fiber affect body weight independently of an energy-restrictive diet? A systematic  
 review and meta-analysis of randomized controlled trials. *AM J CLIN NUTR* **111**, 471-485.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz292>
- Kassi E, Pervanidou P, Kaltsas G, Chrousos G (2011) Metabolic syndrome: Definitions and  
 controversies. *BMC Med* **9**. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-48>
- Klemm D, Philipp B, Heinze T, Heinze U, Wagenknecht W (1998) *Comprehensive Cellulose  
 Chemistry*, Wiley, str. 10.
- Kromhout D, Bloemberg B, Seidell JC, Nissinen A, Menotti A (2001) Physical activity and dietary  
 fiber determine population body fat levels: The Seven Countries Study. *Int J Obes* **25**, 301–  
 306. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801568>
- Kulkarni V, Butte K, Rathod S (2012) Natural Polymers – A Comprehensive Review. *IJSR* **3**, 1597-  
 1613.
- Mach F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, i sur. (2020) 2019 ESC/EAS  
 Guidelines for the management of dyslipidaemias: Lipid modification to reduce cardiovascular  
 risk. *Eur Heart J* **41**, 111–188. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz455>
- Maljaars PWJ, Peters HPF, Mela DJ, Masclee AAM (2008) Ileal brake: A sensible food target for  
 appetite control. A review. *Physiol Behav* **95**, 271-281. doi:10.1016/j.physbeh.2008.07.018
- Medanić D, Pucarín-Cvetković J (2013) Pretilost – Javnozdravstveni Problem i izazov. *AMC* **66**,  
 347-354. <https://hrcak.srce.hr/104156>
- Ferrannini E, Buzzigoli G, Bonadonna R, Giorico MA, Oleggini M, Graziadei L, i sur. (1987)  
 Insulin resistance in essential hypertension. *NEJM* **317**, 350–357.  
<https://doi.org/10.1056/nejm198708063170605>
- Nie Y, Luo F (2021) Dietary Fiber: An Opportunity for a Global Control of Hyperlipidemia. *Oxid  
 Med Cell Longev*
- Ortner Hadžiabdić M (2015) Metabolički sindrom. *Medicus* **24**, 191–203

- O'Shea N, Arendt EK, Gallagher E (2012) Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *IFSET* 16
- Portincasa P, Bonfrate L, Vacca M, De Angelis M, Farella I, Lanza E, i sur. (2022) Gut Microbiota and Short Chain Fatty Acids: Implications in Glucose Homeostasis. *Int J Mol Sci* 23
- Pravilnik (2010) Pravilnik o prehranbenim i zdravstvenim tvrdnjama, Narodne novine 84, Zagreb. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010\\_07\\_84\\_2402.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_07_84_2402.html) Pristupljeno 18. srpnja 2023.
- Pravilnik (2008) Pravilnik o navođenju hranjivih vrijednosti hrane. Narodne novine 60, Zagreb. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_05\\_60\\_2089.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_05_60_2089.html) Pristupljeno 18. srpnja 2023.
- Reynolds A, Mann J, Cummings J, Winter N, Mete E, Te Morenga L (2019) Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet* **393**, 434–445. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31809-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9)
- Reynolds AN, Akerman A, Kumar S, Diep Pham HT, Coffey S, Mann J (2022) Dietary fibre in hypertension and cardiovascular disease management: systematic review and meta-analyses. *BMC Med* **20**. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02328-x>
- Schulze MB, Schulz M, Heidemann C, Schienkiewitz A, Hoffmann K, Boeing H (2007) Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes: A prospective study and meta-analysis. *Arch Intern Med* **167**, 956-965. <https://doi.org/10.1001/archinte.167.9.956>
- Streppel MT, Arends LR, Van't Veer P, Grobbee DE, Geleijnse JM (2005) Dietary fiber and blood pressure: A meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Arch Intern Med* 165
- Šubarić D, Babić J, Ačkar Đ (2012) Modificiranje škroba radi proširenja primjene. *Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi* **1**, 247–258. <https://hrcak.srce.hr/97374>
- Threapleton DE, Greenwood DC, Evans CEL, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, i sur. (2013) Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: Systematic review and meta-analysis. *BMJ* 347. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6879>
- Uredba (2006) Uredba (EZ) br. 1924/2006 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 20. prosinca 2006. o prehranbenim i zdravstvenim tvrdnjama koje se navode na hrani. Službeni list Europske unije 15, Luksemburg. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1924&from=sl> Pristupljeno 20. lipnja 2023.
- Uredba (2011) Uredba (EU) br. 1169/2011 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 25. listopada 2011. o informiranju potrošača o hrani, izmjeni uredbi (EZ) br. 1924/2006 i (EZ) br.

- 1925/2006 Europskog parlamenta i Vijeća te o stavljanju izvan snage Direktive Komisije 87/250/EEZ, Direktive Vijeća 90/496/EEZ, Direktive Komisije 1999/10/EZ, Direktive 2000/13/EZ Europskog parlamenta i Vijeća, direktiva Komisije 2002/67/EZ i 2008/5/EZ i Uredbe Komisije (EZ) br. 608/2004. Službeni list Europske unije 020 P, Luksemburg. <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1169/oj> Pristupljeno 19. lipnja 2023.
- Uredba (2012) UREDBA KOMISIJE (EU) br. 432/2012 od 16. svibnja 2012. o utvrđivanju popisa dopuštenih zdravstvenih tvrdnji koje se navode na hrani, osim onih koje se odnose na smanjenje rizika od bolesti te na razvoj i zdravlje djece <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02012R0432-20210517> Pristupljeno 12. srpnja 2023.
- van Bennekum AM, Nguyen D V., Schulthess G, Hauser H, Phillips MC (2005) Mechanisms of cholesterol-lowering effects of dietary insoluble fibres: relationships with intestinal and hepatic cholesterol parameters. *Br J Nutr* **94**, 331-337. <https://doi.org/10.1079/bjn20051498>
- Van Citters GW, Lin HC (1999) The ileal brake: a fifteen-year progress report. *Curr Gastroenterol Rep* **1**, 404-409.
- Vitali Čepo D, Vedrina Dragojević I (2012) INULIN I OLIGOFRUKTOZA U PREHRANI I PREVENCIJI BOLESTI. *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku* **1**, 36–43. <https://hrcak.srce.hr/87444>
- Weickert MO, Pfeiffer AFH (2018) Impact of dietary fiber consumption on insulin resistance and the prevention of type 2 diabetes. *J Nutr* **148**, 7-12. <https://doi.org/10.1093/jn/nxx008>
- Whelton SP, Hyre AD, Pedersen B, Yi Y, Whelton PK, He J (2005) Effect of dietary fiber intake on blood pressure: A meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *J Hypertens* **23**, 475-481. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000160199.51158.cf>
- World Health Organization (1999) Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications Report of a WHO Consultation Part 1: Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, *Diabet Med* **15**, 539-553. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9136\(199807\)15:7%3C539::AID-DIA668%3E3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9136(199807)15:7%3C539::AID-DIA668%3E3.0.CO;2-S)
- Yu K, Ke MY, Li WH, Zhang SQ, Fang XC (2014) The impact of soluble dietary fibre on gastric emptying, postprandial blood glucose and insulin in patients with type 2 diabetes. *Asia Pac J Clin Nutr* **23**, 210-218. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2014.23.2.01>

## **Izjava o izvornosti**

Ja Ana Milanović izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

---

Vlastoručni potpis