

# Razvoj receptura snack proizvoda za oboljele od sindroma iritabilnog crijeva i necelijakijske osjetljivosti na gluten

---

Varga, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:118083>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-09**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2021.

Katarina Varga

0058210135/PI

**RAZVOJ RECEPTURA SNACK  
PROIZVODA ZA OBOLJELE OD  
SINDROMA IRITABILNOG  
CRIJEVA I NECELIJAKIJSKE  
OSJETLJIVOSTI NA GLUTEN**

Rad je izrađen u Laboratoriju za kemiju i tehnologiju žitarica na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc. dr. sc. Nikoline Čukelj Mustač te uz pomoć mag. ing. Kristine Radoš.

Diplomski rad izrađen je u sklopu znanstveno-istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost: Razvoj nove generacije snack proizvoda namijenjenih potrošačima s posebnim prehrambenim potrebama primjenom tehnologija 3D tiskanja (IP-2020-02-3829).

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo  
Laboratorij za kemiju i tehnologiju žitarica

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

### RAZVOJ RECEPTURA SNACK PROIZVODA ZA OBOLJELE OD SINDROMA IRITABILNOG CRIJEVA I NECELIJAKIJSKE OSJETLJIVOSTI NA GLUTEN

*Katarina Varga, 0058210135/PI*

**Sažetak:** Fermentabilni oligosaharidi, disaharidi, monosaharidi i poliolni (FODMAP) skupina su kratkolančanih ugljikohidrata i šećernih alkohola čija je prisutnost u hrani čimbenik koji utječe na pojavu simptoma sindroma iritabilnog crijeva (IBS) i necelijakije osjetljivosti na gluten (NCGS). Cilj ovog rada bio je razvoj receptura za funkcionalni snack proizvod, kreker izbalansiranog nutritivnog sastava s niskim sadržajem FODMAP-a. Za dobivanje potpunih podataka o kemijskom sastavu sirovina određen je kemijski sastav lanenih i chia sjemenki te bučine pogače. Sadržaj fruktana u odabranim sirovinama određen je prema metodi AOAC 999.03. Na temelju kemijskog sastava i sadržaja fruktana u sirovinama, definirano je devet različitih receptura za kekere. Hedonističkom senzorskom analizom i testom nizanja po preferenciji odabrane najbolje. Daljnom deskriptivnom i hedonističkom senzorskom analizom najbolje je ocijenjen kreker s vlascom. Izrađena je nutritivna deklaracija za četiri najbolje ocijenjena kreker na kojoj se mogu navesti oznake „S niskim sadržajem FODMAP-a“, „Bez glutena“, „Bogato proteinima“ i „Prirodno bogato vlaknima“.

**Ključne riječi:** FODMAP, fruktani, kreker, necelijakije osjetljivost na gluten, sindrom iritabilnog crijeva

**Rad sadrži:** 55 stranica, 6 slika, 10 tablica, 64 literaturnih navoda, 6 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** doc. dr. sc. *Nikolina Čukelj Mustać*

**Pomoć pri izradi:** *Kristina Radoš, mag. ing.*

#### **Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. Izv. prof. dr. sc. *Dubravka Novotni*
2. Doc. dr. sc. *Nikolina Čukelj Mustać*
3. Izv. prof. dr. sc. *Marina Krpan*
4. Prof. dr. sc. *Ksenija Marković* (zamjena)

**Datum obrane:** 28. rujna 2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Food Engineering  
Laboratory for Cereal Chemistry and Technology

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Food Technology

### DEVELOPMENT OF SNACK PRODUCT RECIPES FOR PATIENTS WITH IRRITABLE BOWEL SYNDROME AND NON-CELIAC GLUTEN SENSITIVITY

*Katarina Varga, 0058210135/PI*

**Abstract:** Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols (FODMAP) are a group of short-chain carbohydrates and sugar alcohols whose presence in food is factor that affect the onset of irritable bowel syndrome (IBS) and non-celiac gluten sensitivity (NCGS) symptoms. The aim of this thesis was to develop recipes of functional snack product, low-FODMAP cracker with balanced nutritional composition. In order to obtain complete data on the chemical composition of raw materials, the chemical composition of flax seeds, chia seeds and pumpkin cake was determined. The fructan content in the selected raw materials was determined according to the AOAC 999.03 method. Based on the data of the chemical composition and fructan content in the raw materials, nine different recipes with optimal nutritional composition were defined. The best ones were selected by hedonistic sensory analysis and sequencing by preference. Further descriptive and hedonistic sensory analysis rated the chive cracker recipe the finest one. A nutrition declaration was made for the four best rated crackers, which can be labeled as "Low in FODMAP", "Gluten Free", "High in Protein" and "Naturally high in Fiber".

**Keywords:** FODMAP, fructans, cracker, non-celiac gluten sensitivity, irritable bowel syndrome

**Thesis contains:** 55 pages, 6 figures, 10 tables, 64 references, 6 supplement

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** *PhD. Nikolina Čukelj Mustač, Assistant professor*

**Technical support and assistance:** *Kristina Radoš, MSc*

#### **Reviewers:**

1. PhD. *Dubravka Novotni*, Associate Professor
2. PhD. *Nikolina Čukelj Mustač*, Assistant Professor
3. PhD. *Marina Krpan*, Associate Professor
4. PhD. *Ksenija Marković*, Full Professor

**Thesis defended:** 28 September 2021

# SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1. FERMENTABILNI OLIGOSAHARIDI, DISAHARIDI, MONOSAHARIDI I POLIOLI (FODMAP)</b> .....	<b>2</b>
2.1.1. FRUKTOZA .....	3
2.1.2. LAKTOZA.....	4
2.1.3. FERMENTABILNI OLIGOSAHARIDI.....	4
2.1.3.1. Fruktani .....	4
2.1.3.2. Galaktani .....	5
2.1.4. POLIOLI.....	5
2.1.5. SADRŽAJ FODMAP-a U HRANI.....	6
2.1.5.1. Utjecaj obrade hrane na sadržaj FODMAP-a.....	9
<b>2.2. SINDROM IRITABILNOG CRIJEVA</b> .....	<b>10</b>
2.2.1. POJAVNOST SINDROMA IRITABILNOG CRIJEVA .....	11
2.2.2. UTJECAJ NA KVALITETU ŽIVOTA .....	12
2.2.3. PREHRANA S NISKIM SADRŽAJEM FODMAP-a U TERAPIJI OBOLJELIH OD SINDROMA IRITABILNOG CRIJEVA .....	12
2.2.3.1. Provedba dijetoterapije .....	13
<b>2.3. ULOGA FODMAP-a u NECELIJAKIJSKOJ OSJETLJIVOSTI NA GLUTEN</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4. RAZVOJ PREHRAMBENIH PROIZVODA ZA POSEBNE PREHRAMBENE POTREBE</b> .....	<b>14</b>
2.4.1 KREKERI .....	15
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 MATERIJALI</b> .....	<b>17</b>
3.1.1. SIROVINE.....	17
3.1.2. REAGENSI.....	18
3.1.3. APARATURA I PRIBOR .....	21
<b>3.2. METODE RADA</b> .....	<b>24</b>
3.2.1. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA SIROVINA.....	24
3.2.1.1. Određivanje udjela fruktana u sirovinama .....	24
3.2.2. RAZVOJ RECEPTURA ZA KREKERE .....	26
3.2.3. SENZORSKA ANALIZA KREKERA .....	27
3.2.4. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA SIROVINA I KREKERA.....	28



3.2.4.1. Određivanje udjela vode .....	28
3.2.4.2. Određivanje udjela pepela.....	28
3.2.4.3. Određivanje udjela masti .....	29
3.2.4.4. Određivanje udjela proteina .....	30
3.2.4.5. Određivanje udjela netopljivih i topljivih prehrambenih vlakana.....	32
3.2.5. IZRADA DEKLARACIJE .....	34
3.2.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA .....	34
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1. KEMIJSKI SASTAV SIROVINA.....</b>	<b>35</b>
4.1.1. SADRŽAJ FRUKTANA U SIROVINAMA .....	37
<b>4.2. SENZORSKA ANALIZA KREKERA .....</b>	<b>40</b>
4.2.1. SENZORSKA ANALIZA KREKERA DEVET RAZLIČITIH RECEPTURA.....	40
4.2.2. SENZORSKA ANALIZA ČETIRI NAJBOLJE OCIJENJENIH KREKERA.....	42
<b>4.3 KEMIJSKI SASTAV KREKERA I IZRADA DEKLARACIJE .....</b>	<b>46</b>
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>48</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>50</b>
<b>7. PRILOZI</b>	
<b>Prilog 1. Senzorski upitnik 1</b>	
<b>Prilog 2. Senzorski upitnik 2</b>	
<b>Prilog 3. Deklaracija krekeru proizvedenog prema recepturi br. 3</b>	
<b>Prilog 4. Deklaracija krekeru proizvedenog prema recepturi br. 4</b>	
<b>Prilog 5. Deklaracija krekeru proizvedenog prema recepturi br. 5</b>	
<b>Prilog 6. Deklaracija krekeru proizvedenog prema recepturi br. 8</b>	

# 1. UVOD

Sindrom iritabilnog crijeva (engl. Irritable bowel syndrome, IBS) funkcionalni je gastrointestinalni poremećaj donjeg dijela gastrointestinalnog trakta kod kojeg simptomi kao što su abdominalni bolovi, nelagoda i promjenjiva crijevna aktivnost znatno narušavaju kvalitetu života. Najbolji učinak na ublažavanje simptoma IBS-a pokazuje prehrana s niskim sadržajem fermentabilnih oligosaharida, disaharida, monosaharida i poliola (FODMAP-a), koje karakteriziraju slaba apsorpcija u tankom crijevu, fermentabilnost i visoka osmotska aktivnost. Osim toga, upravo se redukcija FODMAP-a u bezglutenskoj prehrani navodi kao vjerojatniji uzrok poboljšanja simptoma kod necelijakijske osjetljivosti na gluten od uklanjanja žitarica i proizvoda koji sadrže gluten iz prehrane.

Vrlo je malo proizvoda s oznakom niskog sadržaja FODMAP-a dostupno na europskom tržištu uslijed nedostatka definicija i zakonskih propisa Europske unije o FODMAP-ima. Proizvodi na bazi žitarica najčešće su prijavljena vrsta hrane koja utječe na pojavu simptoma IBS-a. S obzirom na to da većina žitarica bez glutena ima nizak sadržaj FODMAP-a, bezglutenski proizvodi, koje najčešće karakteriziraju slabija senzorska svojstva i nutritivna vrijednost u odnosu na standardne, služe kao alternativa u prehrani s niskim sadržajem FODMAP-a. Sve veća pažnja pridaje se razvoju ukusnih funkcionalnih proizvoda s niskim sadržajem FODMAP-a optimalnog nutritivnog sastava (Ispiryan i sur., 2020).

Cilj ovog diplomskog rada bio je razviti recepture krekeri optimalnog nutritivnog sastava za osobe oboljele od sindroma iritabilnog crijeva i necelijakijske osjetljivosti na gluten. U razvoju krekeri posebna je pažnja posvećena odabiru odgovarajućih, bezglutenskih sirovina s malim sadržajem FODMAP-a. Za odabir najpoželjnije recepture provedene su senzorske analize više različitih krekeri, koji zadovoljavaju zahtjeve potrošača s posebnim prehrambenim potrebama.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1. FERMENTABILNI OLIGOSAHARIDI, DISAHARIDI, MONOSAHARIDI I POLIOLI (FODMAP)**

Akronim FODMAP odnosi se na fermentabilne oligosaharide (fruktani i galaktani), disaharide (laktoza), monosaharide (fruktoza) i polioli (sorbitol, manitol, ksilitol, maltitol), do nedavno nepovezanu skupinu kratkolančanih ugljikohidrata i šećernih alkohola koju povezuju svojstva slabe apsorpcije u tankom crijevu, fermentabilnost i osmotska aktivnost (Gibson i Shepherd, 2010).

Slaba apsorpcija FODMAP-a u tankom crijevu povezana je s nedostatkom luminalnih enzima potrebnih za hidrolizu glikozidnih veza te s nedostatkom ili slabom aktivnosti enzima četkaste prevlake (npr. laktaze). Uz to, epitelni transporteri niskog kapaciteta dodatno smanjuju mogućnost apsorpcije dok su određene molekule prevelike za jednostavnu difuziju, što je slučaj kod poliola. (Gibson i Shepherd, 2010).

Male i osmotski aktivne molekule povećavaju tečnost crijevnog sadržaja čime utječu na pokretljivost crijeva, što su Clausen i sur. (1998) pokazali na primjeru laktuloze, sintetičkog FODMAP-a koji djeluje laksativno u odgovarajućoj dozi. Pokazano je da je osmotska aktivnost disaharida laktuloze dvostruko veća od one fruktooligosaharida Idolax, pri čemu oba ugljikohidrata flora debelog crijeva lako fermentira. Fekalni volumen proporcionalno se povećava povećanjem osmotske aktivnosti malapsorbiranog ugljikohidrata.

U istraživanju o učinku FODMAP-a na sadržaj ileostome, koje su proveli Barrett i sur. (2010), hrana s visokim udjelom FODMAP-a dovela je do značajnijeg povećanja mase sadržaja, u prosjeku za 22 %, pri čemu je povećanje udjela vode iznosilo 20 %, a udjela suhe tvari 24 %. U otpadnom sadržaju prosječno je detektirano 32 % od ukupno unesenih FODMAP-a. Dobiveni rezultati idu u prilog svojstvima FODMAP-a da povećavaju dospijeće vode i fermentabilnih supstrata u debelo crijevo.

Bakterijska flora debelog crijeva fermentira neapsorbirane ugljikohidrate do plinova (CO<sub>2</sub>, metana, H<sub>2</sub>) i kratkolančanih masnih kiselina kao što su butirrat, propionat, acetat i laktat (Liu i sur., 2020). Na brzinu fermentacije utječe duljina ugljikovodičnog lanca, pri čemu je brža fermentacija oligosaharida i jednostavnih šećera u usporedbi s polisaharidima, kao što su topljiva prehrambena vlakna (Rumessen i Gudmand-Hoyer, 1998). Povećana osmotska aktivnost i proizvodnja plinova uslijed malapsorpcije FODMAP-a utječu na pogoršanje gastrointestinalnih simptoma kod osoba s funkcionalnim poremećajima crijeva (Chumpitazi i sur., 2018).

### **2.1.1. FRUKTOZA**

Fruktoza je monosaharid koji se u hrani može nalaziti kao slobodna fruktoza (npr. u voću, medu), kao sastavni dio disaharida saharoze ili u obliku polimera odnosno fruktana (Shepherd i Gibson, 2006). Velik izvor fruktoze u prehrani su voćni sokovi te visoko-fruktozni kukuruzni sirup, sa sadržajem fruktoze 42-55 %, koji se koristi kao zaslađivač mnogih prerađenih namirnica, posebno u SAD-u. Količina energije koja potječe od kaloričnih zaslađivača u posljednja četiri desetljeća povećala se za 22 %, čemu najviše doprinosi povećana potrošnja bezalkoholnih i/ili zaslađenih voćnih pića (Popkin i Samara, 2003).

Kao monosaharid, fruktoza se ne hidrolizira prije apsorpcije kroz enterocite, dok je hidroliza disaharida saharoze do fruktoze i glukoze potrebna prije apsorpcije, za što je zaslužna saharaza, enzim četkaste prevlake. Apsorpcija se kroz epitel tankog crijeva provodi putem dva mehanizma. Slobodna fruktoza transportira se olakšanom difuzijom GLUT-5 transporterom malog kapaciteta koji je prisutan širom tankog crijeva. Apsorpcija fruktoze je značajno učinkovitija ako se ona nalazi u prisutnosti glukoze što je povezano s umetanjem GLUT-2 u apikalnu membranu enterocita. Stoga će do fruktozne malapsorpcije najvjerojatnije doći kada se u lumenu nalazi slobodna fruktoza u višku u odnosu na glukozu (Shepherd i Gibson, 2006).

Uslijed nepotpune apsorpcije u tankom crijevu (fruktozna malapsorpcija) dolazi do povećanog sadržaja fruktoze u lumenu debelog crijeva, kao i vode uslijed osmotskog učinka. Djelovanjem luminalnih bakterija dolazi do brze fermentacije fruktoze do vodika, ugljikovog dioksida i kratkolančanih masnih kiselina. Ako je fruktoza dospjela u lumen debelog crijeva u dovoljnoj količini, potencijalno dolazi do nadutosti, nelagode u trbuhu i promjene pokretljivosti crijeva, a osmotsko opterećenje može uzrokovati i laksativni učinak. Navedeni simptomi česti su kod oboljelih od sindroma iritabilnog crijeva (IBS-a) (Shepherd i Gibson, 2006).

Više od jedne od tri odrasle osobe sa simptomima IBS-a ne mogu apsorbirati fruktozu u količini 25-50 grama. Također, odgovor na fruktozu pojačan je kod osoba s IBS-om u usporedbi s onima bez IBS-a. Sposobnost apsorpcije slobodne fruktoze razlikuje se među pojedincima, a određuje se testiranjem vodika u dahu. U slučaju efikasne apsorpcije, nije potrebno ograničavanje unosa hrane bogate slobodnom fruktozom (Shepherd i Gibson, 2006).

### **2.1.2. LAKTOZA**

Laktoza je disaharid sastavljen od molekule glukoze i molekule galaktoze koji se prirodno nalazi u mlijeku sisavaca. Za probavu laktoze potreban je enzim laktaza koji hidrolizira disaharid na njegove sastavne monosaharide, nakon čega se oni lako apsorbiraju. Nedostatak aktivnosti laktaze prisutan je kod dijela odraslih i djece te je odgovoran za malapsorpciju laktoze (Gibson i Shepherd, 2010).

### **2.1.3. FERMENTABILNI OLIGOSAHARIDI**

Fruktani i galaktooligosaharidi poznati su po svom prebiotičkom učinku. U debelom crijevu dolazi do bakterijske fermentacije i nastanka kratkolančanih masnih kiselina kao što su butirac, propionska kiselina i acetat. Potiče se rast bifidobakterija, povećana je apsorpcija kalcija i poboljšana regulacija apetita. Unatoč povoljnim učincima na zdravlje, kod oboljelih od sindroma iritabilnog crijeva i upalne bolesti crijeva, crijevna fermentacija FODMAP-a može potaknuti gastrointestinalne simptome (Liljebo i sur., 2020).

#### **2.1.3.1. Fruktani**

Fruktani su linearni ili razgranati polimeri molekula fruktoze s glukozom na terminalnom kraju. S obzirom na veze između monomernih jedinica, razlikuju se dva tipa fruktana: inulin s  $\beta$ -1,2 vezama i levan s  $\beta$ -2,6 vezama. Inulini nižeg stupnja polimerizacije, duljine lanca manjom od deset jedinica, obično se nazivaju fruktooligosaharidima (FOS), dok se oni s višim stupnjem polimerizacije nazivaju inulinima (Shepherd i Gibson, 2006).

Fruktani ne mogu biti probavljeni ni apsorbirani u tankom crijevu zbog nedostatka hidrolaza za kidanje veza između fruktoznih jedinica. Do njihove brze fermentacije, djelovanjem luminalnih bakterija, dolazi nakon dospjeća u debelo crijevo, kao i u slučaju neapsorbirane fruktoze. Budući da fruktani nižeg stupnja polimerizacije imaju veći osmotski učinak, te dolazi do njihove brže fermentacije, duljina lanca fruktana može bitno doprinijeti težini abdominalnih simptoma koji se javljaju (Shepherd i Gibson, 2006).

Izvori fruktana su različito povrće (npr. luk, češnjak, artičoke), voće (npr. banane) te žitarice (pšenica, raž) (Gibson i Shepherd, 2010). Većina fruktana u zapadnjačkoj prehrani potječe od proizvoda na bazi pšenice kao što je npr. tjestenina, kruh, žitarice za doručak te luka (Shepherd i Gibson, 2006).

### **2.1.3.2. Galaktani**

Galaktani su polimeri molekula galaktoze, široko rasprostranjeni u kopnenim biljkama i drugim organizmima, prije svega u crvenim morskim algama. Glavni predstavnici galaktana su agar i karagenan koji imaju važnu ulogu u prehrambenoj industriji kao sredstva za zgušnjavanje i geliranje čime povoljno utječu na reološka svojstva proizvoda. Galaktani nižeg stupnja polimerizacije nazivaju se galaktooligosaharidima (GOS) u kojima su jedinice galaktoze vezane na glukozu (Pierre i sur., 2014).

Mahunarke, kao što su leća, slanutak, crveni grah, značajan su izvor galaktana. One također predstavljaju važan izvor proteina, posebno u veganskoj i vegetarijanskoj prehrani kod koje je unos galaktana veći uslijed povećane konzumacije mahunarki. Povećana konzumacija povezana je i s tradicionalnim jelima npr. indijske i meksičke kuhinje u kojima su mahunarke zastupljenije (Gibson i Shepherd, 2010).

### **2.1.4. POLIOLI**

Polioli su šećerni alkoholi široko prisutni u hrani, npr. sorbitol je često prisutan u hrani bogatoj slobodnom fruktozom, a manitol u gljivama. Također se koriste kao umjetni zaslađivači, npr. u žvakaćim gumama. Na pakiranju se ovi aditivi označuju E- brojevima: sorbitol (E420), ksilitol (E967), manitol (E421), maltitol (E965) i izomalt (E953). Sorbitol djeluje kao laksativ, te se upozorenja o potencijalnom laksativnom učinku nalaze na pakiranjima bombona i guma za žvakanje, posebno na onima bez šećera (Gibson i Shepherd, 2010).

Apsorpcija poliola u tankom crijevu odvija se pasivnom difuzijom, a njena učinkovitost povezana je s tri čimbenika. Prvo, do difuzije dolazi kroz pore u epitelu zbog čega je važna veličina molekule. Npr. eritritol, 4-C polioli, dobro se apsorbira u jejunumu, što nije slučaj za manitol koji je 6-C polioli. Zatim, postoje razlike u veličini pora duž tanko crijevo, s većim porama proksimalno. Uslijed toga se npr. eritritol slabije apsorbira u ileumu, završnom dijelu tankog crijeva gdje su pore manje. Njegova apsorpcija ovisi o brzini kretanja sadržaja crijeva kroz jejunum odnosno srednji

dio tankog crijeva. Na kraju, prisutnost bolesti sluznice utječe na smanjenje veličine pora, što je slučaj kod celijakije gdje se eritritol slabo apsorbira (Gibson i Shepherd, 2010).

### 2.1.5. SADRŽAJ FODMAP-a U HRANI

Prema Liljebo i sur. (2020) odrasle osobe u Švedskoj prosječno dnevno unesu 19 g ukupnih FODMAP-a, što je u skladu s prethodnim istraživanjima koje su Barret i sur. (2010) te Halmos i sur. (2014) proveli na području Australije. Podaci za srednje vrijednosti unosa pojedinog FODMAP-a i ukupni unos FODMAP-a prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Srednje vrijednosti unosa pojedinog FODMAP-a te ukupnih FODMAP-a u prehrani (pripremljeno prema Barret i sur., 2010; Halmos i sur., 2014; Liljebo i sur., 2020).

Sadržaj FODMAP-a (g/dan)	Liljebo i sur., 2020. Švedska	Barret i sur., 2010. Australija	Halmos i sur., 2014. Australija
<b>Monosaharidi</b>	30,7 (28,6-32,8)		
<b>Glukoza</b>	-	24,1	25,3
<b>Fruktoza</b>	15,2 (14,2-16,2)	19,8	19,2
<b>Višak fruktoze</b>	0	0	0
<b>Ukupni oligosaharidi</b>	3,89 (3,65-4,18)	3,62	3,5
<b>Fruktani</b>	3,46 (3,24-3,68)	3,0	-
<b>Galaktooligosaharidi (GOS)</b>	0,43 (0,39-0,47)	0,62	-
<b>Laktoza</b>	14,2 (12,5-15,7)	17,7	11
<b>Polioli</b>	1,31 (1,03-1,57)	1,54	2,0
<b>Ukupni FODMAP-i</b>	19,4	23	16,5

Za svrstavanje hrane u kategoriju s niskim, odnosno visokim udjelom FODMAP-a potrebno je poznavanje graničnih vrijednosti koje se odnose na svaku podskupinu FODMAP-a prisutnu u hrani, uključujući oligosaharide, poliole, laktozu i višak fruktoze u odnosu na glukozu. Izvode se na temelju udjela FODMAP-a u obrocima hrane čijom se konzumacijom potiče pojava simptoma IBS-a i udjela u hrani koji se dobro tolerira (Varney i sur., 2017).

Granične vrijednosti za niski odnosno visoki sadržaj pojedinog FODMAP-a prikazane su u tablici 2, pri čemu je za cijeli obrok gornja granica 0,5 grama ukupnih FODMAP-a (isključujući laktozu). Primjeri klasifikacije hrane na hranu s niskim odnosno visokim sadržajem FODMAP-a na temelju kriterija iz tablice 2 prikazani su u tablici 3 (Varney i sur., 2017).

Tablica 2. Granične vrijednosti sadržaja pojedinog FODMAP-a u standardnoj veličini porcije [g] (pripremljeno prema Varney i sur., 2017)

FODMAP	Grami u standardnoj veličini porcije
<b>Oligosaharidi (ukupni fruktani + GOS)</b> (proizvodi od cjelovitih žitarica, mahunarke, orašasti plodovi, sjemenke)	< 0,30
<b>Oligosaharidi (ukupni fruktani + GOS)</b> (voće, povrće, ostali proizvodi)	< 0,20
<b>Polioli – sorbitol ili manitol</b>	< 0,20
<b>Ukupni polioli</b>	< 0,40
<b>Višak fruktoze</b> (ukupna fruktoza – ukupna glukoza)	< 0,15
<b>Višak fruktoze</b> (za svježe voće i povrće kada je to jedini prisutan FODMAP)	< 0,40
<b>Laktoza</b>	< 1,00

Tablica 3. Primjeri klasifikacije hrane na hranu s niskim odnosno visokim sadržajem FODMAP-a (pripremljeno prema Varney i sur., 2017)

Hrana (standardna porcija)	Oligosaharidi		Polioli		Višak fruktoze u odnosu na glukozu	Laktoza	Niski/visoki sadržaj FODMAP-a
	GOS	Ukupni fruktani	Sorbitol	Manitol			
<b>Jabuka</b> (165 g)	nd	nd	1,37	nd	10,6	nd	<b>Visoki sadržaj FODMAP-a.</b> Iznad granične vrijednosti za višak fruktoze (<0,15) i sorbitol (<0,20).
<b>Naranča</b> (130 g)	nd	nd	nd	nd	-	nd	<b>Niski sadržaj FODMAP-a.</b> Ispod svih graničnih vrijednosti.
<b>Crveni luk</b> (36 g)	0,07	0,65	nd	nd	-	nd	<b>Visoki sadržaj FODMAP-a.</b> Iznad granične vrijednosti za ukupne oligosaharide (<0,20).
<b>Tikvica</b> (66 g)	nd	0,19	nd	nd	-	nd	<b>Niski sadržaj FODMAP-a.</b> Ispod svih graničnih vrijednosti.
<b>Bijeli kruh</b> (49 g)	0,10	0,33	tr	tr	0,08	nd	<b>Visoki sadržaj FODMAP-a.</b> Iznad graničnih vrijednosti za ukupne oligosaharide (<0,30),
<b>Bezglutenski kruh</b> (52 g)	0,07	0,10	tr	tr	0,12	nd	<b>Niski sadržaj FODMAP-a.</b> Ispod svih graničnih vrijednosti.

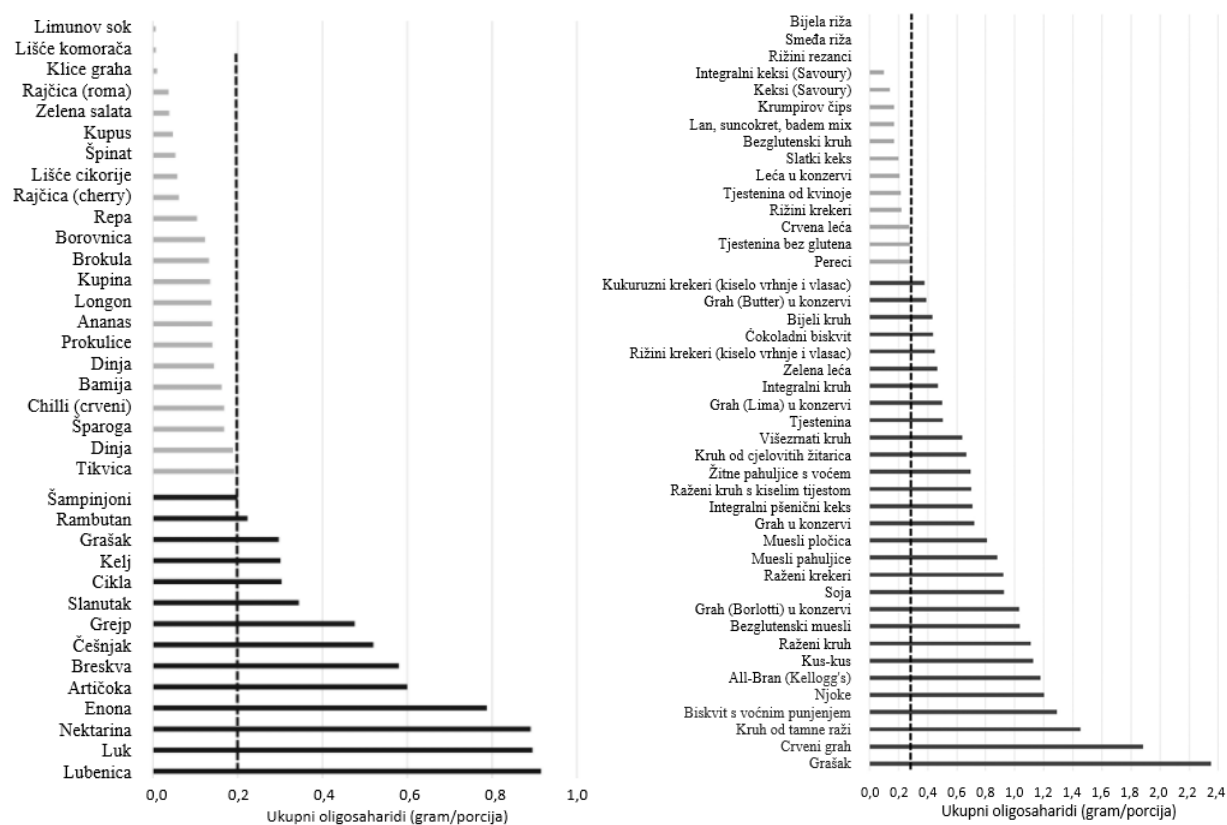
\* nd = nedetektirano; tr = u tragovima

Kombiniranje prehrane s niskim sadržajem FODMAP-a s drugim prehranbenim ograničenjima kao što je vegetarijanstvo ili veganstvo, koje prema procjenama prakticira oko 10 % svjetske



populacije, predstavlja veći izazov od same prehrane s niskim sadržajem FODMAP-a. Hranjive tvari za koje postoji rizik od nedovoljnog unosa kod ovog načina prehrane su proteini, željezo, cink, kalcij i vitamin B12. Bogat izvori navedenih hranjivih tvari su mahunarke, cjelovite žitarice, orašasti plodovi, sjemenke i proizvodi na bazi soje od kojih mnoge sadrže značajne količine FODMAP-a, stoga je njihov unos ograničen pri prehrani s niskim sadržajem FODMAP-a (Tuck i sur., 2018).

Slike 1 i 2 prikazuju sadržaj oligosaharida u različitim kategorijama hrane s niskim odnosno visokim sadržajem FODMAP-a u voću i povrću (lijevo) te kruhu, žitaricama, mahunarkama, orašastim plodovima i sjemenkama (desno) (Varney i sur., 2017). Dodatni primjeri hrane s niskim/visokim sadržajem FODMAP-a prikazani su u tablici 4 (Liu i sur., 2020).



Slika 1. (lijevo) sadržaj oligosaharida u hrani s niskim (■) odnosno visokim (■) sadržajem FODMAP-a (voće i povrće) (pripremljeno prema Varney i sur., 2017).

Slika 2. (desno) sadržaj oligosaharida u hrani s niskim (■) odnosno visokim (■) sadržajem FODMAP-a (kruh, žitaricama, mahunarkama, orašasti plodovi i sjemenke) (pripremljeno prema Varney i sur., 2017).

Tablica 4. Primjeri hrane s niskim i visokim sadržajem FODMAP-a (pripremljeno prema Liu i sur., 2020)

Sadržaj FODMAP-a	Žitarice	Voće	Povrće	Mliječni proizvodi i njihove alternative	Proteini	Pića
<b>Visoki</b>	Pšenica Raž Ječam	Jabuke Marelice Borovnice Višnje Datulje Grejp Mango Kruške Lubenice	Artičoka Šparoga Karfiol Češnjak Poriluk Gljive Luk	Kokosovo mlijeko Sladoled Mlijeko Sir (meki) Sojino mlijeko Jogurt	Grah/mahunarke Obrađeno meso	Sokovi i gazirana pića S visokim sadržajem fruktoze Rum Neki čajevi, npr. Kamilica, Komorač
<b>Niski</b>	Kukuruzne tortilje/čips Krupica Bezglutenska tjestenina, krekeri i kruh Zobene pahuljice Krumpir Kokice Riža Kvinoja	Banane Grožđe Kivi Limun Limeta Mandarine Naranče Ananas	Brokula Mrkva Vlasac Kraštavci Patlidžani Kelj Zelena salata Gljive Masline Rotkvica Špinat Rajčica	Bademovo mlijeko Sir (većina) Kokosov jogurt Konopljino mlijeko Bezlaktozno vrhnje, mlijeko, jogurt	Leća Slanutak Govedina Piletina Jaja Riba/plodovi mora Svinjetina Purica Tofu	Vino Pivo Kava Čajevi Voda

### 2.1.5.1. Utjecaj obrade hrane na sadržaj FODMAP-a

Metode prerade hrane koje dovode do smanjenja sadržaja FODMAP-a omogućavaju proširivanje izbora hrane u prehrani s niskim sadržajem FODMAP-a (Tuck i sur., 2018).

Kiseljenjem namirnica kao što su npr. luk, češnjak i cikla dolazi do dovoljnog smanjenja sadržaja FODMAP-a čime se dobiva proizvod s niskim sadržajem FODMAP-a. Kao razlog navodi se topljivost FODMAP-a u vodi i njihov prelazak u tekućinu za kiseljenje kao i utjecaj pH, vremena i temperature na sadržaj ugljikohidrata nakon kiseljenja (Tuck i sur., 2018). Kiseljenjem soje octenom kiselinom Kim i sur. (2016) odredili su pad ukupnog udjela ugljikohidrata za 50-65 %, pri čemu se značajno smanjio sadržaj oligosaharida i saharoze (> 50 %) u prva 24 sata.

Topljivost FODMAP-a osigurava jednostavan način smanjenja njihovog udjela u mahunarkama pri kuhanju pa tako npr. kuhanjem leće 5 min dolazi do smanjenja sadržaja FODMAP-a za 43 %, bez daljnjeg smanjenja pri duljem vremenu kuhanja. Drugi mehanizam koji utječe na smanjenje sadržaja ugljikohidrata odnosi se na toplinsku hidrolizu. S druge strane, neka istraživanja pokazala su povećanje sadržaja oligosaharida tijekom kuhanja što je objašnjeno usporednim ispiranjem ostalih topljivih komponenata iz namirnice te oslobađanjem vezanih oligosaharida tijekom kuhanja. Različiti rezultati povezani su sa sortom mahunarki koja se koristi, odbacuje li se tekućina za kuhanje ili ne te razlikama u načinu kuhanja i hlađenja prije analize sadržaja ugljikohidrata (Tuck i sur., 2018).

Klijanjem dolazi do aktivacije enzima koji razgrađuju ugljikohidrate, a najznačajniji učinak na smanjenje sadržaja FODMAP-a klijanjem prisutan je kod žitarica, dok je kod mahunarki manji. (Tuck i sur., 2018). Fermentacija kiselog tijesta također je jedna od metoda uklanjanja FODMAP-a iz proizvoda od žitarica te je korištena u ovom diplomskom radu.

## **2.2. SINDROM IRITABILNOG CRIJEVA**

Funkcionalni poremećaji crijeva klasificiraju se na temelju nestrukturnih, „funkcionalnih“, simptoma koji se odnose na srednji ili donji dio gastrointestinalnog trakta. Za njih nisu karakteristične strukturne ili tkivne abnormalnosti, a obuhvaćaju sindrom iritabilnog crijeva, funkcionalnu nadutost, funkcionalni zatvor, funkcionalnu dijareju i nespecificirani funkcionalni poremećaj crijeva. Funkcionalni poremećaji crijeva rezultat su složenih interakcija bioloških, psiholoških i socijalnih čimbenika. Njihova klasifikacija na temelju simptoma neophodna je za uspostavu odgovarajuće kliničke dijagnoze, daljnje postupanje u skladu s dijagnozom i istraživanja (Longstreth i sur. 2006; Grubić i sur. 2014).

Sindrom iritabilnog crijeva najčešći je funkcionalni gastrointestinalni poremećaj donjeg dijela gastrointestinalnog trakta kod kojeg su prisutni abdominalni bolovi ili nelagoda i promjenjiva crijevna aktivnost koja rezultira poremećajem defekacije u obliku zatvora ili dijareje i/ili nadutosti. Smetnja je u pravilu kronična, a simptomi se mogu naizmjenice pojavljivati tijekom vremena, te se često preklapaju s drugim funkcionalnim poremećajima (Longstreth i sur. 2006; Votava-Raić i sur., 2000).

Rimski kriteriji koriste se za uspostavu dijagnoze IBS-a na temelju simptoma. Kako bi se utvrdio određeni funkcionalni poremećaj crijeva kod pacijenta i odvojio od prolaznih crijevnih simptoma, karakteristični simptomi moraju se pojaviti najmanje 6 mjeseci prije dijagnoze. Prema Rim III kriterijima iz 2006. godine simptomi moraju biti prisutni barem tri dana u mjesecu tijekom zadnjih tri mjeseca, a prema Rim IV kriterijima iz 2016. godine barem jedan dan tjedno u zadnja tri mjeseca. Kriteriji za uspostavu dijagnoze IBS-a uz bolove u truhu i nelagodu u navedenom razdoblju uključuju još barem dva kriterija: olakšanje nakon defekacije, pojavu boli ili nelagode povezane s promjenama u obliku stolice, pojavu boli ili nelagode povezane s promjenama učestalosti stolice (Longstreth i sur. 2006; Vork i sur., 2017).

### **2.2.1. POJAVNOST SINDROMA IRITABILNOG CRIJEVA**

IBS je najčešći gastrointestinalni poremećaj, čija procijenjena zastupljenost u zapadnim zemljama iznosi 10-15 % (Hungin i sur., 2005). U azijskim zemljama zastupljenost je nešto niža i iznosi 2,3-11,5 % (Chang i sur., 2010). Pojavnost IBS-a na području Sjedinjenih Američkih država, u istraživanju Hungina i sur. (2005), iznosila je 14,1 %, od čega je dijagnoza bila uspostavljena kod 3,3 % ispitanika, dok kod 10,8 % ispitanika nije bila uspostavljena, ali su oni imali simptome koji zadovoljavaju dijagnostičke kriterije. U prethodnom istraživanju Hungina i sur. (2003), provedenom na području osam europskih država, pojavnost je iznosila 11,5 %, uključujući osobe sa i bez formalno uspostavljene dijagnoze.

Varijacije u kriterijima za dijagnozu IBS-a otežavaju mogućnost usporedbe i sažimanja podataka različitih istraživanja. IBS je često neprepoznat i neliječen. Tek 25 % osoba koje pate od IBS-a traže profesionalnu zdravstvenu zaštitu (Luscombe, 2000).

Na području kontinentalne Hrvatske provedene su tri epidemiološke studije o IBS-u: na području Zagreba 2002. godine, na području Bjelovarsko-bilogorske županije 2008. godine i na području Osječko-baranjske županije 2011. godine. Daljnja istraživanja potrebna su za područje primorske Hrvatske za koje se očekuju razlike u rezultatima s obzirom na razlike u prehranbenim navikama i stilu života, na što utječe mediteranska kultura. Usporedbom navedenih studija pokazana je veća prevalencija IBS-a u Hrvatskoj u usporedbi s rezultatima u drugim zemljama. Ona iznosi 28,00 % za područje Zagreba, 26,52 % za Bjelovarsko-bilogorsku županiju i 29,16 % za Osječko-baranjsku županiju (Grubić i sur., 2014).

IBS se u zapadnim zemljama češće pojavljuje kod žena nego kod muškaraca, što ne vrijedi za azijske zemlje. U istraživanju Hungina i sur. (2005), prevalencija IBS-a kod žena, uključujući formalno i neformalno uspostavljenu dijagnozu, bila je otprilike dvostruko veća nego kod muškaraca.

Iako povezanost dobne skupine s prevalencijom IBS-a nije dokazana, rezultati u drugim zemljama pokazuju češću pojavu IBS-a kod mlađih dobnih skupina, u dobi između 25 i 54 godina starosti (Hungin i sur., 2005). Studija na području Zagreba pokazala je da su žene u dobi od 50 do 64 godine posebno osjetljive na IBS, za što je kao mogući uzrok naveden tzv. sindrom praznog gnijezda (Grubić i sur., 2014).

Veći indeks tjelesne mase (BMI) istaknut je kao mogući čimbenik rizika za IBS u studiji na području Zagreba i Bjelovarsko-bilogorske županije. Povezanost stupnja obrazovanja s prevalencijom IBS-a nije potvrđena u studiji provedenoj na području Zagreba i Osječko-baranjske županije, dok je na području Bjelovarsko-bilogorske županije IBS češće zabilježen kod osoba nižeg stupnja obrazovanja. Podaci za svijet također su kontradiktorni (Grubić i sur., 2014).

Postoji dvosmjerna interakcija između mozga i crijeva zbog čega psihološki poremećaji mogu uzrokovati pojavu i pogoršanje simptoma IBS-a. (Selvaraj i sur., 2020). U istraživanju Hu i sur. (2021) kontrolna skupina imala je nižu razinu depresije i anksioznosti od svih podtipova IBS-a. Niži socioekonomski status također se povezuje s povećanjem prevalencije gastrointestinalnih simptoma (Bytzer, 2001).

### **2.2.2. UTJECAJ NA KVALITETU ŽIVOTA**

Praćenjem simptoma IBS-a kroz vrijeme, utvrđeno je da kod 2-18 % pacijenata dolazi do pogoršanja simptoma, kod otprilike 30-50 % pacijenata stanje ostaje nepromijenjeno, dok kod ostalih može doći do poboljšanja ili nestanka simptoma.

Iako IBS ne predstavlja životno ugrožavajuće stanje, on znatno narušava kvalitetu života. Negativno utječe na široki raspon svakodnevnih aktivnosti, radni život, društvene aktivnosti i opću dobrobit oboljelih. Oni u većoj mjeri izostaju s posla, manje su koncentrirani i produktivni te im je radno vrijeme često kraće, što ima negativan socioekonomski učinak. Osobe s IBS-om češće svoje zdravstveno stanje smatraju lošim (54 %) od onih bez IBS-a (35 %) (Hungin i sur., 2005).

### **2.2.3. PREHRANA S NISKIM SADRŽAJEM FODMAP-a U TERAPIJI OBOLJELIH OD SINDROMA IRITABILNOG CRIJEVA**

Hrana je izrazito bitan čimbenik povezan s vrstom i ozbiljnosti gastrointestinalnih simptoma koji se javljaju u oboljelih. Većina (80 %) pacijenata s IBS-om može identificirati bar jednu namirnicu koja dovodi do pogoršanja njihovih simptoma (Selvaraj i sur., 2020). Kako bi određena prehrambena strategija bila optimalna, mora biti klinički učinkovita, nutritivno uravnotežena i sigurna. Pacijentima se obično preporučuje konzumacija tri obroka i međuobroka dnevno te smanjenje unosa masne i prezačinjene hrane, alkohola i kave. Najveći stupanj znanstvenog i kliničkog interesa u slučaju oboljelih od IBS-a posvećen je prehrani s niskim sadržajem FODMAP-a koja pokazuje najbolje rezultate (Liu i sur., 2020).

Svojstva slabe apsorpcije u tankom crijevu, fermentabilnost i osmotska aktivnost FODMAP-a negativno utječu na ljudsku probavu. Pri povećanoj konzumaciji više fermentabilnog supstrata i vode dopijeva u distalni dio tankog i proksimalni dio debelog crijeva. Uslijed bakterijske fermentacije dolazi do proizvodnje plinova, luminalne distenzije i indukcije funkcionalnih crijevnih simptoma. Kako bi se navedeno izbjeglo, u terapiji pacijenata sa IBS-om primjenjuje se prehrana s niskim sadržajem FODMAP-a (Gibson i Shepherd, 2010).

### **2.2.3.1. Provedba dijetoterapije**

Prehrana s niskim sadržajem FODMAP-a sastoji se od tri faze. Prva je faza eliminacije koja se smatra dijagnostičkim testom osjetljivosti pacijenta na FODMAP-e. Unos FODMAP-a u oboljelih od IBS-a smanjuje se s 15-30 g/dan do 5-18 g/dan. Na drugu fazu prelazi se nakon 4-8 tjedana ukoliko je došlo do poboljšanja simptoma. U suprotnom se prekida pridržavanje ovoj prehranbenoj strategiji. Druga faza je faza ponovnog uvođenja hrane koja sadrži pojedinačne FODMAP-e te služi za određivanje osjetljivosti i tolerancije osobe na FODMAP-e. Dobivene informacije koriste se u trećoj fazi, fazi personalizacije, u kojoj se prehrana s niskim sadržajem FODMAP-a prilagođava pojedincu za buduću, dugoročnu primjenu (Selveraj i sur., 2020; Liu i sur., 2020).

## **2.3. ULOGA FODMAP-a u NECELIJAKIJSKOJ OSJETLJIVOSTI NA GLUTEN**

Izbjegavanje glutena u prehrani svjetski je trend. Kao uzroci najčešće se navode napuhnutost i grčevi, povećana dostupnost hrane bez glutena, medijski utjecaj te simptomatska poboljšanja koja mogu pogrešno biti pripisana bezglutenskoj prehrani i/ili prehrani koja isključuje pšenicu (Varney i sur., 2017).

Necelijakijska osjetljivost na gluten (eng. Non-Celiac Gluten Sensitivity, NCGS) javlja se u pacijenata bez celijakije kod kojih pridržavanjem bezglutenskoj prehrani dolazi do poboljšanja gastrointestinalnih simptoma. Međutim, ne postoje dokazi da gluten uzrokuje necelijakijsku osjetljivost na gluten (Biesiekierski i sur., 2014). Žitarice i proizvodi od žitarica koji sadrže gluten često imaju i visok sadržaj FODMAP-a, većinom fruktana, dok većina žitarica bez glutena ima nizak sadržaj FODMAP-a. Upravo redukcija FODMAP-a u bezglutenskoj prehrani navodi se kao vjerojatniji uzrok poboljšanja simptoma kod necelijakijske osjetljivosti na gluten od uklanjanja glutena iz prehrane.

Stanje pacijenata koji su se već pridržavali bezglutenskoj prehrani, značajno se poboljšalo izbjegavanjem hrane s visokim sadržajem FODMAP-a, dok se nije mijenjalo unosom niskih ili visokih količina glutena (Biesiekierski i sur., 2014). Raženi kruh bez pšenice ne predstavlja problem za većinu pacijenata (91 %) budući da raž sadrži fruktane veće duljine lanca od pšenice koji su manje osmotski aktivni i sporije dolazi do njihove fermentacije čime se objašnjava njihova visoka podnošljivost (Shepherd i Gibson, 2006).

Za razliku od celijakije kod koje se gluten u prehrani mora strogo izbjegavati, u slučaju necelijakijske osjetljivosti niski izvori fruktana kao što su pšenični škrob i zgušnjivači u prehrambenim proizvodima ne predstavljaju problem (Shepherd i Gibson, 2006).

## **2.4. RAZVOJ PREHRAMBENIH PROIZVODA ZA POSEBNE PREHRAMBENE POTREBE**

Razvoj na razini kuhinje prva je faza u procesu razvoja proizvoda, u kojoj postoji velika mogućnost kontaminacije s obzirom na to da se osim industrijske opreme koristi i oprema za domaćinstvo koju može koristiti i osoblje izvan tima za razvoj proizvoda. Izbjegavanje kontaminacije za potrošače s posebnim prehrambenim potrebama izuzetno je važno, posebno u slučaju alergena, pa tako npr. unatoč korištenju sastojaka bez glutena u razvoju bezglutenskih proizvoda, oni ne bi bili prikladni za konzumaciju od strane osoba s celijakijom. Slijedi proizvodnja u pilot postrojenju kao predkomercijalnom proizvodnom sustavu za manje količine proizvoda. Na kraju se dolazi do proizvodnje na industrijskoj razini kod koje se primjenjuju prethodno stečene spoznaje, a oprema je često dizajnirana i izrađena na temelju specifičnih zahtjeva (Morley, 2016).

Popis sastojaka za potrošače predstavlja drugi po važnosti čimbenik koji utječe na odabir proizvoda, nakon cijene. Povećan je interes potrošača za prirodnom, minimalno obrađenom hranom, bez aditiva i konzervansa, s kratkim i jasnim popisom sastojaka (Sweetman, 2016).

Razvoj prehrambenih proizvoda za posebne prehrambene potrebe odnosi se na proizvode s niskim sadržajem natrija odnosno soli, niskim sadržajem masnoće i zasićenih masnih kiselina, niskim sadržajem šećera, proizvode koju pomažu smanjenju razine kolesterola, bezglutenske proizvode, proizvode za potrošače koji se bave fizičkom aktivnosti, sportom te na organske, „fairtrade“ i etički proizvedene proizvode. Potrebno je jasno definirati koji sastojci su u njima uključeni ili

izostavljeni, a promjene u sastavu dovode do promjene svojstava proizvoda čiju je prihvatljivost potrebno definirati.

Prehrambene i zdravstvene tvrdnje koje se navode na hrani utvrđene su Uredbom (EZ) br. 1924/2006. Prehrambena tvrdnja je svaka tvrdnja koja navodi, sugerira ili implicira da hrana ima posebna korisna hranjiva svojstva uslijed prisutnosti, odsutnosti, povećane ili smanjene razine energije, određenog hranjivog sastojka ili druge tvari. One daju informacije o nutritivnom sastavu hrane kao npr. „visoki udio proteina“, „s malo masnoće“ ili „sadrži kalcij“ koje su korisne u označavanju proizvoda za osobe sa posebnim prehrambenim potrebama budući da omogućavaju njigovu laku prepoznatljivost (Sweetman, 2016).

Provedba analiza važan je dio razvoja prehrambenog proizvoda koji mora udovoljavati zahtjevima potrošača, navedenim zdravstvenim tvrdnjama i deklaraciji. Senzorskom analizom potrebno je utvrditi prihvatljive parametre kvalitete koji su poželjniji ili bar jednaki u usporedbi sa standardnim proizvodima na tržištu. Potrebna je i provedba fizikalnih, kemijskih i mikrobioloških analiza te određivanje roka trajanja. Rok trajanja određuje se uzimanjem u obzir uvjete skladištenja te fizikalne, kemijske i mikrobiološke promjene do kojih dolazi te treba biti u skladu s rokom trajanja standardnih proizvoda i očekivanjima potrošača (Morley, 2016).

#### **2.4.1 KREKERI**

Krekeri zauzimaju značajan dio globalnog tržišta snack proizvoda koje je u 2020. godini procijenjeno je na 20,6 milijardi američkih dolara (USD, United States dollar) pri čemu se do 2027. godine, uz godišnju stopu rasta od 5 %, predviđa porast na 29.1 milijardu USD (Research and Markets, 2021).

Krekeri su suhi, tanki i hrskavi pekarski proizvodi prilikom čije konzumacije dolazi do karakterističnog zvuka pucanja ili pucketanja. Proizvode od fermentiranog ili nefermentiranog tijesta i izrađuju u različitim oblicima (Yoneya i Nip, 2006). Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica (NN 81/2016), krekeri moraju sadržavati najmanje 10 % masti ili ulja, računato na ukupnu masu gotovog proizvoda i najviše 5 % vode. Većina tijesta za krekeri ima manje od 10 % masti, a viši sadržaj u gotovom proizvodu rezultat je prskanja površine uljem po izlasku iz pećnice nakon čega slijedi posipanje solju za poboljšanje senzorskih svojstava krekeri. Prskanje uljem također utječe na povećanu održivost uslijed smanjenja mogućnosti upijanja vlage (Lai i Lin., 2006).



Krekeri se dijele na nezaslađene i blago zaslađene (npr. Vic krekeri). Nezaslađeni krekeri mogu biti nefermentirani ili fermentirani. U nefermentirane kekere ubrajaju se laminirani krekeri bez masti (vodeni krekeri) te laminirani krekeri s mastima (lisnati krekeri), dok se u fermentirane ubrajaju laminirani krekeri s punjenjem u sredini (krem krekeri) te laminirani krekeri bez punjenja (soda i slani krekeri, npr. Tuc krekeri) (Zydenbos i Humphrey-Taylor, 2003; Yoneya i Nip, 2006).

Osnovne sirovine za proizvodnju krekeri su brašno, masti, sol, sredstvo za dizanje (kvasac i/ili kemijske tvari) i voda, dok se u dodatne sirovine ubrajaju npr. zaslađivači, mlijeko u prahu, jaja, začini, arome, proteolitički enzimi, emulgatori (Yoneya i Nip, 2006). Tradicionalno se krekeri proizvode od mekog pšeničnog brašna pri čemu je gluten glavna komponenta odgovorna za teksturu proizvoda, a povećani sadržaj vode smanjuje hrskavost krekeri (Nikolaidis i Labuza, 1996). U proizvodnji bezglutenskih kekica, kolača, muffina i krekeri najčešće se koristi rižino brašno u kombinaciji s brašnom, škrobom i bjelančevinama drugih žitarica, pseudožitarica i mahunarki za postizanje optimalnih svojstava tijesta i kvalitete gotovog proizvoda (Xu i sur., 2020). Većina žitarica bez glutena ima nizak sadržaj FODMAP-a (Ispiryan i sur., 2020), stoga se one mogu koristiti u razvoju proizvoda za oboljele od IBS-a i necelijakije osjetljivosti na gluten.

U proizvodnji krekeri od fermentiranog tijesta, tijesto se može proizvesti na dva načina. Prvi uključuje pripremu predzamjesa za starter za što je potrebno pomiješati dio brašna, vode i kvasac, slijedi fermentacija 12-16 sati, nakon čega se predzamjesu dodaje ostatak brašna i ostalih sirovina uključenih u recepturu te tijesto ponovno fermentira 1-4 sati. Drugi način je priprema tijesta bez predzamjesa („all-in“) kod kojeg se svi sastojci dodaju odjednom i miješaju do optimalnog razvoja tijesta, nakon čega slijedi fermentacija 4-16 sati. Daljnji koraci zajednički su u oba načina pripreme i uključuju: dijeljenje tijesta, valjanje, laminiranje, rezanje, posipanje solju i začinicima (opcionalno), pečenje, prskanje uljem (opcionalno), hlađenje i kondicioniranje te pakiranje (Yoneya i Nip, 2006).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1 MATERIJALI

##### 3.1.1. SIROVINE

U razvoju receptura za kreker s niskim udjelom FODMAP-a korišteno je heljdino integralno brašno (Mlin Pukanić, Hrvatska), kukuruzno bijelo brašno (Mlin Pukanić, Hrvatska), proseno brašno (Mlin Pukanić, Hrvatska), rižin protein (Nutrigoold, Kina), chia sjemenke (Nutrigoold, Bolivija), lanene sjemenke (Obiteljsko gospodarstvo iz Osijeka, godina berbe 2019.), bučina pogača (Poljoposavec, Hrvatska). Kemijski sastav chia sjemenki, lanenih sjemenki i bučine pogače, određivan u ovom diplomskom radu, prikazan je u tablici 7 u poglavlju 4.1., dok je kemijski sastav ostalih prethodno navedenih sirovina preuzet sa specifikacije proizvođača i prikazan u tablici 5.

Osim prethodno navedenih sirovina korišten je i LV1 starter (Livendo, Francuska), zatim pire od batata (dm-drogerie markt GmbH + Co. KG, Njemačka), od masnoća: Omegol masni namaz 59 % (Zvijezda, Hrvatska) i ulje komine masline (Olitalia, Italija), soda bikarbona (Podravka, Hrvatska) te začini: bijeli kristal šećer (Viro d.o.o., Hrvatska), sitna kuhinjska sol (Solana Pag, Hrvatska), mediteranski začin „Bella Italia“ (Italiamo, Italija), papar bijeli, kopar, kurkuma, vlasac, medvjedi luk i dimljena slatka paprika (Kotanyi, Austrija) te majčina dušica (Podravka d.d., Hrvatska).

Tablica 5. Kemijski sastav brašna i rižinih proteina preuzet sa specifikacija proizvođača [g/100 g proizvoda]

	<b>Kukuruzno bijelo brašno</b>	<b>Heljdino brašno</b>	<b>Proseno brašno</b>	<b>Rižin protein</b>
<b>Masti</b>	0,95	2,9	3,3	4,5
od toga zasićene	0,15	0,6	0,3	2,2
<b>Proteini</b>	6,27	10,8	10	83
<b>Vlakna</b>	2	7	12	0
<b>Ugljikohidrati</b>	78	70,1	73	2,9
od kojih šećeri	1,6	2,9	1	1,25
<b>Sol</b>	0,25	0,1	0,2	<0,05

### 3.1.2. REAGENSI

#### Određivanje fruktana

Korišten je Megazyme (Megazyme, Irska) komplet za određivanje fruktana koji sadrži:

- Bočica 1: saharaza (stabilno > 5 godina na temperaturi ispod -10 °C)
- Bočica 2: fruktanaza (stabilno > 5 godina na temperaturi ispod -10 °C)
- Bočica 3: inulin kontrolno brašno
- Bočica 4: levan kontrolno brašno
- Bočica 5: saharoza kontrolno brašno
- Bočica 6: D-fruktoza standardna otopina (1,5 mg/mL) u 0,2 %-tnoj benzojevoj kiselini

Priprema pufera:

- Pufer 1 - Na-maleatni pufer (100 mM, pH 6,5)

Potrebno je otopiti 11,6 g maleinske kiseline (Sigma Aldrich, SAD) u 900 mL destilirane vode, podesiti pH na 6,5 pomoću 2 M NaOH (T. T. T., Hrvatska) te dopuniti do 1L. Stabilnost > 3 mjeseci na 4 °C. U pripremi enzimske otopine A koristi se otopina pripremljena miješanjem 100 mL pufera 1 i 50 mg albumin goveđeg seruma (Sigma Aldrich, SAD).

- Pufer 2 – Na-acetatni pufer (100 mM, pH 4,5)

Potrebno je u 900 mL destilirane vode dodati 5,8 mL ledene octene kiseline (Carlo Erba, Francuska), podesiti pH na 4,5 pomoću 1 M NaOH te dopuniti do 1 L. Stabilnost > 3 mjeseci na 4 °C

Priprema enzima:

- Enzimska otopina A

Potrebno je otopiti sadržaj bočice u 22 mL pufera 1 (Na-maleatni pufer, 100 mM, pH 6,5 + albumin goveđi serum (0,5 mg/mL)). Otopinu podijeliti u manje volumene u polipropilenske epruvete. Stabilnost > 5 godina na temperaturi ispod -10 °C.

- Enzimska otopina B

Potrebno je otopiti sadržaj bočice 2 u 22 mL pufera 2 (Na-acetatni pufer, 100 mM, pH 4,5). Otopinu podijeliti u manje volumene u polipropilenske epruvete. Stabilnost > 5 godina na temperaturi ispod -10 °C.

Priprema reagensa:

- PAHBAH

a) otopina A: 10 g hidrazid p-hidroksibenzojeve kiseline (Sigma Aldrich, SAD) potrebno je dodati u 60 mL vode i miješati na magnetskoj mješalici. Otopini dodati 10 mL koncentrirane HCl (Carlo Erba, Francuska) te podesiti volumen na 200 mL destiliranom vodom. Stabilnost oko 2 godine na sobnoj temperaturi.

b) otopina B: u 500 mL destilirane vode potrebno je otopiti 24,9 g trinatrij citrata dihidrata (Sigma Aldrich, SAD). Otopini dodati 2,2 g kalcij klorid dihidrata (Sigma Aldrich, SAD). Zatim dodati 40,0 g NaOH i otopiti uz miješanje. (Otopina može biti mliječne boje ali nakon razrjeđivanja na 2 L postane prozirna.) Dopuniti destiliranom vodom do 2 L. Stabilnost oko 2 godine na sobnoj temperaturi.

c) Radni reagens: priprema se neposredno prije uporabe miješanjem 20 mL otopine A i 180 mL otopine B. Otopina je stabilna 4-5 h na ledu.

- Natrijev hidroksid (50 mM)

Potrebno je otopiti 2,0 g NaOH u 900 mL destilirane vode i podesiti volumen na 1L. Stabilnost oko 4 godine na sobnoj temperaturi.

- Alkalni borohidrid (10 mg/mL Na-borohidrida u 50 mM Na-hidroksidu)

U plastičnu epruvetu potrebno je odvagati 100 g Na-borohidrida (Fisher Scientific, UK) te je staviti u eksikator. Neposredno prije upotrebe otopiti Na-borohidrid u 10 mL NaOH. Stabilnost 4-5 h na sobnoj temperaturi.

- Octena kiselina (200 mM)

U 600 mL destilirane vode potrebno je dodati 11,6 mL ledene octene kiseline i podesiti volumen na 1 L destiliranom vodom. Stabilnost oko 4 godine na sobnoj temperaturi.

#### Određivanje masti po Soxletu

- Medicinski benzin (Petroleter) (Carlo Erba, Francuska)

#### Određivanje proteina po Kjeldahlu

- 4 %-tna borna kiselina ( $H_3BO_3$ ) (Poch, Poljska)
- obojeni indikator metil crveno i bromkrezol zeleno
- koncentrirana sumporna kiselina ( $H_2SO_4$ )-96 %-tna (Carlo Erba, Francuska)

- Kjeldahl-ove tablete ( $K_2SO_4 + CuSO_4$ ) (Merck, Njemačka)
- 40%-tna otopina natrijevog hidroksida (NaOH) (Lachner, Češka)
- 0,1 M klorovodična kiselina (HCl) (Carlo Erba, Francuska)

### Određivanje vlakana

- Megazyme enzimski set za određivanje vlakana K-INTDF 03/11 (enzimi pankreazna  $\alpha$ -amilaza, amiloglukozidaza, pročišćena proteaza) (Megazyme, Irska)
- Otopina pankreazne  $\alpha$ -amilaze (50 jedinica/mL) i amiloglukozidaze (AMG) (3,4 jedinice/mL): neposredno prije uporabe se otopi 0,15 g čiste pankreasne  $\alpha$ -amilaze (100000 jed/g; bočica 1 iz seta) u 290 mL maleatnog pufera (50 mM, pH 6,0 s 2 mM  $CaCl_2$ ) i miješa 5 min na magnetskoj mješalici. Doda se 0,3 mL AMG (bočica 2 iz seta). Otopina je stabilna > 2 god na  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  (ako sadrži Na-azid).
- Etanol, 95 % (Kefo, Slovenija)
- Etanol, 78 % (Kefo, Slovenija)  
(u odmjerku 1 L dodati 180 mL vode i nadopuniti s 95 %-tnim etanolom do oznake)
- Aceton (Gram-mol, Hrvatska)
- destilirana voda
- Celit (Sigma Aldrich, SAD)
- otopina za pranje filter lončića
- Natrij-maleatni pufer, 50 mM, pH 6,0 s 2 mM  $CaCl_2$ .  
Otopi se 5,8 g maleinske kiseline (Sigma-Aldrich, SAD) u 800 mL deionizirane vode i podesi pH na 6,0 s 4 M (160 g/L) otopinom NaOH. Doda se 0,3 g kalcijevog klorida dihidrata ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) (Sigma Aldrich, SAD) (i po želji 0,2 g natrijevog azida za produljenu stabilnost) i podesi volumen na 1 L. Otopina je stabilna 1 godinu na  $4\text{ }^\circ\text{C}$  (ako sadrži Na-azid)
- Trizma® Base, 0,75 M  
Otopi se 90,8 g Trizma® base (Sigma Aldrich, SAD) u ~800 mL deionizirane vode. Volumen se podesi na 1 L. Otopina je stabilna >1 god na sobnoj temperaturi.
- Octena kiselina, 2 M  
115 mL ledene octene kiseline (Carlo Erba, Francuska) pipetira se u odmjernu tikvicu obujma 1 L. Razrijedi se do oznake s deioniziranom vodom. Otopina je stabilna > 1 god na sobnoj temperaturi.

### 3.1.3. APARATURA I PRIBOR

#### Određivanje fruktana

- analitička vaga (Kern ALS 220-4N, Njemačka)
- velike staklene epruvete s čepom (25 x 150 mm)
- staklene epruvete (okruglo dno; 16 x 100 mm)
- plastične epruvete s čepom
- stalak za epruvete
- parafilm
- kivete za spektrofotometrijsko mjerenje
- mikropipete volumena 10-100 µL i 100-1000 µL
- spektrofotometar (Analytik Jena, SPECORD 50 PLUS)
- vortex uređaj
- vodene kupelji postavljene na 30 i 40 °C te vrijuća vodena kupelj (električna ploča i lonac)
- mikrocentrifuga (Thermo scientific)
- jednokratne polipropilenske epruvete za mikrocentrifugu od 1,5 mL
- štoperica

#### Određivanje sadržaja vode

- laboratorijski mlinac
- analitička vaga (Kern ALS 220-4N, Njemačka)
- metalne zdjelice sa standardiziranim poklopcem  $\Phi$  55 mm, visine 15 mm, otporne na koroziju
- laboratorijska žlica
- električni sušionik (Instrumentaria ST-01/02, Hrvatska)
- eksikator sa silikagelom i indikatorom zasićenosti

#### Određivanje količine pepela

- analitička vaga (Kern ALS 220-4N, Njemačka)
- porculanski lončići

- laboratorijska žličica
- električna ploča ili Bunsenov plamenik
- mufolna peć s regulatorom temperature i dovoljnim strujanjem zraka
- laboratorijska kliješta
- eksikator sa silikagelom i indeksom zasićenosti

#### Određivanje masti po Soxletu

- analitička vaga (Kern ALS 220-4N, Njemačka)
- čahure od filter papira
- staklene kuglice
- vata
- uređaj po Soxhletu s tikvicom s okruglim dnom volumena 250 mL
- stakleni lijevak
- rotavapor (Heidolph, Njemačka)
- sušionik (Instrumentaria ST-01/02, Hrvatska)
- eksikator sa silikagelom i indeksom zasićenosti

#### Određivanje proteina po Kjeldahlu

- analitička vaga (Kern ALS 220-4N, Njemačka)
- posudice za vaganje od nehrđajućeg čelika
- Tecator kivete, 500 mL (Foss, Danska)
- dispnzeta za koncentriranu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dispnzeta za bornu kiselinu
- digestor
- blok za spaljivanje (Kjeldahl Tecator DS-6 (1007) digester, Švedska)
- Efikasni sustav odvoda pare: aspirator ili pročistač plina ili tekuća voda.
- hvataljke
- uređaj za destilaciju (Kjeltec™ 2100, FOSS, Danska)
- Erlenmayerove tikvice, 250 mL
- bireta

## Određivanje vlakana

- analitička vaga (Kern ALS 220-4N, Njemačka)
- špatula
- staklene čaše
- pH metar, JENWAY 3510 (UK)
- magnetska miješalica, IKA® RT5 (Staufen im Breisgau, Njemačka)
- Duran boce, 250 mL i 500 mL
- mikropipete (50 - 200  $\mu$ m i 5 mL) i nastavci (Eppendorf, Njemačka)
- vodena kupelj s treslicom (Stuart, SBS40, UK)
- termometar
- štoperica
- stakleni filter lončići (50 mL, veličina pora 40 - 60  $\mu$ m) s celitom;  
priprema lončića za upotrebu: lončići se stave u mufolnu peć na 525 °C preko noći. Celite i pepeo se maknu koristeći vakuum. Lončići se stave u Labex, otopinu za pranje na sobnu temperaturu u trajanju od 1 h, a ispiru se vodovodnom i destiliranom vodom. Za zadnje ispiranje koristi se 15 mL acetona i lončići se ostave sušiti na zraku. U posušene lončice doda se 1 g Celite i stavi sušiti na 130 °C u sušionik do konstantne mase. Lončići se hlade u eksikatoru oko 1 h, nakon toga se izvažu i zabilježi im se masa.
- boce za odsisavanje, 500 mL
- stakleni lijevak za filtraciju
- gumeni prsten
- izvor vakuuma
- staklena menzura, 50 i 500 mL
- alu-folija
- električni sušionik (Thermo Scientific, HERATHERM OGS60, SAD)
- eksikator sa silikagelom i indeksom zasićenosti
- mufolna peć



## Izrada kreker

- tehnička vaga (Kern, Njemačka)
- špatula, žlica
- plastične čaše, staklenke
- termostatska komora (Memmert, Njemačka)
- kuhinjski mikser (EKM4000, Electrolux, Švedska)
- prozirna folija
- papir za pečenje
- valjak, podloga za valjanje visine 3 cm
- kalup za izrazivanje, nastavak za bušenje rupa
- pleh
- etažna peć (EB 064-320 IS 600, Wiesheu, Njemačka)

## **3.2. METODE RADA**

### **3.2.1. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA SIROVINA**

U ovom diplomskom radu određen kemijski sastav lanenih sjemenki, chia sjemenki i bučine pogače za dobivanje potpunih podataka o kemijskom sastavu sirovina. Metode korištene za određivanje kemijskog sastava navedenih sirovina korištene su i u određivanju kemijskog sastava proizvedenih kreker te su opisane u poglavlju 3.2.4.

#### **3.2.1.1. Određivanje udjela fruktana u sirovinama**

Određivanje udjela fruktana u brašnu bijelog kukuruza, prosa, heljde, proteinima riže, chia sjemenkama, lanenim sjemenkama, bučinoj pogači te pšeničnim posijama provedeno je prema metodi AOAC 999.03. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 8 u poglavlju 4.1.1.

#### **Postupak rada:**

##### A. Ekstrakcija fruktana

Ako uzorci sadrže 0-10 % fruktana odnosno 10-40 % fruktana u epruvetu (25x150 mm) je potrebno odvagati oko 400 mg odnosno oko 100 mg uzorka te dodati 25 mL destilirane vode. Epruvete se zatim začepi olabavljenim čepom i stavljaju u vruću kupelj na ukupno 10 min. Nakon 5 min sadržaj je potrebno promiješati i ostaviti još 5 min u kupelji. Nakon ukupno 10 min potrebno je izvaditi epruvete iz kupelji, ponovno snažno promiješati sadržaj te ih ohladiti na sobnu

temperaturu. Jednokratne propilenske epruvete potrebno je napuniti s 2 mL uzorka te centrifugirati na 13 000 okr/min, 5 min. Inulin, levan i saharoza standardi slijede iste korake, tretira ih se kao uzorke.

#### B. Uklanjanje sukroze, škroba, šećera

U staklenu epruvetu (16 × 100 mm) odpipetira se 0,2 mL supernatanta (nakon centrifugiranja) i dodaje 0,2 mL enzimske otopine A. Provodi se inkubacija u vodenoj kupelji na 30 °C kroz 30 min. U istu epruvetu se zatim dodaje 0,2 mL otopine alkalnog borohidrida, epruveta se snažno promućka i prekrije parafilmom. Provodi se inkubacija na 40 °C kroz 30 min. Nakon toga se u epruvetu dodaje 0,5 mL ledene octene kiseline te se ona vorteksira. Dobivena otopina naziva se „Otopina S“.

#### C. Hidroliza i mjerenje fruktana

U 3 plastične epruvete odpipetira se po 0,2 mL „Otopine S“, nakon čega se u 2 od 3 epruvete dodaje 0,1 mL enzimske otopine B (uzorci), dok se u treću epruvetu dodaje 0,1 mL pufera 2 (slijepa proba; „Sample blank“) Zatim se epruvete, pokrivene parafilmom, inkubiraju na 40 °C kroz 30 min.

Za vrijeme inkubacije potrebno je pripremiti kontrolne otopine: slijepu probu („Reagent blank“) i D-fruktoza kontrolu. Za pripremu „Reagent blank“ pomiješa se 0,3 mL pufera 2 i 5 mL PAHBAH radnog reagensa. Za pripremu D-fruktoza kontrole pomiješa se 0,2 mL D-fruktoza standardne otopine (bočica 6) i 0,9 mL pufera 2. Dobivena otopina podijeli se na 4 alikvota po 0,2 mL u koje se doda 0,1 mL pufera 2 i 5 mL PAHBAH radnog reagensa (neposredno prije inkubacije skupa s uzorcima).

Po 5 mL PAHBAH radnog reagensa dodaje se u sve epruvete: uzorke (uključujući kontrole inulin i levan), slijepu probu („Sample bank“) te kontrolne otopine: slijepu probu („Reagent blank“) i D-fruktoza standard te se provodi inkubacija točno 6 min u vrijućoj vodenoj kupelji. Nakon 6 min, epruvete se izvade iz kupelji te uranjaju u hladnu vodu oko 5 min da se ohlade. Slijedi mjerenje apsorbancije na 410 nm, uz slijepu probu („Reagent blank“).

Za izračun udjela fruktana u uzorcima na temelju izmjerenih apsorbancija korišten je Megazyme Mega-Calc™ kalkulator.

### 3.2.2. RAZVOJ RECEPTURA ZA KREKERE

Nakon prikupljenih podataka o kemijskom sastavu sirovina definirano je devet receptura za kreker optimalnog nutritivnog sastava za oboljele od sindroma iritabilnog crijeva i necelijakije osjetljivosti na gluten (tablica 6) u kojima ~45-55 % energije potječe iz ugljikohidrata (pri čemu na 1000 kcal ima 8-14 g vlakana), ~20-35 % energije potječe iz masnoća bogatim polinezasićenim masnim kiselinama, a ostatak energije (~25-32 %) potječe iz visokovrijednih proteina.

Tablica 6. Recepture za kreker

SIROVINA [g]	REC 1	REC 2	REC 3	REC 4	REC 5	REC 6	REC 7	REC 8	REC 9
<b>PREDZAMJES ZA STARTER</b>									
<i>Kukuruz</i>	14		15	15	4				
<i>Proso</i>	6		6	6	8	12	4		17
<i>Heljda</i>					6	12	16	20	3
<i>Rižini proteini</i>	6							6	
<i>LV1</i>	0,13		0,1	0,1	0,1	0,12	0,1	0,13	0,1
<i>Voda</i>	40		31,5	31,5	27	36	30	39	30
<b>GLAVNI ZAMJES</b>									
<i>Kukuruz</i>	70	60	60	60	16				
<i>Proso</i>	30	24	24	24	32	60	20		85
<i>Heljda</i>					24	60	80	100	15
<i>Rižini proteini</i>	30	24	30	30	15	35	30	30	10
<i>Lan</i>				15		15		15	5
<i>Buča</i>					15				40
<i>Chia</i>	15+30 mL vode	9+18 mL vode	15+30 mL vode		10+20 mL vode		10+20 mL vode		
<i>Pire od batata</i>			25	25		25	20	30	30
<i>Omegol masni namaz 59 %</i>	20	20	50	50	30	20	15		15
<i>Maslinovo ulje</i>								25	
<i>Soda bikarbona</i>	0,5	0,25	1	1	1	1	1	1	1
<i>Kvasac</i>		1,75							
<i>Voda</i>	30	65		30	25	60	30	60	44
<i>Šećer</i>	1,4	2	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
<i>Sol</i>	1,25	1,8	2	2	1	1	1	1	1
<i>Mediteranski začini</i>			1			1			
<i>Vlasac</i>				2			0,5		
<i>Dimljena paprika</i>					0,5				
<i>srijemuš</i>					0,5		0,5		
<i>Kurkuma</i>								0,5	
<i>Kopar</i>								2	

Pripremljena su tijesta za kreker prema 9 različitih receptura pri čemu je njih 8 uključivalo pripremu predzamjesa za starter koji se nakon fermentacije 12-16 h na 30 °C dodao glavnom zamjesu. Zamjes recepture 2 bio je bez pripreme predzamjesa („all-in“). Kod pripreme glavnog zamjesa najprije je u kuhinjskom mikseru pomiješana masnoća i šećer (sporo, 1 min). Nakon toga, ovisno o recepturi, umiješani su rižini proteini, prethodno namočene chia sjemenke u odgovarajućem volumenu vode, lanene sjemenke, bučina pogača, soda bikarbona, sol i ostali začini (sporo, 3 min). Sljedeći korak odnosio se na dodatak startera, čija je pH vrijednost prethodno

bila izmjerena, i vode (miješanje sporo, 1 min + brzo, 1 min). Na kraju je dodano brašno (miješanje sporo, 10 min). Pripremljeno tijesto odmaralo je u hladnjaku 30 min, nakon čega je izvaljano na debljinu od 3 cm, izrezano kalupom te su izbušene rupe. Pečenje krekeri provedeno je na temperaturi od 180 °C, 10 min na jednoj, 10 min na drugoj strani, nakon čega su krekeri ponovno okrenuti i pečeni dodatnih 10 min. Nakon pečenja provedeno je hlađenje u trajanju od 30 min.

### **3.2.3. SENZORSKA ANALIZA KREKERA**

Senzorska analiza krekeri provedena je u Laboratoriju za kemiju i tehnologiju žitarica na Prehrambeno-biotehnoškome fakultetu u Zagrebu. U prvoj provedenoj senzorskoj analizi odabrani panel od šest članova ocijenio je devet šifriranih uzoraka krekeri, izrađenih prema različitim recepturama. Najprije je provedena hedonistička senzorska analiza u kojoj su se na ljestvici od 1 („izrazito mi se ne sviđa“) do 9 („izrazito mi se sviđa“) ocjenjivali uzorci s obzirom na sveukupni doživljaj. Zatim je proveden test nizanja po preferenciji kod kojeg su ispitanici uzorke rangirali od najviše preferiranog (ocjena 1) do najmanje poželjnog (ocjena 9). Korišteni senzorski upitnik prikazan je u prilogu 1.

U drugoj provedenoj senzorskoj analizi krekeri odabrani panel od devet članova ocijenio je četiri najbolje ocijenjenih uzoraka krekeri iz prethodne analize. Najprije se deskriptivnom senzorskom analizom krekeri ocjenjivao intenzitet pojedinog senzorskog svojstva na ljestvici od 0 do 10. Bodovani parametri bili su: vanjski izgled (boja i ujednačenost površine), miris (ukupno), okus i aroma (gorko, naknadno gorak okus i ukupno) te tekstura u ustima (tvrdoća, žvakljivost, zrnatost/granuliranost, suhoća, topljivost i oblaganje zuba). Slijedila je hedonistička senzorska analiza krekeri u kojoj se na ljestvici od 1 do 9 ocjenjivalo sviđanje pojedinog senzorskog svojstva svakog od četiri uzoraka (vanjski izgled, miris, okus i aroma, tekstura u ustima, sveukupni doživljaj). Korišteni senzorski upitnik prikazan je u prilogu 2.

### 3.2.4. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA SIROVINA I KREKERA

#### 3.2.4.1. Određivanje udjela vode

Udio vode određen prema Pravilniku o metodama fizikalno-kemijskih analiza za žita i mlinske proizvode 74/88 (ICC 110/1) u uzorcima chia sjemenki, lanenih sjemenki i bučine pogače te krekerima proizvedenima prema četiri odabrane recepture.

#### Postupak rada:

U prethodno osušenu i izvaganu metalnu zdjelicu s poklopcem odvaži se 3 g samljevenog uzorka s točnošću od 0,0001 g. Otvorena zdjelica s uzorkom i poklopcem unese se u sušionik i ostavi 90 min. Vrijeme sušenja računa se od trenutka kad temperatura sušionika nakon unošenja posudice dosegne 130 °C - 133 °C. Nakon sušenja zdjelica se brzo izvadi, poklopi, ohladi u eksikatoru na sobnu temperaturu i važe s točnošću od 0,0001 g. Pri ispitivanju svakog uzorka obavljaju se dva istovremena određivanja.

Ukupna količina vode iskazuje se u postocima mase uzorka i izračunava prema formuli:

$$\text{Količina vode (\%)} = \frac{(m_0 - m_1) \times 100}{m_0} \quad [1]$$

gdje je:

$m_0$  = masa uzorka [g]

$m_1$  = masa uzorka nakon sušenja [g]

Dobiveni podaci o količini vode u uzorku koriste se za izračun udjela količine suhe tvari, a izračunava se prema formuli:

$$\text{suha tvar (\%)} = 100 \% - \text{količina vode (\%)}$$

#### 3.2.4.2. Određivanje udjela pepela

Udio pepela određen je metodom za određivanje pepela, izrađenoj prema protokolu AACC 08 – 01.01., u uzorcima chia sjemenki, lanenih sjemenki i bučine pogače te krekerima proizvedenima prema četiri odabrane recepture.

### **Postupak rada:**

Odvagne se 3 g (s točnošću 0,0001 g) samljevenog uzorka u porculanski lončić, prethodno izžareni, ohlađeni u eksikatoru i izvagan odmah nakon što se ohladio na sobnu temperaturu. Uzorak u lončiću najprije se karbonizira na električnoj ploči ili Bunsenovom plameniku nakon čega se stavlja u mufolnu peć zagrijanu na 550 °C i ostavi u peći dok se ne postigne jednolično svijetlo sivi pepeo ili do postizanja pepela konstantne mase. Nakon spaljivanja, porculanski lončić s pepelom se ohladi u eksikatoru i važe čim postigne sobnu temperaturu. Za svaki uzorak rade se dvije paralele, a kao rezultat uzima srednja vrijednost. Količina pepela iskazuje se prema postocima mase prema suhoj tvari i izračunava prema formuli:

$$\text{Količina pepela (\%)} = \frac{m_1}{m_0} * 100 \quad [2]$$

gdje su:

$m_0$  = masa uzorka [g]

$m_1$  = masa uzorka nakon spaljivanja [g]

### **3.2.4.3. Određivanje udjela masti**

Udio masti određen je metodom po Soxhletu (AACC 30-25.01 iz 1961) u uzorcima lanenih sjemenki i bučine pogače te krekerima proizvedenima prema četiri odabrane recepture za dobivanje potrebnih podataka o kemijskom sastavu. Odmašćeni uzorci chia sjemenki, lanenih sjemenki, bučine pogače te krekeri korišteni su za određivanje vlakana.

### **Postupak rada:**

U vrećicu od filter papira odvaži se 5-10 g uzorka te na vrh stavi vata, nakon čega se ona stavi u ekstraktor, srednji dio Soxhletove aparature. Ekstraktor je s donje strane spojen na prethodno osušenu, ohlađenu i izvaganu tikvicu s okruglim dnom u koju se stave 3 staklene kuglice, a koja se nalazi u kupelji. S gornje strane ekstraktor je spojen na povratno hladilo kroz koje se pomoću staklenog lijevka ulijeva otapalo za ekstrakciju masti odnosno petrol-eter toliko da se ekstraktor napuni i pomoću kapilarne cjevčice isprazni u tikvicu dva puta. Kroz hladilo se pusti vrlo jaki mlaz vode te se počinje sa zagrijavanjem uslijed čega dolazi do kondenzacije otapala te ono ponovno pada na uzorak i na taj način ekstrahira mast. Kontinuirana ekstrakcija provodi se 8 h uz konstantan oprez da ne bi došlo do zapaljivanja uzorka. Ekstrakcija se prekida u trenutku kada se otapalo iz

ekstraktora prelije u tikvicu, a čahura ostane u ekstraktoru bez otapala. Uređaj se rastavi i izvadi čahura s uzorkom, nakon čega se ponovo sastavi i otapalo predestilira iz tikvice u prazan ekstraktor iz kojeg se nakon završene destilacije odlije. Nakon ekstrakcije, otapalo se otpari, a tikvica s ostatkom se suši 1 sat na 105 °C, hladi u eksikatoru i važe. Sušenje se nastavlja do konstantne mase. Udio masti izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$Udjel\ masti = \frac{(m_1 - m_2) * 100}{m_0} \quad [3]$$

gdje je:

$m_0$  = masa uzorka [g]

$m_1$  = masa tikvice s ekstraktom i staklenim kuglicama za vrenje [g]

$m_2$  = masa prazne tikvice sa staklenim kuglicama za vrenje [g]

#### **3.2.4.4. Određivanje udjela proteina**

Udio proteina u uzorcima lanenih sjemenki i bučine pogače te krekerima proizvedenima prema 4 odabrane recepture određen je prema normi HRN ISO 1871 : 1999 (ISO 1871 : 1975 (E)) ICC 105/2 i metodi AACC 46 - 12.

Princip metode temelji se na razaranju organskih tvari iz uzorka zagrijavanjem sa sumpornom kiselinom uz  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  kao katalizator i  $\text{K}_2\text{SO}_4$  koji povisuje vrelište toj kiselinu uz oslobađanje proteinskog i neproteinskog dušika (osim dušika vezanog uz nitrata i nitrite) koji zaostaje u obliku amonijevih soli (amonijev sulfat). Dodatkom natrijeva hidroksida, iz amonijeva sulfata oslobađa se amonijak koji se predestilira u bornu kiselinu, a nastali amonijev borat titrira se klorovodičnom kiselinom.

#### **Postupak rada:**

##### Priprema borne kiseline

Potrebno je 40 g borne kiseline otopiti u prokuhanjoj destiliranoj vodi te otopinu uliti u odmjernu tikvicu volumena 1 L i do oznake dopuniti prokuhanom destiliranom vodom. Nakon hlađenja u prethodno priređenu bornu kiselinu potrebno je dodati indikatore: 12,5 mL bromkrezol zeleno i 8,75 mL metilnog crvenila. Nadopuniti do oznake ohlađenom redestiliranom vodom i prelići u bocu.

### Spaljivanje

Odvagne se 1 g uzorka i prebaci u Tecator kivete pazeći da grlo kivete ostane čisto. U svaku kivetu dodaje se 1 tableta Kjeldahl katalizatora te 12,5 mL koncentrirane sumporne kiseline iz boce sa dozatorom. U kivetu za slijepu probu ne stavlja se uzorak. Sadržaj kivete se promiješa dok se uzorak potpuno navlaži s kiselinom te se one stavljaju u blok za spaljivanje, koji se nalazi u digestoru. Na kivete se stavlja aspirator spojen na vodu te se one omotaju folijom. Grijač se najprije upali na 3 te se svakih 15-20 min pojačava za po 3 dok se ne dođe do jačine 9, nakon čega se uzorak dalje spaljuje 1 sat. Po završetku spaljivanja, tekućina u kivetama je bistro zelene boje. Kivete se pomoću hvataljke izvade iz uređaja i ostave hladiti do sobne temperature.

### Destilacija:

Nakon hlađenja, u svaku se epruvetu dodaje 80 mL destilirane vode. Erlenmayer-ove tikvice isperu se s malo borne kiseline nakon čega se u svaku doda 25 mL borne kiseline iz boce s automatskom pipetom. Potrebno je uključiti uređaj za destilaciju i pustiti vodu da se napuni generator pare (ventil ispuštanja vode mora biti zatvoren). Na postolje namijenjeno za prihvatnu tikvicu stavlja se prazna tikvica dok na mjesto predviđeno za kivetu s uzorkom stavlja prazna kiveta te se pokreće proces. Kada je generator pare pokrenut, u prihvatnu praznu tikvicu skuplja se kondenzat što pokazuje da je sistem zagrijan i u funkciji. Nakon provjere, na postolje za prihvatnu tikvicu stavlja se tikvica sa bornom kiselinom u koju se uroni cjevčica, a na mjesto za kivetu se stavlja kiveta sa spaljenim uzorkom. Ponovno se pokreće proces kojim se u kivetu dozira 50 mL 40 % NaOH. Destilacija se provodi automatski 4 min nakon čega se kivete pažljivo vade iz uređaja kliještima budući da su vruće, a njihov sadržaj se baca te ih je potrebno isprati.

### Titracija

Sadržaj Erlenmayerove tikvice tijekom destilacije mijenja boju iz ružičaste u zelenu što pokazuje prisustvo amonijaka. Pomoću birete se provodi titracija klorovodičnom kiselinom čiji se utrošak za promjenu boje iz zelene ponovo u ružičastu bilježi te se pomoću njega izračunava postotak dušika i udio proteina u uzorcima.



**Račun:**

$$\% \text{ ukupnog } N = \frac{(T-B) \times N \times 14,007 \times 100}{m} \quad [4]$$

$$\% \text{ proteina} = \% N \times F \quad [5]$$

gdje je:

T – volumen HCl utrošen za titraciju uzorka [mL]

B – volumen HCl utrošen za titraciju slijepa probe [mL]

N – molaritet kiseline

m – masa uzorka [mg]

F – faktor za preračunavanje % dušika u proteine (Za preračunavanje sadržaja dušika u bjelančevine koristio se faktor 6,25)

**3.2.4.5. Određivanje udjela netopljivih i topljivih prehrambenih vlakana**

Metoda za analizu netopljivih i topljivih prehrambenih vlakana modifikacija je AACC 32 - 05.01 metode za određivanje ukupnih prehrambenih vlakana i AACC 32 - 21.01 metode za određivanje topljivih/netopljivih prehrambenih vlakana. Udio netopljivih i topljivih prehrambenih vlakana određen je u odmašćenim uzorcima chia sjemenki, lanenih sjemenki i bučine pogače te krekeri proizvedenih prema četiri odabrane recepture. Uzorci se odmastiti prethodno opisanom metodom po Soxhlet-u.

**Priprema i hidroliza uzorka**

U Duran boce s čepom odvaži se  $1,000 \pm 0,005$  g samljevenog uzorka (<0,5 mm) u duplikatu te se uzorak navlaži s 1 mL etanola (95 %-tni). Doda se 40 mL maleatnog pufera (pH 6) koji sadrži pankreasnu  $\alpha$ -amilazu i amiloglukozidazu. Uzorci se zatim inkubiraju u vodenoj kupelji s tresilicom na 37 °C točno 16 h, pod brzinom trešnje 120 okr/min. Potom se doda 3,0 mL 0,75 M trizma bazične otopine (konačni pH ~ 8,2) te se uzorak lagano promućka. Boce s malo olabavljenim čepom se stave u drugu kupelji na 95-100 °C na 20 min (temperaturu provjeriti termometrom - temperatura u boci treba biti > 90 °C) te ih treba povremeno protresti rukom. Slijedi hlađenje uzorka 60 °C (potrebno je provjeriti temperaturu uranjanjem termometra), nakon čega se dodaje 100  $\mu$ L otopine proteaze, promućka i inkubira na 60 °C, 30 min, uz trešnju. Boce se izvade iz kupelji i odmah se doda 4,0 mL 2 M octene kiseline (konačni pH ~ 4,3).

### Određivanje netopljivih vlakana

Za netopljiva vlakna, prethodno osušen i izvagan lončić s celitom namoči se s ~15 mL 78 %-tnog etanola pomoću boce štrcaljke, poravna i posuši pod vakuumom da bude mat. Taj etanol se skuplja u boci za odsisavanje zajedno s etanolom i acetonom koji se koriste za ispiranje uzorka nakon filtracije, dok se filtrat od uzorka skuplja u posebnoj boci za odsisavanje. Potom se otopina uzorka i enzima profiltrira, te ispere (Duran boca i ostatak) 7 puta s po 5 mL destilirane vode zagrijane na 60 °C. Sakupljeni filtrat se podesi na volumen 70 mL i sačuva za određivanje topljivih vlakana. (U Duran boce od 500 mL). Ostatak na lončiću se ispere sa po dvije porcije od 15 mL slijedećeg: 78 %-tni etanol, 95 %-tni etanol i aceton. Filtrat od ispiranja se baca. Lončići se osuše na 105 °C preko noći prekriveni alu-folijom i nakon hlađenja izvažu. Provodi se korekcija za proteine i pepeo te se izračuna udjel netopljivih vlakana velike molekulske mase (IDF).

### Određivanje topljivih vlakana

Za određivanje topljivih vlakana velike molekulske mase (SDFP) potrebno je zagrijati filtrat (~70 mL) na 60 °C te dodati 340 mL (volumen izmjeren na sobnoj temperaturi) 95 %-tnog etanola zagrijanog na 60 °C (u Duran bocama od 500 mL) i dobro promiješati. Otopina se taloži na sobnoj temperaturi 60 min, a potom filtrira kao za netopljiva vlakna, s tim da se sadržaj boce kvantitativno prenese sa 78 %-tnim etanolom. Ostatak na lončiću se osuši i korigira za proteine i pepeo kao kod određivanja netopljivih vlakana. Za određivanje topljivih vlakana male molekulske mase (SDFS) na HPLC-u potrebno je sačuvati filtrat.

Račun: Udio netopljivih vlakana i topljivih vlakana velike molekulske mase računa se iz mase ostatka na lončiću nakon sušenja i hlađenja koji je potrebno korigirati za proteine i pepeo. Dobivena se masa odnosi na suhu tvar u odmašćenom uzorku te ju je potrebno preračunati u g/100 g uzorka.

### **3.2.5. IZRADA DEKLARACIJE**

Deklaracije za četiri najbolje senzorski ocijenjena krekeri izrađene su na temelju rezultata provedenih kemijskih analiza, pri čemu je udio ugljikohidrata određen računski, oduzimanjem mase vode, masti, proteina, pepela i vlakana od ispitivane količine namirnica (100 g).

Energetska vrijednost krekeri izračunata je množenjem količine proteina s 4 kcal (17 kJ), raspoloživih ugljikohidrata s 4 kcal (17 kJ), masti s 9 kcal (37 kJ) i vlakana s 2 kcal (8 kJ) u 100 g proizvoda prema Pravilniku o navođenju hranjivih vrijednosti hrane (NN 29/09).

U prilogima 3, 4, 5 i 6 nalaze se deklaracije krekeri s niskim sadržajem FODMAP-a čiji je sadržaj u skladu s Pravilnikom o označavanju, reklamiranju i prezentiranju hrane (NN 63/2011), Pravilnikom o navođenju hranjivih vrijednosti hrane (NN 29/2009), Pravilnikom o prehranbenim i zdravstvenim tvrdnjama (NN 84/2010) te Pravilnikom o hrani bez glutena (NN 83/2010).

### **3.2.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA**

Za statističku obradu podataka korišteni su programi Microsoft Office Excel 2016 i GraphPad Prism. Obradom podataka u Microsoft Office Excel 2016 rezultati mjerenja izraženi su kao srednja vrijednost sa standardnom devijacijom. GraphPad Prism korišten je s ciljem detektiranja statistički značajnih razlika između uzoraka za što je provedena je analiza varijance (ANOVA - eng. Analysis of variance) s Tukey post-hoc testom pri čemu je kao granica statističke značajnosti postavljena vrijednost  $p \leq 0,05$ .

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog diplomskog rada bio je razviti recepture za funkcionalni snack proizvod optimalnog nutritivnog sastava za osobe oboljele od sindroma iritabilnog crijeva i necelijakijske osjetljivosti na gluten, tj. krekerne s niskim sadržajem FODMAP-a, bogate proteinima i prirodno bogate vlaknima. Pritom su korištene bezglutenske sirovine kako bi, uz kontrolu kontaminacije, proizvod bio pogodan i za oboljele od celijakije.

Za dobivanje potpunih podataka o kemijskom sastavu sirovina određen je kemijski sastav lanenih i chia sjemenki te bučine pogače (tablica 7), dok su za ostale sirovine uzeti podaci sa specifikacije proizvođača. Sadržaj fruktana u odabranim sirovinama (tablica 8) određen je prema metodi AOAC 999.03. U razvoj devet različitih receptura za krekerne (tablica 6) uključene su bezglutenske sirovine s malim sadržajem fruktana. Provedeno je pečenje devet različitih krekerne (slika 3) nakon čega su na temelju rezultata provedene hedonističke senzorske analize i testa nizanja po preferenciji (slika 4 i 5) odabrane četiri najbolje recepture. Daljnja deskriptivna i hedonistička senzorska analiza (tablica 9 i slika 6) provedena je za odabir najoptimalnije recepture. Korišteni senzorski upitnici nalaze se u prilogima 1 i 2. Nutritivne deklaracije (prilozi 3-6) izrađene su na temelju kemijskog sastava četiri najbolje ocijenjenih krekerne (tablica 10).

### 4.1. KEMIJSKI SASTAV SIROVINA

U ovom diplomskom radu određen je kemijski sastav bučine pogače, chia sjemenki i lanenih sjemenki (tablica 7). Za ostale korištene sirovine uzeti su podaci sa specifikacije proizvođača.

Tablica 7. Kemijski sastav bučine pogače, chia sjemenki i lanenih sjemenki [g/100 g uzorka]

	Bučina pogača	Chia sjemenke	Lanene sjemenke
<b>Pepeo</b>	<b>7,49±0,06</b>	<b>4,76±0,00</b>	<b>3,85±0,01</b>
<b>Mast</b>	<b>15,77±0,04</b>	31	<b>26,63±0,29</b>
<b>Proteini</b>	<b>59,44±0,21</b>	20	<b>23,75±0,18</b>
<b>Vlakna</b>	<b>14,80</b>	<b>37,90</b>	<b>27,88</b>
od toga topljiva	<b>6,85±0,02</b>	<b>7,26±0,00</b>	<b>7,24±0,00</b>
od toga netopljiva	<b>7,95±0,00</b>	<b>30,64±0,02</b>	<b>20,64±0,05</b>
<b>Ugljikohidrati</b>	<b>nd</b>	2	<b>8,98</b>

\* podebljane vrijednosti dobivene su analizama u ovom diplomskom radu, a ostale su preuzete sa specifikacije proizvođača

\*\*nd= nedetektirano

Korištenje nusproizvoda prerade ulja ima veliki potencijal u razvoju funkcionalnih pekarskih proizvoda. Bučine sjemenke, koje karakterizira visoka biološka i hranjiva vrijednost uslijed visokog sadržaja ulja i proteina, također su bogat izvor karotenoida, bioaktivnih spojeva, vitamina i minerala. Glavni nusproizvod u proizvodnji bučinog ulja je bučina pogača koja sadrži do 65 % proteina (Kotecka Majchrzak i sur., 2020). U analiziranom uzorku utvrđen je sadržaj proteina od 59,44 %. Određen je udio ukupnih vlakana u iznosu od 14,80 %, a 15,77 % bučine pogače čini mast koja zaostaje u procesu proizvodnje ulja. Nakon hladnog prešanja u proizvodnji ulja, sadržaj ulja u pogači kreće se i do 30-35 % računato na suhu tvar, a iskorištenje je veće u slučaju primjene postupka ekstrakcije ulja otapalom (Jukić i sur., 2019).

Chia sjemenke bogat su izvor masnih kiselina, proteina, vlakana, vitamina B skupine i mineralnih tvari kao što su fosfor, kalcij, magnezij. Također, sadrže spojeve sa značajnim antioksidacijskim potencijalom (Kotecka Majchrzak i sur., 2020). Kemijski sastav korištenih chia sjemenki prikazan u tablici 7 u skladu je s istraživanjem Da Silve i sur. (2017) o kemijskom sastavu chia sjemenki s različitih područja Brazila, koje je utvrdilo visoke koncentracije vlakana (prosječno 25,3 %), masti (prosječno 31,2 %) i proteina (prosječno 18,9 %). Chia sjemenke imaju visoku sposobnost upijanja vode, do 15 puta veću od njihove mase (Ullah i sur., 2016), uslijed čega dolazi do stvaranja gela koji je u pripremi tijesta za krekeru imao ulogu u povezivanju sastojaka.

Povoljan učinak lanenih sjemenki na zdravlje i poboljšanje nutritivnog profila prehrambenih proizvoda pripisuje se visokom sadržaju proteina i esencijalnih nezasićenih masnih kiselina, prvenstveno  $\alpha$ -linolenske kiseline, zatim antioksidansa, mikroelemenata i lignana. Prema Coskuner i Karababa (2007), lanene sjemenke u prosjeku sadrže 30-40 % masti, 20-25 % bjelančevina, 20-28 % ukupnih vlakana, 4-8 % vlage te 3-4 % pepela. Dobiveni rezultati provedene kemijske analize, prikazani u tablici 7, u skladu su s navedenim literaturnim podacima. Prethodna istraživanja dodatka lanenih sjemenki u proizvodnji keksa pokazala su da djelomičnom zamjenom pšeničnog brašna mljevenim sjemenkama lana, u količini do 12 %, ne dolazi do negativnog utjecaja na fizička i senzorska svojstva proizvoda (Khouryieh i Aramouni, 2012), dok su Čukelj i sur. (2017) odgovarajućom kombinacijom brašna od žitarica s mljevenim lanenim sjemenkama postigli senzorsku prihvatljivost višezrnatog keksa s lanenim sjemenkama sličnu onoj keksima od bijelog brašna. Pri tome je dokazano da je, u odnosu na cjelovite sjemenke, u mljevenim lanenim sjemenkama veća biodostupnost lignana i  $\omega$ -3 masnih kiselina. Istovremeno, zbog toga u

mljevenim lanenim sjemenkama dolazi do brže lipidne oksidacije i razvoja specifične arome po ribi koja potječe od  $\omega$ -3 masnih kiselina, pa je važno voditi brigu o održivosti proizvoda (Edel i sur., 2015).

#### 4.1.1. SADRŽAJ FRUKTANA U SIROVINAMA

Sadržaj fruktana u odabranim sirovinama određen je prema metodi AOAC 999.03. Za odabrane sirovine, isključujući pšenične posije, poznato je da imaju nizak udio FODMAP-a. Ispitivanje je provedeno s ciljem utvrđivanja mogućnosti veće kroskontaminacije koja predstavlja problem npr. u slučaju glutena. Rezultati, izraženi kao g fruktana/100 g suhe tvari uzorka, prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Sadržaj fruktana u sirovinama [g/100 g suhe tvari uzorka] izražen kao srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija

<b>SIROVINA</b>	<b>Fruktani [g/100 g suhe tvari uzorka]</b>
<b>Kukuruzno bijelo brašno</b>	0,03 $\pm$ 0,06
<b>Proseno brašno</b>	0,29 $\pm$ 0,01
<b>Heljdino brašno</b>	nd
<b>Proteini riže</b>	0,14 $\pm$ 0,00
<b>Chia sjemenke</b>	0,36 $\pm$ 0,00
<b>Lanene sjemenke</b>	0,64 $\pm$ 0,22
<b>Bučina pogača</b>	0,83 $\pm$ 0,03
<b>Pšenične posije</b>	2,68 $\pm$ 0,28

*\*nd = nije detektirano*

Od ispitivanih sirovina, najveći sadržaj fruktana određen je u pšeničnim posijama. Prema Ispiryana i sur. (2020) sadržaj fruktana u pšeničnim posijama je nešto viši i iznosi 3,40 g/100 g suhe tvari. Budući da se fruktani u žitaricama kao što su pšenica, pir, raž i ječam uglavnom nalaze u vanjskim slojevima zrna (Haska i sur., 2008), posije sadrže najveće količine fruktana. Slijede prekrupa te brašna s najmanje vanjskih dijelova zrna što za posljedicu ima niži sadržaj fruktana. Prema Ispiryana i sur. (2020), pšenična prekrupa sadrži 1,88 g fruktana /100 g suhe tvari, a pekarsko brašno 1,19 g/100 g suhe tvari. U navedenom radu također je određen sadržaj fruktana u piru (0,85 g/100

g suhe tvari), ječmu (1,38 g/100 g suhe tvari) i raži (3,61 g/100 g suhe tvari). Radi se o žitaricama koje su, kao i pšenica, bogati izvori fruktana pri čemu je najveći sadržaj fruktana određen u raži. Osim GOS, u ovim sirovinama nisu pronađene značajne količine drugih FODMAP-a.

Bijelo kukuruzno brašno sadržavalo je najmanje fruktana. Knudsen i sur. (2017) odredili su sadržaj fruktana u cijelom zrnu kukuruza u iznosu od 0,5 g/100 g suhe tvari uzorka. Kukuruzna brašna sadrže niže udjele fruktana.

U prošenom brašnu određen je mali sadržaj fruktana, dok su u heljdinom brašnu fruktani bili ispod razine detekcije. Prema Ispiryan i sur. (2020), proso, heljda i zob često su korištene sirovine u proizvodnji bezglutenskih proizvoda koje karakterizira niski sadržaj fruktana, manji od 0,1 g/100 g suhe tvari uzorka, dok je sadržaj GOS-a niski do umjereni te u zobi iznosi 0,31 g/100 g suhe tvari, kod prosa je upola manji, a kod heljde iznosi 0,01 g/100 g suhe tvari.

Heljda, koja se trenutno nalazi na popisu žitarica s niskim sadržajem FODMAP-a, sadrži oligosaharid fagopiritol koji predstavlja većinu topljivih ugljikohidrata. Njegova je struktura slična strukturi GOS-a te potencijalno negativno utječe na simptome IBS-a, za što su potrebna daljnja istraživanja (Ispiryan i sur., 2020).

U uzorku proteina riže (sadržaj proteina min. 80 %) određen je mali sadržaj fruktana. U proizvodnji proteinskih izolata (~90 % proteina) ili proteinskih koncentrata (40-75 % proteina) često se koriste i mahunarke s obzirom na to da su dobar izvor proteina. Navedeni proizvodi koriste se za povećanje nutritivne vrijednosti npr. bezglutenskih proizvoda ili zbog povoljnog utjecaja na reološka svojstva gotovog proizvoda. Sadržaj FODMAP-a ovisi o primijenjenom postupku proizvodnje pa će tako npr. izostanak separacije topljivih ugljikohidrata, u koje se ubrajaju i GOS, rezultirati višim sadržajem FODMAP-a (Ispiryan i sur., 2020).

Serviranje chia sjemenki od dvije žlice sadrži dovoljno niske količine FODMAP-a koje bi većina osoba s IBS-om trebala tolerirati (Varney, 2021). U lanenim sjemenkama određen je približno dvostruko veći sadržaj fruktana u odnosu na chia sjemenke. Serviranje lanenih sjemenki od jedne žlice smatra niskim izvorom FODMAP-a, dok je veće količine potrebno izbjegavati (Varney, 2021). Prema Tarpila i sur. (2004), postoje ograničeni dokazi o učinku mljevenih lanenih sjemenki na ublažavanje zatvora, nelagode u trbuhu i nadutosti kod osoba s IBS-om. Za razliku od indijskih oraha i pistacija, orasi, kikiriki i bučine sjemenke primjeri su orašastih plodova i sjemenki s niskim

sadržajem FODMAP-a (Varney, 2021). U bučinoj pogači, u odnosu na ostale ispitivane sirovine, određen je drugi po redu najveći sadržaj fruktana.

Granične vrijednosti za svaki pojedini FODMAP prikazane su u tablici 2 (Varney i sur., 2017). Granična vrijednost iznosi 0,30 g u standardnoj veličini porcije za oligosaharide (ukupne fruktane i GOS) u proizvodima od cjelovitih žitarica, orašastim plodovima, mahunarkama i sjemenkama. Iako sadržaj FODMAP-a u nekoj namirnici može biti nešto viši, važna je njena količina unesena u organizam.

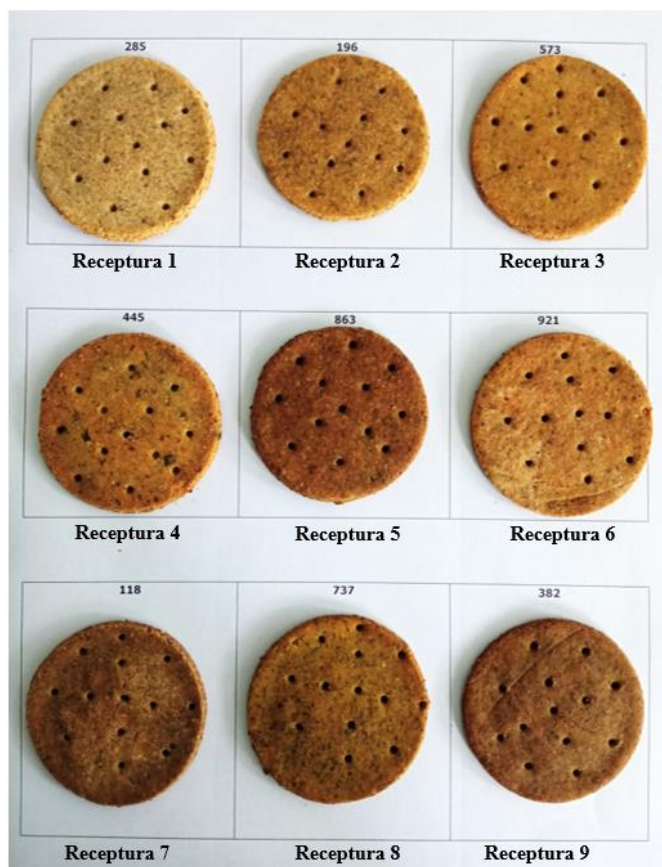
Najčešće konzumirana hrana koja sadrži FODMAP-e su, prema Liljebo i sur. (2020), proizvodi od pšenice i raži te voće i povrće. Pšenični i raženi kruh sadrže male količine fruktana i GOS, a krumpir male količine fruktoze (0,28 g/100 g), ali se često konzumiraju i stoga bitno utječu na unos FODMAP-a. Iako su mahunarke najbogatiji izvor GOS (0,19 g/100 g za slanutak iz konzerve; 1,88 g/100 g za kuhani grašak), u navedenom istraživanju ispitanici ih nisu često konzumirali, pa nisu značajno doprinijele ukupnom dnevnom unosu FODMAP-a.



## 4.2. SENZORSKA ANALIZA KREKERA

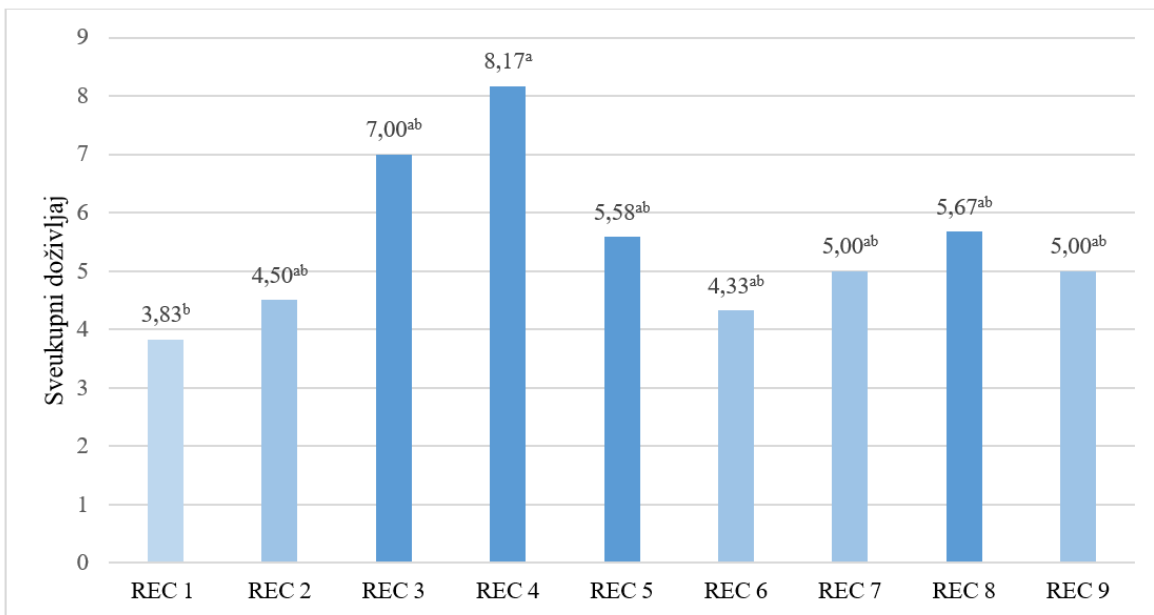
### 4.2.1. SENZORSKA ANALIZA KREKERA DEVET RAZLIČITIH RECEPTURA

Hedonističkom senzorskom analizom i testom nizanja po preferenciji određena je opća prihvatljivost i kvaliteta krekeri s niskim sadržajem FODMAP-a, proizvedenih prema devet različitih receptura (slika 3). Korišteni senzorski upitnik prikazan je u prilogu 1.



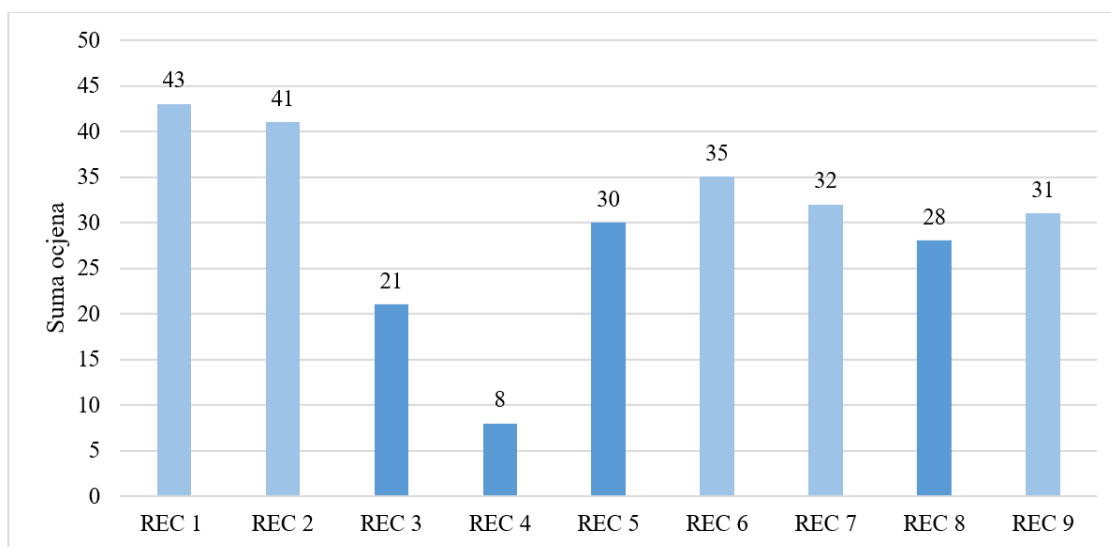
Slika 3. Krekeri s niskim sadržajem FODMAP-a proizvedeni prema devet različitih receptura

Rezultati hedonističke senzorske analize sveukupnog doživljaja prikazani su na slici 4. Krekeri proizvedeni prema REC\_3 i REC\_4 postigli su najviše prosječne ocjene za sveukupni doživljaj. Kreker proizveden prema REC\_3 ocijenjen je kao „veoma mi se sviđa“, s prosječnom ocjenom 8,17, dok je onaj proizveden prema REC\_4 ocijenjen kao „umjereno mi se sviđa“, s prosječnom ocjenom 7,00. Nakon njih slijede krekeri proizvedeni prema REC\_5 i REC\_8 s prosječnim ocjenama 5,58 odnosno 5,67. Sveukupni doživljaj ostalih krekeri ocijenjen je prosječnom ocjenom manjom ili jednakom od 5,00 („niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa“).



Slika 4. Rezultati hedonističke senzorske analize sveukupnog doživljaja krekeru proizvedenih prema devet različitih receptura

Suma ocjena testa nizanja po preferenciji, u kojem je devet ispitanika uzorke rangiralo od najviše preferiranog (ocjena 1) do najmanje poželjnog (ocjena 9), prikazane su na slici 5 pri čemu manja suma ocjena znači veća preferencija. Rezultati testa nizanja po preferenciji u skladu su s rezultatima hedonističke senzorske analize.



Slika 5. Rezultati testa nizanja krekeru, proizvedenih prema devet različitih receptura, po preferenciji

#### 4.2.2. SENZORSKA ANALIZA ČETIRI NAJBOLJE OCIJENJENIH KREKERA

Provedene su deskriptivna i hedonistička senzorska analiza četiri najbolje ocijenjenih krekeri. Korišteni senzorski upitnik prikazan je u prilogu 2. Rezultati deskriptivne senzorske analize prikazani su u tablici 9.

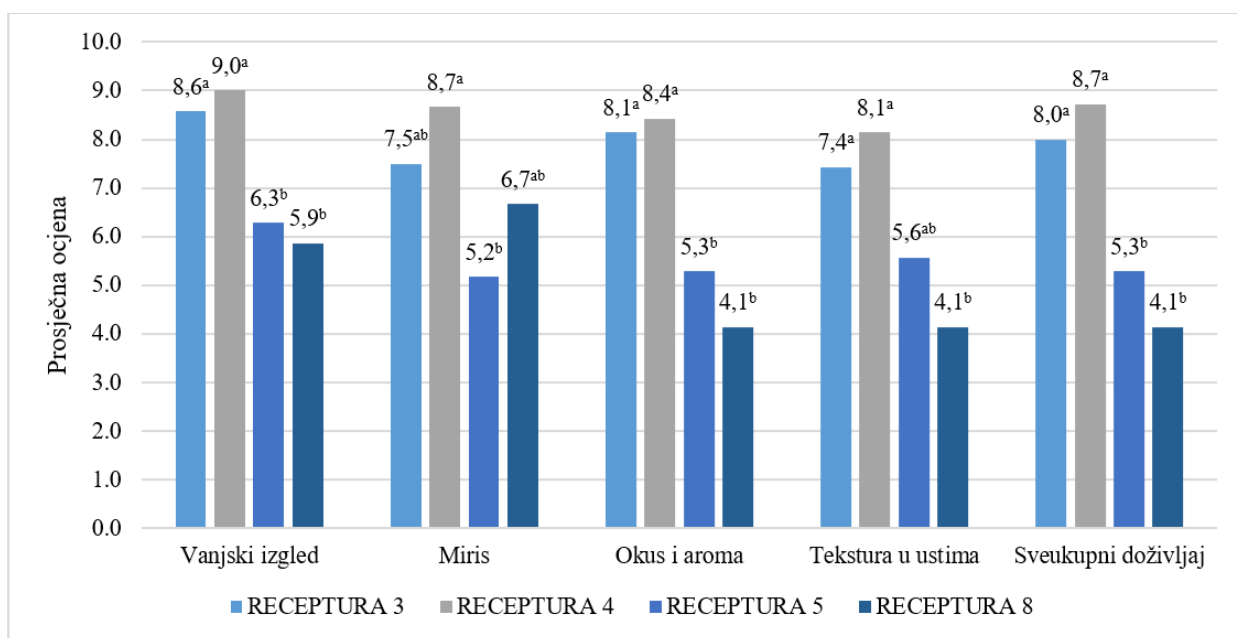
Tablica 9. Rezultati deskriptivne senzorske analize četiri najbolje ocijenjenih uzoraka krekeri prikazani kao srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija

		Receptura 3	Receptura 4	Receptura 5	Receptura 8
<b>Vanjski izgled</b>	<b>Boja</b>	5,9 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	5,9 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>	8,0 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	8,7 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>
	<b>Ujednačenost površine</b>	9,9 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	8,9 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	8,9 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	8,7 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>
<b>miris</b>	<b>Ukupno</b>	4,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	7,3 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	6,8 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	7,5 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>
<b>Okus i aroma</b>	<b>Gorko</b>	0,4 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	0,1 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	1,7 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	0,1 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>
	<b>Naknadno gorko</b>	4,7 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	3,3 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>	1,7 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>
	<b>Ukupno</b>	7,6 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	7,6 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	7,7 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	6,3 $\pm$ 2,5 <sup>a</sup>
<b>Tekstura u ustima</b>	<b>Tvrdoća</b>	6,1 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	6,3 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>	8,6 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	7,4 $\pm$ 1,9 <sup>ab</sup>
	<b>Žvakljivost</b>	5,1 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	4,9 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	6,4 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	6,6 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>
	<b>Zrnatost</b>	6,9 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	6,4 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	6,6 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	5,1 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>
	<b>Suhoća</b>	7,3 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	6,9 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	6,7 $\pm$ 2,6 <sup>a</sup>
	<b>Topljivost</b>	4,0 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	5,3 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>
	<b>Oblaganje zuba</b>	4,9 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	4,0 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	4,7 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	5,6 $\pm$ 2,6 <sup>a</sup>

\* uzorci unutar retka označeni različitim slovima se statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

Postoji statistički značajna razlika u boji uzoraka REC\_5 i REC\_8, s prosječnom ocjenom  $\geq 8$ , u odnosu na svjetlije uzorke REC\_3 i REC\_4 s prosječnom ocjenom 5,9. Površine svih uzoraka slične su ujednačenosti. Na miris krekeri uvelike su utjecali korišteni začini. U uzorku REC\_3 korišten je mediteranski začim, kombinacija češnjaka, ružmarina, chillia, timijana, bosiljka i peršina. U uzorku REC\_4 ističe se miris vlasca, zatim u REC\_5 miris paprike i srijemuša te u REC\_8 miris kopra. Najlošije je ocijenjen miris uzorka REC\_3 s prosječnom ocjenom 4,8. Ostali uzorci ocijenjeni su višim ocjenama te se međusobno ne razlikuju statistički značajno. Ocjenjivanjem parametara okusa i arome utvrđeno je da nema značajne razlike u preferenciji

određenog uzorka. Gorčina krekeru kod konzumacije nije izražena, ali je detektirana naknadna gorčina. Ukupan okus i aroma uzorka REC\_8 najniže je ocijenjen (prosječna ocjena 6,3), pri čemu ta razlika nije značajna u odnosu na ostale uzorke. Senzorskom analizom teksture nije zabilježena značajna razlika u žvackljivosti, zrnatosti, topljivosti te oblaganju zuba među različitim uzorcima. Također nije zabilježena ni značajna razlika u suhoći iako se svi uzorci statistički značajno razlikuju prema udjelu vode koji je naveden u tablici 10. Uzorak REC\_5 ocijenjen je kao najtvrdi (prosječna ocjena 8,6). Uzorci REC\_3 i REC\_4 manje su tvrdoće (prosječna ocjena 6,1 i 6,3), dok se uzorak REC\_8 ne razlikuje statistički značajno ni od uzorka REC\_3 i REC\_4 ni od uzorka REC\_5.



Slika 6. Rezultati hedonističke senzorske analize pojedinih svojstava četiri najbolje ocijenjenih krekeru

Rezultati hedonističke senzorske analize pojedinih svojstava četiri najbolje ocijenjenih krekeru prikazani su na slici 6. Sva četiri ocjenjivana svojstva (vanjski izgled, miris, okus i aroma te tekstura u ustima) najbolje su ocijenjena u slučaju krekeru proizvedenih prema REC\_4 s prosječnim ocjenama za svako svojstvo višim od 8 („veoma mi se sviđa“), slijede krekeri proizvedeni prema REC\_3 s nešto nižim prosječnim ocjenama koje se ne razlikuju značajno u odnosu na REC\_4.

Razlike u najbolje ocijenjenoj REC\_4 u odnosu na REC\_3 su uključenost mljevenih lanenih sjemenki u recepturi te korištenje vlasca kao začina, dok se u REC\_3 u istoj količini umjesto lanenih sjemenki uključene chia sjemenke te je korišten mediteranski začin. REC\_3 i REC\_4 ne razlikuju se u ostalim sirovinama koje se u obje recepture koriste u jednakim količinama (kukuruzno brašno, voda, Omegol masni namaz 59 %, proseno brašno, rižini proteini, pire od batata, sol, šećer, soda bikarbona, kvasac). Budući da se prema rezultatima deskriptivne senzorske analize krekeri navedenih receptura statistički značajno razlikuju po ukupnom mirisu, koji je lošije ocijenjen u REC\_3, zaključuje se da na bolju prihvaćenost krekerica REC\_4 u odnosu na REC\_3 utječe korišteni začin odnosno vlasac.

S obzirom na sveukupni doživljaj, od bolje ocijenjenih REC\_3 i REC\_4 značajnije se razlikuju REC\_5 i REC\_8. Vanjski izgled, okus i aroma te tekstura u ustima bolje je ocijenjena u krekerima proizvedenim prema REC\_5 u usporedbi s onima proizvedenima prema REC\_8. Miris je jedino bolje ocijenjeno senzorsko svojstvo u slučaju krekerica proizvedenih prema REC\_8 u odnosu na one proizvedene prema REC\_5 pri čemu se oni ne razlikuju značajno niti u jednom ocjenjivanom senzorskom svojstvu.

Više je čimbenika koji utječu na bolju prihvaćenost krekerica REC\_5 u odnosu na REC\_8. U REC\_5 koristi se kombinacija više vrsta brašna (kukuruzno, proseno i heljdino), dok se u krekerima REC\_8 koristi isključivo heljdino brašno. U istraživanju Šimurina i sur. (2009) integralni kreker od heljde ocijenjen je boljim s obzirom na okus u odnosu na kontrolni pšenični kreker, dok je s obzirom na miris bolje ocijenjen bio kontrolni kreker. Od ostalih sirovina recepture se razlikuju po uključenosti chia sjemenki i bučine pogače u REC\_5, dok su u REC\_8 korištene lanene sjemenke i pire od batata. Heljdino brašno uzrokuje tamniju boju krekerica u odnosu na onu krekerica REC\_3 i REC\_4, dok na zelenkastu nijansu krekerica REC\_5 utječe bučina pogača. Senzorski je panel, hedonističkom senzorskom analizom, vanjski izgled krekerica REC\_5 ocijenio nešto većom, ali statistički neznatno većom, prosječnom ocjenom (6,3) u odnosu na REC\_8 (5,9). Deskriptivnom senzorskom analizom bolje je ocijenjena boja krekerica REC\_8, dok su krekeri REC\_5 bili ujednačenije površine. Sadržaj masti u krekerima REC\_5 statistički je značajno manji (14,33 %) u odnosu na sadržaj masti u krekerima REC\_8 (18,04 %), što utječe na njihovu veću tvrdoću (tablica 9). Osim na fizikalna i kemijska svojstva, mast povoljno utječe na održivost proizvoda odgađanjem apsorpcije vode od granula škroba (Colla i sur., 2018), uslijed čega bi

trajnost krekeri REC\_8 trebala biti veća. Kao masnoća u REC\_5 korišten je Omegol masni namaz 59 %-tni, dok je u REC\_8 kao masnoća korišteno maslinovo ulje. Od začina su u krekerima REC\_8 korišteni kurkuma i kopar, dok su u bolje prihvaćenim krekerima REC\_5 korišteni dimljena paprika i srijemuš.

Začini imaju značajnu ulogu u kulinarstvu. Oni doprinose poželjnoj aromi, boji i okusu proizvoda i ponekad prikrivaju nepoželjne mirise. Antioksidativna svojstva bilja i začina od posebnog su interesa s obzirom na oksidativne modifikacije kolesterola niske gustoće, koje imaju pozitivan učinak u prevenciji ateroskleroze. Također se istražuje učinak niza bioaktivnih spojeva prisutnih u bilju i začinima, koji imaju potencijalno antikancerogeno djelovanje (Parthasarathy i sur., 2008). REC\_1, REC\_2 i REC\_9, koje osim soli i šećera nisu sadržavale druge začine, nisu odabrane među četiri najbolje ocijenjene, što pokazuje značajnu ulogu uključivanja začina u razvoju receptura za kekere na prihvatljivost krajnjeg proizvoda.

U REC\_3 i REC\_4 koristi se kukuruzno i prosono brašno, u REC\_5 kombinacija kukuruznog, prosenog i heljdinog brašna, dok se u REC\_8 koristi isključivo heljдино brašno. S obzirom na rezultate senzorske analize, u slučaju korištenja heljdinog brašna, bolju će prihvatljivost imati kreker proizveden prema recepturi u kojoj je ono kombinirano s brašnom drugih žitarica. Prema Sedej i sur. (2011) na lošiji okus proizvoda utječe veći sadržaj fenolnih spojeva u heljdinom brašnu. Jan i sur. (2015) ispitivali su fizikalno-kemijska, funkcionalna i antioksidacijska svojstva keksa proizvedenih zamjenom pšeničnog brašna heljdinim u različitim udjelima (0, 20, 40, 60, 80 i 100 %). Miješanjem navedenih brašna dolazi do povećanja antioksidativnih svojstava proizvedenih keksa. Povećanje udjela heljdinog brašna odražava se na koeficijent širenja tijesta koji se smanjuje, a rezultat su keksi veće debljine. Miješanjem također dolazi do smanjenja sadržaja glutena čime se dobivaju mekši i krhkiji keksi. Senzorskom analizom najbolje su bili ocijenjeni keksi od 100 % pšeničnog brašna, a od mješavina brašna, opća prihvatljivost keksa najbolje je ocijenjena na razini miješanja od 40 %.

Kao što je prethodno navedeno, važan utjecaj na senzorska svojstva ima mast. Sve četiri najbolje ocijenjene recepture imaju više dodane masti u odnosu na ukupnu masu ukupnih sastojaka od preostalih receptura. Sadržaj masti u najbolje ocijenjenim krekerima prikazan je u tablici 10.

### 4.3 KEMIJSKI SASTAV KREKERA I IZRADA DEKLARACIJE

Metode korištene za određivanje kemijskog sastava četiri senzorskom analizom najbolje ocijenjenih krekeri opisane su u poglavlju 3.2.4. Rezultati kemijskih analiza, na temelju kojih su izrađene deklaracije za kekere, prikazani su u tablici 10.

Tablica 10. Kemijski sastav krekeri [g/100 g uzorka], izraženo na suhu tvar kao srednja vrijednost ± standardna devijacija

	<b>KREKER 1 (Receptura 3)</b>	<b>KREKER 2 (Receptura 4)</b>	<b>KREKER 3 (Receptura 5)</b>	<b>KREKER 4 (Receptura 8)</b>
<b>Suha tvar</b>	95,14 ± 0,04 <sup>c</sup>	94,52 ± 0,05 <sup>b</sup>	95,69 ± 0,04 <sup>d</sup>	91,98 ± 0,05 <sup>a</sup>
<b>Pepeo</b>	2,81 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,91 ± 0,01 <sup>c</sup>	5,59 ± 0,00 <sup>b</sup>	6,33 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>Mast</b>	17,72 ± 0,12 <sup>ab</sup>	17,11 ± 0,62 <sup>bc</sup>	14,98 ± 0,00 <sup>c</sup>	19,60 ± 0,10 <sup>a</sup>
<b>Proteini</b>	24,94 ± 0,14 <sup>b</sup>	25,97 ± 0,04 <sup>a</sup>	26,08 ± 0,04 <sup>a</sup>	24,02 ± 0,03 <sup>c</sup>
<b>Vlakna</b>	7,49 <sup>c</sup>	7,12 <sup>d</sup>	8,92 <sup>b</sup>	15,30 <sup>a</sup>
<b>od toga topljiva</b>	1,25 ± 0,00 <sup>d</sup>	1,65 ± 0,00 <sup>c</sup>	2,06 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,34 ± 0,01 <sup>a</sup>
<b>od toga netopljiva</b>	6,24 ± 0,00 <sup>c</sup>	5,47 ± 0,00 <sup>d</sup>	6,86 ± 0,00 <sup>b</sup>	12,96 ± 0,01 <sup>a</sup>

Sadržaj ugljikohidrata određen je računski te izraženo na suhu tvar iznosi: 47,04 g/100 g krekeri proizvedenog prema REC\_3; 46,89 g/100 g krekeri prema REC\_4; 44,43 g/100 g krekeri prema REC\_5 te 34,75 g/100 g krekeri prema REC\_8.

Krekeri proizvedeni prema REC\_8 su najmasniji, dok je sadržaj masti najniži u onima proizvedenima prema REC\_5. Krekeri proizvedeni prema REC\_3 i REC\_4 slični su po sadržaju masti. Kreker proizveden prema REC\_3 ne razlikuje značajno od onog proizvedenog prema REC\_8, dok se kreker proizveden prema REC\_4 ne razlikuje značajno od onog proizvedenog prema REC\_5.

Prehrambene ili zdravstvene tvrdnje u označavanju, prezentiranju i reklamiranju proizvoda uz osiguravanje učinkovitog funkcioniranja tržišta imaju za cilj osiguravanje visoke razine zaštite potrošača. S obzirom na to da više od 20 % energetske vrijednosti krekeri četiriju različitih receptura potječe od proteina, prema Pravilniku o prehrambenim i zdravstvenim tvrdnjama (NN 84/2010), na deklaraciji se može navesti tvrdnja „Bogato proteinima“.

U 100 g krekeri proizvedenih prema REC\_3 proteini su izvor 94,92 kcal odnosno 403,41 kJ energije (što iznosi 21,65% ukupne energetske vrijednosti krekeri), u krekerima prema REC\_4: 98,20 kcal odnosno 417,35 kJ (22,69% ukupne energetske vrijednosti), u krekerima prema REC\_5: 99,84 kcal odnosno 424,32 kJ (24,09% ukupne energetske vrijednosti), dok su u onima prema REC\_8 izvor 88,36 kcal odnosno 375,53 kJ (22,01% ukupne energetske vrijednosti). Navedeni udjeli kalorija koje potječu iz visokovrijednih proteina nešto su niži od ciljane vrijednosti koja iznosi ~25-32 %. U REC\_3, REC\_4, REC\_5 i REC\_8 udio kalorija koje potječu iz ugljikohidrata redom iznose: 40,14 %, 40,21 %, 40,29 % i 29,30 % pri čemu na 1000 kcal ima više od 8 g vlakana. REC\_8 značajnije odstupi od ciljane vrijednosti koja iznosi ~45-55 %. U razvoju krekeri optimalnog nutritivnog sastava za oboljele od sindroma iritabilnog crijeva i necelijakijske osjetljivosti na gluten nastojalo se je postići da ~20-35 % kalorija potječe iz masnoća bogatih polinezasićenim masnim kiselinama što je postignuto u recepturama REC\_3, REC\_4 i REC\_5 (34,61 %, 33,62 % i 31,12 %), dok su u krekerima REC\_8 masnoće veći izvor kalorija (40,41 %). REC\_8 najviše odstupi od ciljanih vrijednosti za masnoće i ugljikohidrate. Za postizanje ciljanih vrijednosti potrebno je smanjiti količinu masnoće u REC\_8 što bi dovelo do smanjenja udjela kalorija koje potječu iz masnoća uz istovremeno povećanje udjela kalorija koje potječu iz ugljikohidrata.

S obzirom na to da sva četiri različita krekeri sadrže više od 6 g vlakana na 100 g proizvoda, na deklaraciji se može navesti tvrdnja “Prirodno bogato vlaknima”. U 100 g krekeri REC\_3 vlakna su izvor 15,76 kcal odnosno 63,04 kJ energije (3,59 % ukupne energetske vrijednosti krekeri), u krekerima REC\_4: 15,08 kcal odnosno 60,32 kJ (3,48 % ukupne energetske vrijednosti), u krekerima REC\_5: 18,62 kcal odnosno 74,48 kJ (4,49 % ukupne energetske vrijednosti). U 100 g krekeri REC\_8 vlakna su izvor 33,26 kcal odnosno 133,04 kJ energije (8,28 % ukupne energetske vrijednosti) što je više nego dvostruko veća vrijednost od one u krekerima REC\_3 i REC\_4.

Budući da su u razvoju receptura za krekeri korištene bezglutenske sirovine, krekeri bi uz kontrolu kontaminacije glutenom bili pogodni i za osobe oboljele od celijakije. Prema Pravilniku o hrani bez glutena (NN 83/2010), hrana namijenjena osobama intolerantnim na gluten ne smije sadržavati više od 100 mg/kg glutena u gotovom proizvodu te se označava navodom “vrlo mali sadržaj glutena”. Navod “bez glutena” koristi se u slučaju sadržaja glutena u gotovom proizvodu koji je manji od 20 mg/kg.



## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti da:

1. Najzastupljenija tvar u bučinoj pogači su proteini (59,44 %). Chia sjemenke i lanene sjemenke bogat su izvor masti (31 % odnosno 26,63 %), proteina (20 % odnosno 23,75 %) te vlakana (37,90 % odnosno 27,88 %). S obzirom kemijski sastav, bučina pogača, chia sjemenke i lanene sjemenke imaju veliki potencijal u razvoju funkcionalnih prehrambenih proizvoda.

2. Pšenične posije karakterizira visok sadržaj fruktana (2,68 g/100 g suhe tvari) zbog čega se ne mogu koristiti u razvoju receptura proizvoda s niskim sadržajem FODMAP-a. U heljdinom brašnu fruktani nisu detektirani. Njihov sadržaj u kukuruznom bijelom i prosenom brašnu te proteinima riže je mali (0,03; 0,29 i 0,14 g/100g suhe tvari), dok je u chia sjemenkama, lanenim sjemenkama i bučinoj pogači viši te iznosi redom 0,36; 0,64 i 0,83 g/100 g suhe tvari.

3. S obzirom na boju, senzorski su bolje ocijenjeni tamniji krekeri s dimljenom paprikom i srijemušem te krekeri s kurkumom i koprom (prosječna ocjena  $\geq 8$ ) u odnosu na svjetlije kreker s mediteranskim začinom te kreker s vlascom (prosječna ocjena 5,9). Na tamniju boju kreker utječe uključenost i udio heljdinog brašna i bučine pogače u recepturu. U recepturi kreker s dimljenom paprikom i srijemušem je uz kukuruzno i proseno brašno, koji se koriste u proizvodnji svjetlijih kreker, uključeno i heljdino brašno, dok se u proizvodnji kreker s kurkumom i koprom od brašna koristi isključivo heljdino brašno. Osim na tamniju boju, bučina pogača utječe na zelenkastu nijansu kreker s dimljenom paprikom i srijemušem.

4. Uključivanje pojedinog začina te dodana količina u recepturu ima važan utjecaj na senzorsku prihvatljivost gotovog proizvoda. Dodatak vlasca imao je odlučujuć utjecaj na bolju prihvaćenost kreker s vlascom u odnosu na kreker s mediteranskim začinom. Kreker s vlascom je hedonističkom senzorskom analizom ocijenjen kao najbolji, s prosječnom ocjenom za svako ocjenjivano svojstvo (vanjski izgled, miris, okus i aroma te tekstura u ustima) višom od 8 („veoma mi se sviđa“)

5. U slučaju korištenja heljdinog brašna u recepturi, bolju će prihvatljivost imati proizvod u kojem je ono kombinirano s brašnom drugih žitarica.

6. Manji sadržaj masti u krekerima utječe na njihovu veću tvrdoću.

7. Na deklaraciji krekerja četiriju najbolje ocijenjenih receptura može se navesti tvrdnja „Bogato proteinima“ s obzirom na to da 20 % njihove ukupne energetske vrijednosti potječe od proteina te „Prirodno bogato vlaknima“ s obzirom na to da sadrže više od 6 g vlakana na 100 g proizvoda.

9. U razvoju receptura za krekere korištene su bezglutenske sirovine. Stoga se, uz kontrolu kontaminacije glutenom, na deklaraciji krekerja može se navesti tvrdnja „Bez glutena“ čime bi proizvod bio pogodan i za oboljele od celijakije.

## 6. LITERATURA

AACC Method 08-01.01 Ash - Basic Method

AACC Method 30-25.01 Crude Fat in Wheat, Corn, and Soy Flour, Feeds, and Mixed Feeds

AACC Method 46-12.01 Crude Protein - Kjeldahl Method, Boric Acid Modification

AACC Method 32-05.01 Total Dietary Fiber

AACC Method 32-21.01 Insoluble and Soluble Dietary Fiber in Oat Products - Enzymatic-Gravimetric Method

AOAC 999.03-2005, Measurement of fructan in foods. Enzymatic/spectrophotometric method

Barrett, J. S., Gearry, R. B., Irving, P. M., Muir, J. G., Haines, M. L., Gibson, P. R. (2010). Dietary poorly absorbed, short-chain carbohydrates increase delivery of water and fermentable substrates to the proximal colon. *Aliment. Pharmacol. Ther.* **31**, 874-882.

Biesiekierski, J. R., Peters, S. L., Newnham, E. D., Rosella, O., Muir, J. G., Gibson, P. R. (2013) No effects of gluten in patients with self-reported non-celiac gluten sensitivity after dietary reduction of fermentable, poorly absorbed, short-chain carbohydrates. *Gastroenterology.* **145**, 320-328.

Bytzer, P. (2001) Low socioeconomic class is a risk factor for upper and lower gastrointestinal symptoms: a population based study in 15 000 Australian adults. *Gut*, **49**, 66-72.

Chang, F., Lu, C., Chen, T. (2010) The current prevalence of irritable bowel syndrome in Asia. *J Neurogastroenterol. Motil.* **16**, 389-400.

Chumpitazi, B. P., Lim, J., McMeans, A. R., Shulman, R. J., Hamaker, B. R. (2018) Evaluation of FODMAP Carbohydrates Content in Selected Foods in the United States. *J. Pediatr.* **199**, 252-255.

Clausen, M. R., Jorgensen, J., Mortensen P. B. (1998) Comparison of diarrhea induced by ingestion of fructooligosaccharide Idolax and disaccharide lactulose: role of osmolarity versus fermentation of malabsorbed carbohydrate. *Dig. Dis. Sci.* **43**, 2696-707.

Colla, K., Costanzo, A., Gamlath, S. (2018) Fat Replacers in Baked Food Products. *Foods* **7**, 192.

- Coskuner, Y., Karababa, E. (2007) Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Food Eng.* **78**, 1067-1073.
- Čukelj, N., Novotni, D., Sarajlija, H., Drakula, S., Voučko, B., Čurić, D. (2017) Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. *LWT - Food Sci. Technol.* **86**, 85-92.
- Da Silva, P. B., Anunciação, P. C., Matyelka, J. C. D. S., Della Lucia, C. M., Martino, H. S. D., Pinheiro-Sant'Ana H.M. (2017) Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. *Food Chem.* **221**, 1709-1716.
- Edel, A. L., Aliani, M., Pierce, G. N. (2015) Stability of bioactives in flaxseed and flaxseed-fortified foods. *Food Res. Int.* **77**, 140-155.
- Gibson, P. R., Shepherd, S. J. (2010) Evidence-based dietary management of functional gastrointestinal symptoms: The FODMAP approach. *J. Gastroen. Hepatol.* **25**, 252-258.
- Grubić, P., Jurčić, D., Ebling, B., Gmajnić, R., Nikolić, B., Pribić, S., Bilić, A., Levak, M. T. (2014) Irritable bowel syndrome in Croatia. *Col. l Antropol.* **38**, 565-70.
- Halmos, E. P., Power, V. A., Shepherd, S. J., Gibson, P. R., Muir, J. G. (2014) A diet low in FODMAPs reduces symptoms of irritable bowel syndrome. *Gastroenterology.* **146**, 67-75.
- Haska, L., Nyman, M., Andersson, R. (2008) Distribution and Characterisation of Fructan in Wheat Milling Fractions. *J. Cereal Sci.* **48**, 768-774.
- Hu, Z., Li, M., Yao, L., Wang, Y., Wang, E., Yuan, J., Wang, F., Yang, K., Bian, Z., Zhong, L. L. D. (2021) The level and prevalence of depression and anxiety among patients with different subtypes of irritable bowel syndrome: a network meta-analysis. *BMC Gastroenterol.* **21**, 1-18.
- Hungin, A. P. S., Chang, L., Locke, G. R., Dennis, E. H., Barghout, V. (2005). Irritable bowel syndrome in the United States: prevalence, symptom patterns and impact. *Aliment. Pharmacol. Ther.* **21**, 1365-1375.

- Hungin, A. P. S., Whorwell, P. J., Tack, J., Mearin, F. (2003) The prevalence, patterns and impact of irritable bowel syndrome: an international survey of 40 000 subjects. *Aliment. Pharmacol. Ther.* **17**, 643-650.
- Ispiryan, L., Zannini, E., Arendt, E. K. (2020) Characterization of the FODMAP-profile in cereal-product ingredients. *J. Cereal Sci.* **92**, 1-10.
- Jan, U., Gani, A., Ahmad, M., Shah, U., Baba, W. N., Masoodi, F. A., Maqsood, S., Gani, A., Wani, I. A., Wani, S. M. (2015) Characterization of cookies made from wheat flour blended with buckwheat flour and effect on antioxidant properties. *J. Food Sci. Technol.* **52**, 6334-6344.
- Jukić, M., Lukinac, J., Čuljak, J., Pavlović, M., Šubarić, D., Koceva Komlenić, D. (2019) Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour. *Int. J. Food Sci. Tec.* **54**, 602-609.
- Khouryieh, H., Aramouni, F. (2012) Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *J. Sci. Food Agric.* **92**, 2366-2372.
- Kim, S. H., Yang Y. S., Chung I. M. (2016) Effect of acetic acid treatment on isoflavones and carbohydrates in pickled soybean. *Food Res. Int.* **81**, 58-65.
- Knudsen, K. E. B., Nørskov, N. P., Bolvig, A. K., Hedemann, M. S., Laerke, H. N. (2017) Dietary fibers and associated phytochemicals in cereals. *Mol. Nutr. Food Res.* **61**, 1-37.
- Kotecka Majchrzak, K., Sumara, A., Fornal, E., Montowska, M. (2020) Oilseed proteins - Properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Sci. Tec.* **106**, 160-170.
- Lai, H. M., Lin, T. C. (2006) Bakery Products: Science and Technology, U: Bakery Products: Science and Technology (Hui, Y. H., ured.), Blackwell Publishing, Ames, str. 3-65.
- Liu, J., Chey, W. D., Haller, E., Eswaran, S. (2020). Low-FODMAP Diet for Irritable Bowel Syndrome: What We Know and What We Have Yet to Learn. *Annu. Rev. Med.* **71**, 303-314.
- Liljebo, T., Störsrud, S., Andreasson, A. (2020) Presence of Fermentable Oligo-, Di-, Monosaccharides, and Polyols (FODMAPs) in commonly eaten foods: extension of a database to indicate dietary FODMAP content and calculation of intake in the general population from food diary data. *BMC Nutr.* **6**, 1-10.

- Longstreth, G. F., Thompson, W. G., Chey, W. D., Houghton, L. A., Mearin, F., Spiller, R. C. (2006). Functional Bowel Disorders. *Gastroenterology*, **130**, 1480-1491.
- Luscombe, F. A. (2000) Health-related quality of life and associated psychosocial factors in irritable bowel syndrome: a review. *Qual. Life Res.* **9**, 161-76.
- Morley, W. (2016) Differences between standard food product development and development of foods for consumers with specific dietary needs. U: *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*, (Osborn, S., Morley, W., ured.), Woodhead Publishing, Amsterdam/Boston/Heidelberg/London/New York/Oxford/Paris/San Diego/San Francisco/ Singapore/ Sydney/ Tokyo, str. 3-12.
- Nikolaidis, A., Labuza, T. P. (1996) Glass transition state diagram of a baked cracker and its relationship to gluten. *J. Food Sci.*, **61**, 803.
- Parthasarathy, V. A., Chempakam, B., John Zachariah, T. (2008) *Chemistry of spices*. CABI, UK.
- Pierre, G., Delattre, C., Laroche, C., Michaud, P. (2014) Galactans and its applications. U: *Polysaccharides*, (Ramawat, K., Mérillon, J. M., ured.), Springer, Cham., str. 753-794.
- Popkin, B. M., Samara, J. N. (2003) The sweetening of the world's diet. *Obes. Res.* **11**, 1325-1332.
- Pravilnik o hrani bez glutena (2010) *Narodne novine* **83**, Zagreb (NN 83/2010).
- Pravilnik o metodama fizikalno kemijskih analiza za žita i mlinske proizvode 74/88 (ICC 110/1)
- Pravilnik o navođenju hranjivih vrijednosti hrane (2009) *Narodne novine* **29**, Zagreb (NN 29/2009).
- Pravilnik o označavanju, reklamiranju i prezentiranju hrane (2011) *Narodne novine* **63**, Zagreb (NN 63/2011).
- Pravilnik o prehrambenim i zdravstvenim tvrdnjama (2010) *Narodne novine* **84**, Zagreb (NN 84/2010).
- Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica (2016) *Narodne novine* **81**, Zagreb (NN 81/2016)

Research and Markets (2021) Crackers - Global Market Trajectory & Analytics <https://www.researchandmarkets.com/reports/5302287/crackers-global-market-trajectory-and-analytics>. Pristupljeno: 04. rujna 2021.

Rumessen, J. J., Gudmand-Høyer, E. (1998) Fructans of chicory: intestinal transport and fermentation of different chain lengths and relation to fructose and sorbitol malabsorption. *The Am. J. Clin. Nutr.* **68**, 357-364.

Sedaj, I., Sakač, M., Mandić, A., Misan, A., Pestorić, M., Šimurina, O. (2011) Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT Food Sci. Technol.* **44**, 694-699.

Selvaraj, S. M., Wong, S. H., Ser, H. L., Lee, L. H. (2020) Role of Low FODMAP Diet and Probiotics on Gut Microbiome in Irritable Bowel Disease. *Prog. Microbes Mol. Biol.* **3**, 1-8.

Shepherd, S. J., Gibson, P. R. (2006) Fructose malabsorption and symptoms of irritable bowel syndrome: guidelines for effective dietary management. *J. Am. Diet. Assoc.* **106**, 1632-1639.

Sweetman, J. (2016) Commercialization of foods for customers with specific dietary needs. U: *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*, (Osborn, S., Morley, W., ured.), Woodhead Publishing, Amsterdam/Boston/Heidelberg/London/New York/Oxford/Paris/San Diego/San Francisco/Singapore/Sydney/Tokyo, str. 63-76.

Šimurina, O., Sedaj, I., Sakač, M., Hadnadev, M., Filipčev, B., Pestorić, M., Pribiš, V. (2009) Buckwheat In The Wholegrain Cracker Production. *Prog. Theor. Exp. Phys.* **13**, 153-156.

Tarpila, S., Tarpila, A., Grohn, P., Silvennoinen, T., Lindberg, L. (2004) Efficacy of ground flaxseed on constipation in patients with irritable bowel syndrome. *Curr. Top. Nutraceutical Res.* **2**, 119-125.

Tuck, C., Ly, E., Bogatyrev, A., Costetsou, I., Gibson, P., Barrett, J., Muir, J. (2018) Fermentable short chain carbohydrate (FODMAP) content of common plant-based foods and processed foods suitable for vegetarian- and vegan-based eating patterns. *J. Hum. Nutr. Diet.* **31**, 422-435.

Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *J. Food Sci. Technol.* **53**, 1750-1758.

- Varney, J. (2021, 14. siječnja) Getting enough fibre. Monash university, <<https://www.monashfodmap.com/blog/getting-enough-fibre/>>. Pristupljeno: 01. kolovoza 2021.
- Varney, J., Barrett, J., Scarlata, K., Catsos, P., Gibson, P. R., Muir, J. G. (2017) FODMAPs: food composition, defining cutoff values and international application. *J. Gastroen. Hepatol.* **32**, 53-61.
- Vork, L., Weerts, Z. Z. R. M., Mujagic, Z., Kruijmel, J. W., Hesselink, M. A. M., Muris, J. W. M., Keszthelyi, D., Jonkers, D. M. A. E., Masclee, A. A. M. (2017) Rome III vs Rome IV criteria for irritable bowel syndrome: A comparison of clinical characteristics in a large cohort study. *Neurogastroenterol. Moti.* **30**, 1-7.
- Votava-Raić, A., Andreis, I., Tješić-Drinković, D., Andreis, A. (2000) Sindrom iritabilnog crijeva. *Pediatr. Croat.* **44**, 107-111.
- Zydenbos, S., Humphrey-Taylor, V. (2003) Biscuits, cookies, and crackers /Nature of the Products, U: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2.izd. (Caballero, B., ured.), Academic Press, Cambridge, str. 524-528.
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., Li Y. (2020) Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends Food Sci. Technol.* **103**, 200-213.
- Yoneya, T., Nip, W. K. (2006) Cracker Manufacture, U: Bakery Products: Science and Technology (Hui, Y. H., ured.), Blackwell Publishing, Ames, str. 411-432.



## 7. PRILOZI

### Prilog 1. Senzorski upitnik 1

Ime i prezime \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

#### Hedonistička senzorska analiza

Na ljestvici od 1 do 9 ocijenite uzorak s obzirom na sveukupni doživljaj, pri čemu je značenje ocjena:

- 1 – izrazito mi se ne sviđa,
- 2 – veoma mi se ne sviđa,
- 3 – umjereno mi se ne sviđa,
- 4 – neznatno mi se ne sviđa,
- 5 – niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa,
- 6 – neznatno mi se sviđa,
- 7 – umjereno mi se sviđa,
- 8 – veoma mi se sviđa,
- 9 – izrazito mi se sviđa.

Uzorak	285	196	573	445	863	921	118	737	382
Ocjena sviđanja									

#### Test nizanja po preferenciji

Poredajte uzorke od onog kojeg sveobuhvatno najviše preferirate do najmanje poželjnog:

- 1 - najviše preferiram
- 9 - najmanje preferiram

285 \_\_\_\_\_

196 \_\_\_\_\_

573 \_\_\_\_\_

445 \_\_\_\_\_

863 \_\_\_\_\_

921 \_\_\_\_\_

118 \_\_\_\_\_

737 \_\_\_\_\_

382 \_\_\_\_\_

## Prilog 2. Senzorski upitnik 2

Ime i prezime: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

### Deskriptivna senzorska analiza "krejera"

Odredite u svim uzorcima **intenzitet pojedinog senzorskog svojstva** na ljestvici od **0 do 10**, gdje je:

**0** – potpuno neizraženo

**5** – srednje izraženo

**10** – naročito visoko izraženo

Senzorsko svojstvo		112	685	528	244
Vanjski izgled	Boja				
	Ujednačenost boje površine				
Miris	Ukupno				
Okus i aroma	Gorko				
	Naknadni gorki okus				
	Ukupno				
Tekstura u ustima	<b>Tvrdoća</b> sila potrebna za pregristi keks prednjim zubima				
	<b>Žvkljivost</b> sila potrebna za pripremu zalogaja za gutanje				
	<b>Zrnatost/granuliranost</b> osjet veličine i oblika čestica (veće čestice – veća zrnatost)				
	<b>Suhoća</b> proporcionalno količini sline koja se upija tijekom žvakanja				
	<b>Topljivost</b> potrebno žvakanje dok se keks ne raspadne (više žvakanja – manja topljivost)				
	<b>Oblaganje zuba</b> sila potrebna za uklanjanje keksa zalijepljenih na zube				

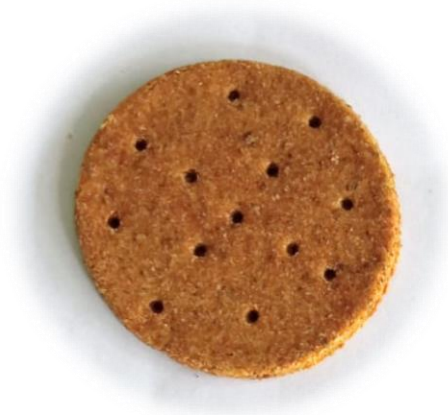
## Hedonistička senzorska analiza "krejera"

Na ljestvici od 1 do 9 ocijenite **sviđanje** svakog uzorka, pri čemu je:

- 1 – izrazito mi se ne sviđa
- 2 – veoma mi se ne sviđa
- 3 – umjereno mi se ne sviđa
- 4 – neznatno mi se ne sviđa
- 5 – niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa
- 6 – neznatno mi se sviđa
- 7 – umjereno mi se sviđa
- 8 – veoma mi se sviđa
- 9 – izrazito mi se sviđa

<b>Senzorsko svojstvo</b>				
Vanjski izgled				
Miris				
Okus i aroma				
Tekstura u ustima				
Sveukupni doživljaj				

### Prilog 3. Deklaracija krejera proizvedenog prema recepturi br. 3



#### KREKER S MEDITERANSKIM ZAČINOM



**Dijetetski proizvod za prehranu bez glutena.**

**Proizvod s niskim sadržajem FODMAP-a.**

Sastojci: kukuruzno brašno, voda, Omegol masni namaz 59 %, proseno brašno, rižini proteini, pire od batata, chia sjemenke, sol, šećer, soda bikarbona, kvasac, mediteranski začin (0,34 %).

Čuvati na suhom mjestu.

Najbolje upotrijebiti do datuma otisnutog na dnu ambalaže.

Stavlja na tržište: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Zemlja podrijetla: Hrvatska

Prosječna hranjiva vrijednost na 100 g	
<b>Energetska vrijednost</b>	441 kcal/1849 kJ
<b>Masti</b>	17 g
<b>Ugljikohidrati</b>	44 g
<b>Vlakna</b>	8 g
<b>od toga topljiva</b>	1 g
<b>od toga netopljiva</b>	7 g
<b>Proteini</b>	24 g
<b>Sol</b>	2 g

**Bogato proteinima**

**Prirodno bogato vlaknima**

Neto količina: 100 g

## Prilog 4. Deklaracija krejera proizvedenog prema recepturi br. 4



### KREKER S VLASCEM



**Dijetetski proizvod za prehranu bez glutena.**

**Proizvod s niskim sadržajem FODMAP-a.**

Sastojci: kukuruzno brašno, voda, Omegol masni namaz 59 %, proseno brašno, rižini proteini, pire od batata, lanene sjemenke, sol, šećer, soda bikarbona, vlasac (0,68 %), kvasac

Čuvati na suhom mjestu.

Najbolje upotrijebiti do datuma otisnutog na dnu ambalaže.

Stavlja na tržište: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Zemlja podrijetla: Hrvatska

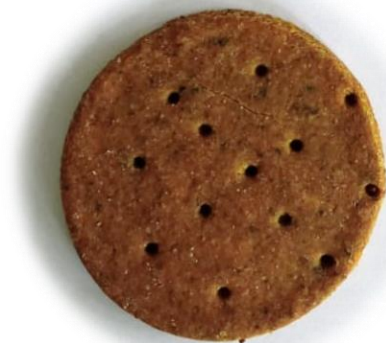
Prosječna hranjiva vrijednost na 100 g	
Energetska vrijednost	436 kcal/1829 kJ
Masti	16 g
Ugljikohidrati	44 g
Vlakna	8 g
od toga topljiva	2 g
od toga netopljiva	6 g
Proteini	25 g
Sol	2 g

**Bogato proteinima**

**Prirodno bogato vlaknima**

Neto količina: 100 g

## Prilog 5. Deklaracija krejera proizvedenog prema recepturi br. 5



### KREKER S DIMLJENOM PAPRIKOM I SRIJEMUŠEM



**Dijetetski proizvod za prehranu bez glutena.**

**Proizvod s niskim sadržajem FODMAP-a.**

Sastojci: voda, proseno brašno, heljdino brašno, Omegol masni namaz 59 %, kukuruzno brašno, rižini proteini, bučina pogača, chia sjemenke, šećer, soda bikarbona, sol, dimljena paprika (0,21 %), srijemuš (0,21 %), kvasac.

Čuvati na suhom mjestu.

Najbolje upotrijebiti do datuma otisnutog na dnu ambalaže.

Stavlja na tržište: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Zemlja podrijetla: Hrvatska

Prosječna hranjiva vrijednost na 100 g	
<b>Energetska vrijednost</b>	412 kcal/ 1729 kJ
<b>Masti</b>	14 g
<b>Ugljikohidrati</b>	42 g
<b>Vlakna</b>	9 g
<b>od toga topljiva</b>	2 g
<b>od toga netopljiva</b>	7 g
<b>Proteini</b>	25 g
<b>Sol</b>	1 g

**Bogato proteinima**

**Prirodno bogato vlaknima**

Neto količina: 100 g

## Prilog 6. Deklaracija krekeru proizvedenog prema recepturi br. 8



### KREKER S KURKUMOM I KOPROM



**Dijetetski proizvod za prehranu bez glutena.**

**Proizvod s niskim sadržajem FODMAP-a.**

Sastojci: heljdino brašno, voda, rižini proteini, pire od batata, maslinovo ulje, lanene sjemenke, kopar (0,60 %), šećer, sol, soda bikarbona, kurkuma (0,15 %), kvasac.

Čuvati na suhom mjestu.

Najbolje upotrijebiti do datuma otisnutog na dnu ambalaže.

Stavlja na tržište: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Zemlja podrijetla: Hrvatska

Prosječna hranjiva vrijednost na 100 g	
<b>Energetska vrijednost</b>	400 kcal/ 1669 kJ
<b>Masti</b>	18 g
<b>Ugljikohidrati</b>	29 g
<b>Vlakna</b>	17 g
<b>od toga topljiva</b>	3 g
<b>od toga netopljiva</b>	14 g
<b>Proteini</b>	22 g
<b>Sol</b>	1 g

**Bogato proteinima**

**Prirodno bogato vlaknima**

Neto količina: 100 g

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Katarina Vougo