

# Utjecaj dodatka brašna uljne pogače lješnjaka na kvalitetu čajnog peciva bez glutena

---

Selak-Zeljko, Barbara

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:187405>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-18**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Barbara Selak-Zeljko**

**UTJECAJ DODATKA BRAŠNA ULJNE POGAČE LJEŠNJAKA NA  
KVALITETU ČAJNOG PECIVA BEZ GLUTENA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, travanj, 2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za prehrambene tehnologije

Katedra za tehnologije prerade žitarica

Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija proizvodnje i prerade brašna

**Tema rada** je prihvaćena na IX. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća

Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./2022.  
održanoj 29. lipnja 2022.

**Mentor:** prof. dr. sc. *Marko Jukić*

**Pomoć pri izradi:** Ana Šušak, *dipl. ing., viši stručni suradnik*

### UTJECAJ DODATKA BRAŠNA ULJNE POGAČE LJEŠNJAKA NA KVALITETU ČAJNOG PECIVA BEZ GLUTENA

Barbara Selak-Zeljko, 113142904

**Sažetak:** Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamjene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače lješnjaka koje se dodavalo u količinama od 20, 40 i 60 % na kvalitetu čajnog peciva bez glutena. Osim utjecaja dodatka brašna uljne pogače lješnjaka ispitan je i utjecaj uljnog taloga zaostalog nakon hladnog prešanja lješnjaka te utjecaj ulja lješnjaka koji su se u ovom radu koristili kao izvor masnoće umjesto margarina. Kroz analizu parametara poput udjela vode, aktiviteta vode, dimenzija, boje, teksture i senzorskih svojstava ispitan je utjecaj dodatka navedenih komponenti.

Rezultati su pokazali da dodatak brašna uljne pogače lješnjaka uzrokuje smanjenje udjela i aktiviteta vode u bezglutenskim čajnim pecivima. Promjer čajnih peciva nije značajno promijenjen dodatkom brašna od uljne pogače lješnjaka, ali je visina smanjena, a faktor širenja povećan što se može objasniti hidrofobnim svojstvima ulja koje stvara barijeru protiv penetracije vode u tijesto. Čvrstoća čajnih peciva bila je veća kod uzoraka s uljem lješnjaka nego kod uzoraka s uljnim talogom, vjerojatno zbog manje sposobnosti tekućih ulja da zadržavaju plinove tijekom pečenja u usporedbi s čvrstim mastima. Dodatak brašna od uljne pogače lješnjaka značajno je utjecao na promjenu boje čajnih peciva koja je bila znatno tamnija od čajnih peciva sa 100 % kukuruznog brašna. Uzorci proizvedeni s uljem lješnjaka s dodatkom 60% brašna uljne pogače lješnjaka dobili su najviše senzorske ocjene dok su uzorci s uljnim talogom značajno lošije ocijenjeni.

**Ključne riječi:** čajno pecivo bez glutena, brašno uljne pogače lješnjaka, ulje lješnjaka, uljni talog

**Rad sadrži:** 39 stranica  
17 slika  
2 tablice  
51 literaturna referenca

**Jezik izvornika:** Hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |                                                   |               |
|---------------------------------------------------|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Marko Jukić</i>               | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. <i>Ana Bucić-Kojić</i>           | član          |
| 4. prof. dr. sc. <i>Mirela Planinić</i>           | zamjena člana |

**Datum obrane:** 25. travnja 2024.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food technologies**  
**Subdepartment of Cereal technology**  
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Technology of flour production and processing

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. IX held on June 29, 2022

**Mentor:** *Marko Jukić*, PhD, full prof.

**Technical assistance:** *Ana Šušak*, Mag. Ing., higher research associate

### EFFECT OF HAZELNUT OIL PRESS-CAKE FLOUR ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE BISCUITS

Barbara Selak-Zeljko, 0113142904

**Summary:** The aim of this study was to investigate the impact of replacing a portion of maize flour with hazelnut press-cake flour, added in amounts of 20, 40, and 60%, on the quality of gluten-free biscuits. In addition to the influence of adding hazelnut press-cake flour, the study also examined the effect of hazelnut oil sediment remaining after cold pressing and the impact of hazelnut oil used in this study as a fat source instead of shortening. Through the analysis of parameters such as water content, water activity, dimensions, colour, texture, and sensory properties, the influence of adding these components was examined.

The results showed that adding hazelnut press-cake flour led to a reduction in water content and activity in gluten-free biscuits. The width of biscuits was not significantly altered by the addition of hazelnut press-cake flour, but the height was reduced, while the spread factor increased, which can be explained by the hydrophobic properties of the oil creating a barrier against water penetration into the dough. The hardness of the gluten-free biscuits was higher in samples with hazelnut oil compared to those with hazelnut oil sediment, likely due to the lower ability of liquid oils to retain gases during baking compared to solid fats. The addition of hazelnut press-cake flour significantly influenced the colour change of the biscuits, which were noticeably darker than those made with 100% maize flour. Samples produced with hazelnut oil and 60% hazelnut press-cake flour received the highest sensory scores, while samples with hazelnut oil sediment were rated significantly lower.

**Key words:** gluten-free biscuits, hazelnut oil press cake flour, hazelnut oil, oil sediment

**Thesis contains:** 39 pages  
17 figures  
2 tables  
51 references

**Original in:** Croatian

### Defence committee:

- |                                                       |                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, full prof. | chair person      |
| 2. <i>Marko Jukić</i> , PhD, full prof.               | member-supervisor |
| 3. <i>Ana Bucić-Kojić</i> , PhD, full prof.           | member            |
| 4. <i>Mirela Planinić</i> , PhD, full prof.           | stand-in          |

**Defence date:** April 25, 2024

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

*Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Marku Jukiću te prof. dr. sc. Daliborki Koceva Komlentić na pruženom znanju, savjetima i pomoći pri izradi diplomskog rada. Posebno želim zahvaliti mojoj obitelji i prijateljima na potpori, ljubavi i strpljenju tijekom studija.*

## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	TEORIJSKI DIO .....	3
2.1.	GLUTEN .....	4
2.2.	POREMEĆAJI VEZANI UZ GLUTEN .....	6
2.3.	BEZGLUTENSKA PREHRANA .....	10
2.4.	ČAJNA PECIVA BEZ GLUTENA.....	12
2.5.	LJEŠNJAK I ULJE LJEŠNJAKA.....	15
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	17
3.1.	ZADATAK.....	18
3.2.	MATERIJALI .....	18
3.3.	METODE.....	18
3.3.1.	Laboratorijsko pečenje čajnog peciva bez glutena .....	18
3.3.2.	Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava čajnog peciva bez glutena.....	20
3.3.3.	Određivanje senzorskih svojstava .....	22
3.3.4.	Statistička obrada podataka .....	22
4.	REZULTATI.....	23
4.1.	REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA .....	24
4.2.	BOJA ČAJNOG PECIVA BEZ GLUTENA .....	27
4.3.	SENZORSKA SVOJSTVA.....	29
5.	RASPRAVA.....	30
6.	ZAKLJUČCI .....	34
7.	LITERATURA .....	36

## **1. UVOD**

Žitarice koje sadrže gluten poput pšenice, ječma i raži jedne su od sastavnih dijelova ljudske prehrane i konzumiraju se u značajnim količinama. U posljednje vrijeme povećava se broj poremećaja povezanih s unosom glutena. Celijakija je donedavno bila jedini poremećaj koji se povezuje s unosom glutena, no u posljednje vrijeme otkriven je niz drugih poremećaja vezanih uz protein gluten. Porastom broja poremećaja kod ljudi unosom glutena povećava se i potražnja za bezglutenskim proizvodima. Proizvodi bez glutena zbog nedostatka glutena imaju lošiju teksturu, okus i izgled od istih brsta proizvoda koji sadrže pšenično brašno. Zbog toga je potrebno razvijati proizvode koji će zadovoljiti potrebe osoba koji boluju od nekih poremećaja povezanih s glutenom, a gdje će istovremeno takvi proizvodi imati i dobra senzorska svojstva.

U industriji se sve više traže proizvodi bez glutena i postaje potreba za sve inovativnijim proizvodima koji će zadovoljiti sve potrebe potrošača. Jedan o takvih izbora je i čajno pecivo. S obzirom da je za pekarske proizvode iznimno bitan gluten postaje izazovno izabrati sastojke koji će omogućiti stvaranje takvih proizvoda koji će imati ista svojstva kao i proizvodi sa glutenom. Jedan od mogućih sastojaka koji se mogu dodavati u čajno pecivo je brašno uljne pogače lješnjaka i uljni talog koji je zaostao nakon hladnog prešanja lješnjaka te ulje lješnjaka. Zbog svoje dobre nutritivne vrijednosti ovi proizvodi imaju potencijal pri obogaćivanju bezglutenskih proizvoda.

Cilj ovog rada bio je ispitati kako dodatak brašna uljne pogače lješnjaka ima utjecaj na kvalitetu bezglutenskog čajnog peciva. U radu je ispitan utjecaj zamjene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače lješnjaka koje se dodavalo u količinama od 20, 40 i 60 % na kvalitetu čajnog peciva bez glutena. Osim utjecaja dodatka brašna uljne pogače lješnjaka ispitan je i utjecaj uljnog taloga zaostalog nakon hladnog prešanja lješnjaka te utjecaj ulja lješnjaka koji su se u ovom radu koristili kao izvor masnoće umjesto margarina. Kroz analizu parametara poput udjela vode, aktiviteta vode, dimenzija, boje, teksture i senzorskih svojstava ispitan je utjecaj dodatka navedenih komponenti.

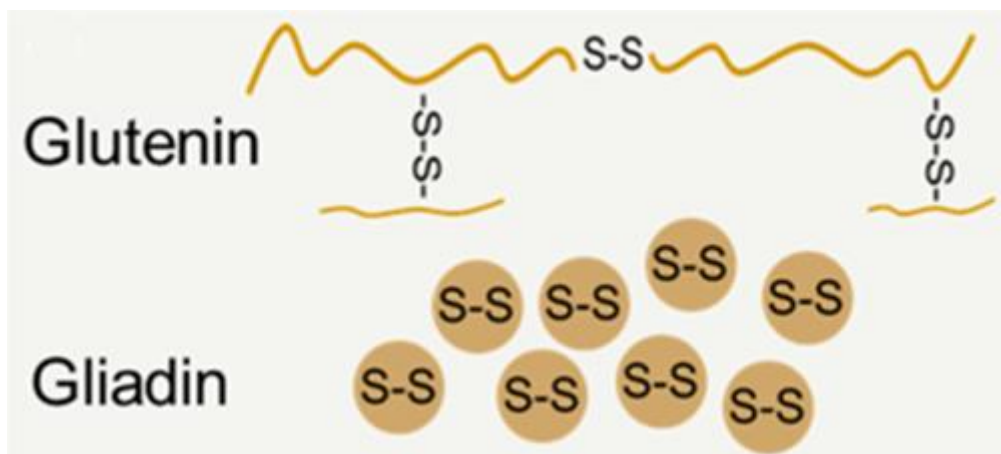


## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. GLUTEN

Gluten je općeniti pojam za proteine prisutne u zrnju žitarica, nalazeći se uglavnom u endospermu pšenice, ječma, zobi, raži te njihovim srodnim žitaricama. Proteini pšeničnog glutena su među najranije proučavanim proteinima tijekom povijesti, a posebno su važni zbog svoje uloge u formiranju tijesta, kao što su kruh, peciva, rezanci i tjestenina (Shewry, 2019). Pšenični gluten je prvi identificirao Jacopo Bartolomeo Beccar 1728. godine. U svojim počecima, gluten je opisivao kao gumenasta tvar koja ostaje nakon ispiranja pšeničnog tijesta, a pri čemu se uklanjaju granule škroba i ostale vodotopive komponente (Ye i sur., 2023).

Proteini sadržani u zrnju žitarica određuju viskoelastična svojstva tijesta. Gluten se sastoji od dviju frakcija: prolaminske i glutelinske. Prolaminska frakcija u pšenici naziva se glijadin, dok je ekvivalent u ječmu poznat kao hordein, a u raži kao sekalin. Glijadin čini tijesto viskozno i doprinosi volumenu pekarskih proizvoda, dok glutelinska frakcija, koja se u pšenici naziva glutenin, daje tijestu elastičnost i otpornost na rastezanje, omogućujući mu zadržavanje oblika (**Slika 1**) (Kissing Kucek i sur., 2015).

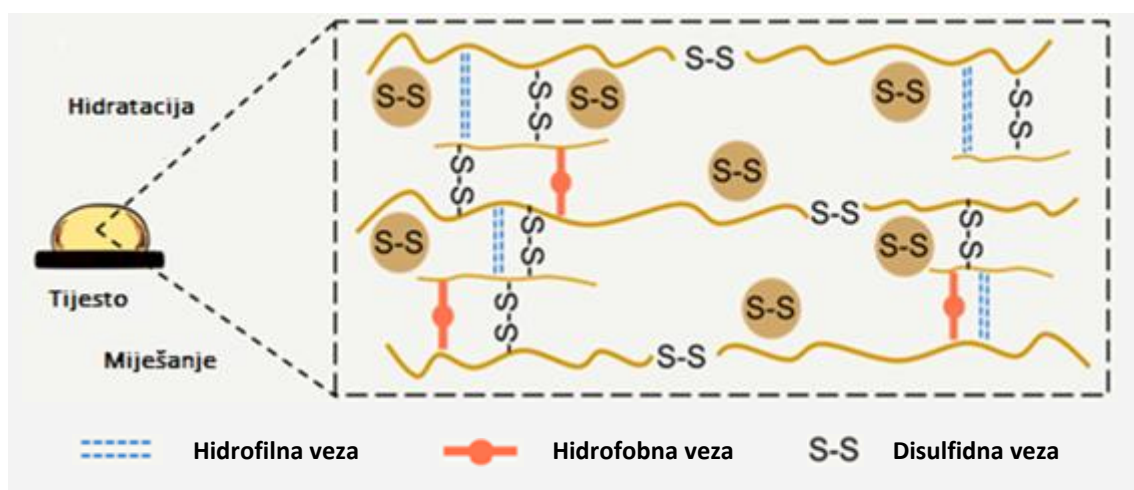


**Slika 1** Struktura glutenina i glijadina (Ye i sur., 2023)

Budući da su glijadini monomeri topljivi u alkoholu, oni čine topljivi dio strukture pšeničnog glutena, dok slabo topljivi dio čini glutenin. Molekularna masa glijadina kreće se od 30 do 75 kDa (Ye i sur., 2023). Glijadin se može podijeliti na alfa, beta, gama i omega tipove, pri čemu su omega tipovi rjeđi, dok se glutenin dijeli na one visoke molekulske mase (engl. *high molecular weight*, HMW) od 30 do 40 kDa i niske molekulske mase engl. (*low molecular*

*weight*, LMW) od 65 do 90 kDa (Elli i sur., 2015; Ye i sur., 2023). Glutenski proteini visoke molekulske mase čine oko 20 % ukupnog glutena i mogu se podijeliti na B-, C- i D-tipove (Ye i sur., 2023). Glutenski proteini prisutni u endospermu pšeničnog zrna čine oko 85 % proteina u brašnu (Preichardt i Arocha Gularte, 2013).

Glutenski proteini u različitim proizvodima koji sadrže gluten određuju konačnu kvalitetu proizvoda. Svi ti proizvodi prolaze kroz niz koraka obrade, uključujući dodavanje vode i miješanje. Sam proces miješanja potiče hidrataciju glutena, što rezultira interakcijom glijadina s gluteninom. Tijekom miješanja, stvara se trodimenzionalna mreža glutena, kao što je prikazano na **Slici 2**.



**Slika 2** Struktura glutena u tijestu (Ye i sur., 2023)

U mrežu glutena uključene su različite kemijske veze, pri čemu se ističu disulfidne S-S veze kao jake poprečne veze u formiranju i stabilizaciji strukture tijesta. Hidrofobne veze također doprinose stabilnosti glutenske mreže, posebno tijekom naknadnog zagrijavanja tijesta (Ye i sur., 2023).

Povećana količina glutena, primijećena u modernim genotipovima žitarica, povezana je s većim omjerom glutelin/glijadin i ekspresijom B-tipa LMW gluteninskih podjedinica, što je značajno veće u modernoj grupi genotipova u usporedbi sa starim grupama genotipova durum pšenice. Suprotno tome, nije uočena značajna razlika između starih i modernih genotipova

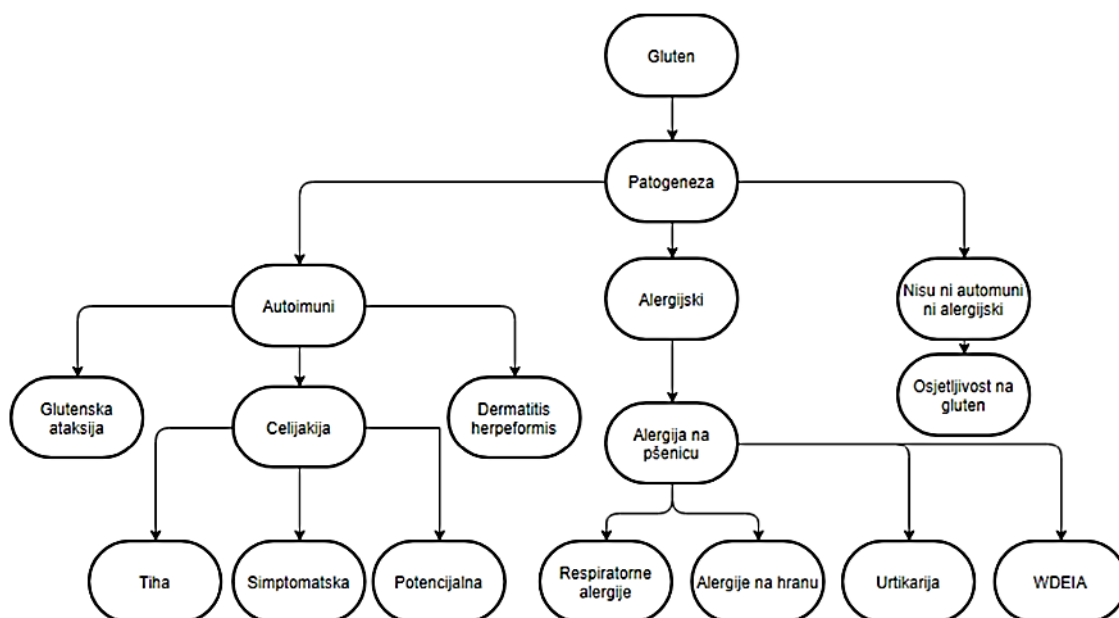
durum pšenice u vezi s ekspresijom  $\alpha$ - i  $\gamma$ - tipa glijadina, koji predstavljaju glavne komponente odgovorne za razvoj celijakije kod osoba s predispozicijom (De Santis i sur., 2017).

## 2.2. POREMEĆAJI VEZANI UZ GLUTEN

Razvojem poljoprivrede stvoreni su preduvjeti za nastanak novih ljudskih bolesti povezanih s glutenom. Poremećaji vezani uz gluten mogu se klasificirati u tri osnovne skupine:

- autoimuni poremećaji,
- alergijski poremećaji,
- necelijakična osjetljivost na gluten/pšenicu (nije ni autoimuna ni alergijska).

Autoimuno posredovani poremećaji povezani s glutenom mogu se, također, podijeliti u tri skupine, ovisno o reakciji ljudskog organizma na gluten. Proteini glutena su visokootporni na hidrolizu proteaza u gastrointestinalnom sustavu čovjeka. Rezultat te otpornosti je stvaranje patogenih peptida koji potencijalno uzrokuju celijakiju i alergijske reakcije kod genetski predisponiranih pojedinaca (Sapone i sur., 2012; Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019). Slikovni prikaz podjele poremećaja povezanih s glutenom prikazan je na **Slici 3**.



**Slika 3** Podjela poremećaja vezanih uz gluten (Sapone i sur., 2012)

## **Celijakija**

Celijakija je autoimuna bolest uzrokovana konzumacijom hrane koja sadrži gluten. Ova bolest obilježena je poremećenim imunološkim odgovorom kod osoba s genetskom predispozicijom, što rezultira oštećenjem sluznice tankog crijeva. Celijakija se češće pojavljuje kod osoba čiji su članovi obitelji oboljeli ili oboljevali od iste, ali također se manifestira i kod osoba s drugim autoimunim bolestima, kao što su dijabetes, bolesti štitnjače, jetre, te kod osoba s nedostatkom imunoglobulina A, Sjögrenovim sindromom, insuficijencijom nadbubrežne žlijezde te je također povezana s kromosomskim poremećajima poput Downovog, Turnerovog i Williamsovog sindroma. Klasična klinička slika može se primijetiti već u ranim godinama života, no danas su česte neklasične kliničke slike kod starije djece i odraslih (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019). Osnovna značajka celijakije je prisutnost HLA-DQ2 ili DQ8 haploidnog genotipa (humani leukocitni antigen) i protutijela karakterističnih za celijakiju (Saturni i sur., 2010; Mišak i sur., 2022). Imunosna reakcija potaknuta je T-stanicama koje dalje uzrokuju imunosnu reakciju protiv enzima transglutaminaze, što s vremenom dovodi do oštećenja sluznice i, konačno, do atrofije crijevnih resica (Elli i sur., 2015).

Ova autoimuna bolest manifestira se kroz klasične crijevne simptome, ali i kroz neklasične crijevne i izvancrijevne simptome. Klasični simptomi uključuju kronični ili intermitentni proljev, povraćanje, nadutost, abdominalnu bol, masnu stolicu, gubitak tjelesne mase itd. Izvancrijevni simptomi uključuju umor, sideropeničnu anemiju, hipoplaziju zubne cakline, zaostajanje u rastu, neplodnost, psorijazu, rekurentne glavobolje i mnoge druge simptome (Ludvigsson i sur., 2014; Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019). Izvancrijevna manifestacija celijakije proizlazi iz interakcije raznih kroničnih upala, nedostatka hranjivih tvari i imunoloških reakcija. Ova manifestacija može utjecati na hematopoezu, mineralizaciju kostiju, funkciju mišića, živčani sustav te endokrinološku homeostazu i plodnost (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019).

Liječenje celijakije se provodi strogom i doživotnom bezglutenskom prehranom koja podrazumijeva izbjegavanje hrane koja sadrži pšenicu, raž, ječam i ostale namirnice koje sadrže gluten. Važno je najprije postaviti dijagnozu celijakije, a tek onda započeti s bezglutenskom prehranom. Pravilno vođenje bezglutenske prehrane dovodi do nestanka simptoma i oporavka sluznice tankog crijeva. Čak i mali tragovi glutena u hrani mogu izazvati oštećenje sluznice i niz štetnih posljedica za zdravlje osobe oboljele od ove autoimune bolesti. Budući da bezglutensku prehranu nije jednostavno provoditi udio bolesnika koji pravilno

provodi ovu vrstu prehrane je daleko manji od onog idealnog. S toga je vrlo važno bolesnika dobro informirati o samoj bolesti i načinu provedbe ove vrste prehrane jer je tada vjerojatnost pridržavanja bezglutenske prehrane veća, o čemu govore i brojni podaci u literaturi (Mišak i sur., 2022).

Dijagnoza celijakije postavlja se na temelju anamneze, fizikalnog pregleda, seroloških testova koji dokazuju prisutnost protutijela na TG2, EMA i DGP, te patohistološkog nalaza biopsije duodenalne sluznice (prisutnost atrofije crijevnih resica) kod pacijenata koji konzumiraju gluten. U odraslih pacijenata biopsija duodenalne sluznice ne može se zamijeniti serološkim testovima, a karakteristični patohistološki nalaz uključuje i povećan broj intraepitelijalnih limfocita i hiperplaziju kripti. U slučaju diskordantnosti između patohistološkog i serološkog nalaza, korisno je provesti genetsko testiranje na HLA-DQ2 i HLA-DQ8 heterodimere. Određivanje HLA-DQ heterodimera ima visoku negativnu prediktivnu vrijednost i služi za isključivanje bolesti (Ludvigsson i sur., 2014).

Suvremenim testovima dokazano je da je celijakija česta bolest u bijeloj populaciji. U Europi je prevalencija oko 1 %, dok u Finskoj doseže 2,4 %. U ostatku svijeta, prevalencija varira ovisno o kulturi populacije, tj. o količini konzumacije pšenice. Veći broj slučajeva zabilježen je u populacijama koje konzumiraju više pšenice, poput sjeveroistočne Indije, sjeverozapadne Afrike, Sjeverne Amerike i Europe, gdje prevalencija doseže 2-3%. Međutim, ovi podaci nisu ažurirani na globalnoj razini u posljednjih dvadeset godina, što može rezultirati podcjenjivanjem stvarnog utjecaja ove bolesti, pogotovo zbog porasta konzumacije proizvoda na bazi pšenice zbog njihove niske cijene (Perrotta i Guerrieri, 2022).

### ***Alergija na pšenicu***

Alergija na pšenicu nastaje kao imunološka preosjetljivost te se svrstava u alergije posredovane IgE protutijelima. Pšenica može izazvati alergijsku reakciju zbog prisutnosti, osim glutena, i drugih proteina koji potencijalno potiču imunološki odgovor, pri čemu su najpoznatiji amilaza-tripsin inhibitori (ATI) (Elli i sur., 2015).

Karakteristični simptomi alergije na pšenicu uključuju svrbež, otežano disanje, grčeve, povraćanje te proljev. U težim slučajevima može doći do anafilaksije. Alergeni iz pšenice mogu

ući u organizam putem kože ili sluznice gastrointestinalnog ili respiratornog sustava. Alergije na pšenicu mogu se klasificirati u četiri skupine:

- alergija na hranu s pojavom kožnih, probavnih ili dišnih simptoma,
- anafilaksija ovisna o pšenici inducirana vježbom (WDEIA),
- pekarska astma i rinitis,
- kontaktna urtikarija (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019).

Pekarska astma i rinitis dobro su karakterizirani alergijski odgovori na udisanje pšeničnog brašna, zahvaćajući oko 10 do 15 % pekara, mlinara i radnika u slastičarstvu. Također, neki pacijenti mogu razviti simptome čak i nakon konzumacije obroka koji sadržava neobrađeno pšenično brašno. Veći broj slučajeva alergije na pšenicu javlja se kod djece školske dobi. Djeca koja su alergična na pšenicu često pate od atopijskog dermatitisa, a konzumacija pšenice može izazvati tipične reakcije poput urtikarije, angioedema, bronhijalne opstrukcije, mučnine i bolova u trbuhu. Kod odraslih, najčešći simptom je anafilaksija, koji rezultira kombinacijom unosa hrane i tjelesne aktivnosti. Kod odraslih su respiratorni simptomi češći nego klasični probavni simptomi (Elli i sur., 2015).

Dijagnoza alergije na pšenicu postavlja se slično kao i kod ostalih alergija: određivanjem specifičnih imunoglobulina IgE u krvi, kožnim testovima („prick“ test), ili provokacijskim testovima alergenima, u ovom slučaju pšenicom, koji se provode u bolničkim uvjetima radi mogućnosti anafilaktičke reakcije. Tretman ovakve alergije uključuje prehrambenu dijetu bez pšenice (Ortega i sur., 2016). Iako simptomi alergije na pšenicu mogu nalikovati simptomima celijakije, ova alergija ne uzrokuje trajno oštećenje gastrointestinalne sluznice, a simptomi se mogu prevenirati strogim izbjegavanjem svih proizvoda koji sadrže pšenicu. Također se mogu primjenjivati antihistaminici i kortikosteroidi (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019).

### ***Necelijakična osjetljivost na gluten***

Proces nastanka necelijakične preosjetljivosti na gluten još uvijek nije u potpunosti razjašnjen. Inicijacija patološkog procesa većinom uključuje izloženost crijevnog epitela hrani koja sadrži gluten, što rezultira imunološkim, odnosno neimunološki posredovanim reakcijama u organizmu. Također, postoje indikacije o pojavi ovog oblika preosjetljivosti kod genetski predisponiranih pojedinaca. Poremećaj crijevne flore (crijevna disbioza) također se smatra

značajnim faktorom u nastanku necelijakične preosjetljivosti na gluten te doprinosi razumijevanju intestinalnih i izvanintestinalnih kliničkih manifestacija ove bolesti, budući da pridonosi crijevnoj i sistemske upali. Za razliku od celijakije i alergije na pšenicu, ne postoje standardizirani kriteriji za postavljanje dijagnoze necelijakične preosjetljivosti na gluten (Igbinedion i sur., 2017).

Necelijakična osjetljivost na gluten je sindrom koji karakteriziraju crijevni i izvancrijevni simptomi, a koji se pojavljuju nakon konzumacije hrane koja sadrži gluten i ostale proteine pšenice. Najčešći simptomi koji se javljaju slični su onima u slučaju celijakije i alergije na pšenicu. Uključuju probavne smetnje poput abdominalne boli, nadutosti, flatulencije, proljeva te rjeđe konstipacije. Nadalje, mogu se javiti i kronični umor, anemija, glavobolja, artritis, mialgija, parestezija, zamućenje svijesti i drugi simptomi. Necelijakična osjetljivost na gluten ne obuhvaća jasne serološke i patohistološke kriterije za potvrđivanje dijagnoze. Dijagnoza se postavlja isključivanjem drugih poremećaja povezanih ili nepovezanih s glutenom. Jedini dijagnostički standard u ovom slučaju je dvostruko slijepo placebo-kontrolirano izlaganje glutenom (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019). Nadalje, važno je napomenuti da ne postoji specifičan lijek za navedene poremećaje. Jedini način za ublažavanje simptoma uzrokovanih ovim poremećajima je bezglutenska prehrana (Fasano, 2012).

### **2.3. BEZGLUTENSKA PREHRANA**

Bezglutenska prehrana je jedini lijek za ljude koji pate od poremećaja povezanih s glutenom. U zadnje vrijeme sve veći broj ljudi samostalno odlučuje mijenjati prehrambene navike te uvode bezglutensku prehranu bez prethodnog dijagnosticiranja poremećaja.

Hrana bez glutena se može podijeliti na:

- hranu koja se sastoji od jednog ili više sastojaka koja ne sadržava pšenicu, raž, ječam, zob ili njihove križane sorte, a kojoj razina glutena ne prelazi ukupno 20 mg/kg, i
- hranu koja se sastoji od jednog ili više sastojaka iz pšenice, raži, ječma, zobi ili njihovih križanih sorti koji su posebno obrađeni tako da je uklonjen gluten, a razina glutena ne prelazi ukupno 20 mg/kg.



Također, postoji i ona hrana koja se posebno obrađena i ima smanjeni udio glutena na razini od 20 do 100 mg/kg. Takva hrana se sastoji od jednog ili više sastojaka iz pšenice, raži, ječma zobi ili njihovih križnih sorti, a posebno je obrađena da se razina glutena dovede u navedeni raspon (FAO,WHO, 2015). **Slika 4** prikazuje međunarodni znak za bezglutenske proizvode.



**Slika 4** Međunarodna oznaka za proizvode bez glutena (Cagnasso i sur., 2023)

Osim navedenoga, postoji i skupina namirnica koja predstavlja rizik, te se takva hrana može konzumirati tek nakon sigurne potvrde da ne sadrži gluten. Neki od tih proizvoda su instant juhe, kobasice, hrenovke, umaci od soje, slatkiši, bomboni te određene vrste sladoleda, čips, instant napitci poput kave i slične namirnice koje mogu sadržavati skriveni gluten (Panjkota Krbavčić, 2008). Žitarice koje su toksične za osobe oboljele od celijakije uključuju pšenicu, durum pšenicu, pir, raž, ječam, kamut i još neke divlje vrste. Sve navedene žitarice spadaju pod skupinu *Hordeae* ili *Triticeae*. Ostale skupine žitarica definirane su kao sigurne za konzumaciju (riža, kukuruz, proso, zob) (Ciacci i sur., 2015).

Osobe kojima je dijagnosticirana celijakija, intolerancija ili osjetljivost na gluten obično pokazuju malapsorpciju, odnosno nepotpunu apsorpciju hranjivih tvari, kao posljedicu oštećenja crijevne sluznice. Stoga je njihov nutritivni status često neadekvatan. Kako bi njihov oporavak bio što brži i lakši, te kako bi se poboljšao njihov nutritivni status, bezglutenski proizvodi i bezglutenska prehrana moraju biti što kvalitetniji (Autodore i sur., 2012). Osobe koje se pridržavaju bezglutenske prehrane prvenstveno paze da ne unesu gluten, pa im kvaliteta same prehrane postaje manje važna (Vici i sur., 2016). Nutritivni status osoba oboljelih od ove bolesti ovisit će o trajanju nedijagnosticirane bolesti, opsegu štete koju je ta bolest nanijela crijevnoj sluznici, te stupnju malapsorpcije (Panjkota Krbavčić, 2008).

## 2.4. ČAJNA PECIVA BEZ GLUTENA

Keksi i čajna peciva važan su dio prehrane osoba oboljelih od celijakije, koje se često oslanjaju na njih kao izvor ugljikohidrata. Prilikom proizvodnje pekarskih proizvoda postoje mnogi izazovi s kojima se susreću proizvođači. Gluten je odgovoran za različita funkcionalna svojstva te ga je teško zamijeniti i razviti senzorski prihvatljivi sastojak kao njegovu zamjenu. Pšenično brašno najčešća je žitarica koja se koristi za proizvodnju mlinskih proizvoda, a ujedno i glavni sastojak gotovo svih čajnih peciva, kao i drugih finih pekarskih proizvoda. Ima bitnu ulogu prilikom proizvodnje pekarskih proizvoda i utječe na teksturu, čvrstoću i oblik proizvoda (Schober i sur., 2003). Ono što je pozitivno kod proizvodnje čajnih peciva bez glutena je činjenica da gluten pri proizvodnji ove vrste proizvoda nema toliko bitnu ulogu kao pri proizvodnji ostalih pekarskih proizvoda (kruh, tjestenina i dr.).

Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica, čajna peciva spadaju u skupinu finih pekarskih proizvoda koji su definirani kao proizvodi specifičnih senzorskih svojstava proizvedenih različitim tehnološkim procesima, a sastoje se od mlinskih proizvoda, šećera, masnoća i drugih sastojaka kojima se ističe njihova specifičnost. Osim čajnog peciva, u tu skupinu spadaju i proizvodi poput trajnog slanog peciva, vafel lista, vafel proizvoda, medenjaka, kolača, paprenjaka, makronena, biskvita i piškota. Prema prethodno navedenom Pravilniku čajno pecivo je definirano kao: „Proizvod dobiven pečenjem oblikovanog tijesta, a sadrži najmanje 10% masti ili ulja i najviše 5% vode, računato na ukupnu masu gotovog proizvoda.“, a s obzirom na udio masnoća u gotovom proizvodu čajna peciva se dijele na desertna čajna peciva s najmanje 20 % masnoće, čajna peciva prve kvalitete s najmanje 15 % masnoće te čajna peciva druge kvalitete koja imaju najmanje 10% masnoće (NN 101/2022).

Proces izrade bezglutenskih čajnih peciva sličan je s postupkom proizvodnje konvencionalnih čajnih peciva, no osnovna razlika leži u upotrebi sirovina. Umjesto pšeničnog brašna, koriste se alternativna brašna drugih žitarica. Bezglutenska čajna peciva karakterizira visok udio šećera i masti, uz dodatak bezglutenskih brašna. Kukuruzno i rižino brašno najčešće se koriste u izradi bezglutenskih čajnih peciva, obično u kombinaciji s drugim brašnima, škrobom i/ili proteinima kako bi se poboljšala funkcionalnost i kvaliteta proizvoda (Xu i sur., 2020). Pri izradi bezglutenskih čajnih peciva, preferiraju se brašna s nižim udjelom proteina. Također je važno koristiti brašna s niskim upijanjem vode jer to doprinosi boljoj teksturi peciva (Arendt i Dal Bello, 2008).

U proizvodnji bezglutenskih pekarskih proizvoda, osim raznih vrsta brašna, koriste se i različiti škrobovi. Rižin škrob, zbog svojih hipoalergenih svojstava i prisutnosti lako probavljivih ugljikohidrata, predstavlja izvrsnu sirovinu za pacijente koji pate od alergija. Unatoč brojnim prednostima, proteini riže su netopljivi zbog svoje hidrofobne prirode te nisu u mogućnosti oblikovati visko-elastično tijesto (Elke i sur., 2008). Korištenje kukuruznog škroba dovodi do odgađanja želatinizacije škrobnih granula, što rezultira nižom viskoznošću i većim volumenom proizvoda zbog povećane ekspanzije šupljina proizvoda (Horstmann i sur., 2018). Dodatak kukuruznog škroba može rezultirati manjom čvrstoćom u usporedbi s bezglutenskim proizvodima bez dodatka kukuruznog škroba (Korus i sur., 2009).

Gotovo neizostavan sastojak svih proizvoda bez glutena na bazi brašna su hidrokoloidi, polisaharidi visoke molekularne mase, izolirani iz morskih algi, biljaka ili proizvedeni biotehnološkim putem. Oni već u malim količinama stabiliziraju emulzije, pjene i suspenzije te poboljšavaju glatkoću i reološka svojstva proizvoda. Također utječu na želatinizaciju škroba, poboljšavaju kvalitetu proizvoda i pružaju izvor vlakana. Hidrokoloidi poput hidroksipropilmetilceluloze (HPMC), karboksimetilceluloze (CMC), guar gume, karagenana i ksantana, često se koriste kao zamjena za gluten u bezglutenskim proizvodima. Ksantan guma, dobivena fermentacijom kukuruznog šećera uz pomoć bakterije *Xanthomonas campestris*, stvara viskozne otopine koje poboljšavaju senzorska svojstva, produžuju rok trajanja, povećavaju volumen i daju bolju teksturu konačnom proizvodu.

Masnoće i šećer imaju važnu ulogu u teksturi čajnih peciva. Glavna funkcija masnoća u tijestu je da pridonosi plastičnosti samog tijesta. Masnoće, kada su prisutne u velikim količinama, imaju snažan učinak podmazivanja, što znači da je potrebno malo vode za postizanje mekane konzistencije. Miješanjem masnoće s brašnom prije hidratacije sprječava se formiranje glutenske mreže (Maache-Rezzoung i sur., 1998). Ako se brašno hidratizira s dostupnom vodom, razvija se elastična glutenska mreža. No, prisutnost masti oko čestica škroba i proteina sprječava njihovu hidrataciju, što rezultira smanjenom elastičnošću tijesta i mekšom teksturom pečenog proizvoda (Lai i Lin, 2006). Utjecaj masti na kvalitetu tijesta i gotovog proizvoda ovisi ne samo o njihovom sastavu, već i o svojstvima brašna i vlastitim lipidima (Maache-Rezzoung i sur., 1998). Korištenje masti olakšava rukovanje tijestom. Osim toga, masti mogu zadržavati mjehuriće zraka, omogućavajući ravnomjernu raspodjelu plinova i vodene pare tijekom pečenja, što povećava volumen čajnih peciva (Lai i Lin, 2006).

Šećer koji se najčešće koristi u prehrambenoj industriji je saharoza, disaharid dobiven iz šećerne trske ili repe. Tijekom proizvodnje čajnih peciva, šećer se djelomično ili potpuno otapa, ovisno o količini vode, a nakon pečenja dolazi do rekristalizacije ili stvaranja amorfnih staklastih oblika, što značajno mijenja teksturu peciva. Otapanjem šećera povećava se tekuća faza tijesta i smanjuje potrebna količina vode. Saharozu također povećava temperaturu želatinizacije škroba i usporava razvoj glutena, što rezultira sporijim procesom formiranja strukture tijesta i duljim vremenom dizanja tijekom pečenja (Gavrilović, 2011; Manley, 2011).

Voda je ključan sastojak u svakom tijestu. Sva voda dodana prilikom zamjesa tijesta za fine pekarske proizvode, uključujući čajna peciva, ispari tijekom pečenja. Kvaliteta upotrijebljene vode može značajno utjecati na tijesto (Manley, 2011). Prema Zakonu o vodi za ljudsku potrošnju, voda za piće mora biti zdravstveno ispravna, što znači da ne smije sadržavati mikroorganizme, parazite ni štetne tvari u koncentracijama koje bi mogle ugroziti zdravlje ljudi (HS, 2023).

U proizvodnji čajnih peciva koriste se kemijska sredstva za narastanje koja pridonose volumenu i teksturi pečenih proizvoda. Kemijska sredstva poput praška za pecivo su iznimno praktična i korisna zbog svog brzog djelovanja. Najčešće se upotrebljavaju natrijev hidrogenkarbonat, amonijev hidrogenkarbonat i kalijev hidrogenkarbonat (Zhou, 2014). Kemijska sredstva poput praška za pecivo koja u svom sastavu osim natrijevog hidrogenkarbonata sadrže i različite kisele preparate u obliku kristala su iznimno praktična i korisna zbog svog brzog djelovanja.

Budući da bezglutenski proizvodi, između ostalog i čajna peciva, koji su zamjena uobičajenim pšeničnim pekarskim proizvodima obično sadrže rafinirana brašna i škrobove, imaju smanjen udio vlakana i povećan glikemijski indeks (Vici i sur., 2016). Kako bi bezglutenski proizvodi bili nutritivno bogatiji, postoje različiti načini za njihovo poboljšanje. Mogu se dodavati cjelovita brašna prirodno bezglutenskih žitarica kao što su proso, heljda, amarant, itd. Upotrebom navedenih žitarica poboljšavaju se senzorska svojstva i unosi određena količina vlakana i proteina u organizam. Koriste se i različita brašna mahunarki: sojino, rogačevo, te slanutkovo. Kako bi se povećao udio omega-3 masnih kiselina, dodaju se chia sjemenke koje mogu biti u obliku sjemenki i brašna. Chia sjemenke vežu veliku količinu vode i utječu na strukturu tijesta. Voće i povrće također se koristi u proizvodnji bezglutenskih proizvoda. Grašak, banane, grožđice, kivi, naranče i jagode samo su neki od njih (Capriles i sur., 2016).

## 2.5. LJEŠNJAK I ULJE LJEŠNJAKA

*Corylus avellana* L. je drvo europskog lješnjaka koje daje plodove s visokim udjelom ulja, a pripada porodici *Betulaceae* (Guiné i Correia, 2020). Ljuska ploda se uklanja mehanički te se može koristiti u svrhu proizvodnje drvenog ugljena, furfurala i za bojenje vina. Berba ploda se provodi ručno. Zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti smatra se mogućim sastojkom u zdravoj prehrani (Jokić i sur., 2016). Lješnjaci su bogati proteinima, ugljikohidratima, nezasićenim masnim kiselinama, vitaminima i esencijalnim mineralima. On se koriste u ljudskoj prehrani od najranijih dana (Dobhal i sur., 2018).

S obzirom na visoke nutritivne vrijednosti lješnjaka i njegove ugodne arome sve veća je potražnja i potrošnja. Pozitivni učinci na zdravlje ljudi utvrđeni su u istraživanjima, a pripisuju se aminokiselinskom sastavu proteina zbog visokog udjela arginina, specifičnog sastava masnih kiselina ulja i viskom sadržaju vrijednih komponenti  $\beta$ -sitosterola, tokoferola (vitamin E), piridoksina (vitamin B6), kao i magnezija, željeza, bakra i selen. Osnovni kemijski sastav jezgre lješnjaka prikazan je u **Tablici 1**.

**Tablica 1** Osnovni kemijski sastav jezgre lješnjaka (Dobhal i sur., 2018)

KOMPONENTA	Sastav (g/100 g)
Proteini	14,9
Ukupni lipidi	60,8
Ugljikohidrati	16,7
Vlakna	9,7

Lješnjaci su izuzetno bogat izvor lipida, uključujući i polarnu i nepolarnu frakciju. Također su značajan izvor mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina (Dobhal i sur., 2018). Osim masnoća, lješnjaci sadrže proteine, vlakna te fitokemikalije poput tokoferola, polifenola, esencijalnih minerala (kalcij, magnezij, selen) i vitamina B-kompleksa. Značajna je i činjenica da imaju nisku razinu natrija i šećera (Guiné i Correia, 2020).

U prehrambenoj industriji, lješnjaci se široko koriste u proizvodnji mliječnih i pekarskih proizvoda, kave, namaza i slastica. Također, često se dodaju u salate kao nutritivni dodatak, posebno važan za vegetarijansku prehranu, nadomještajući hranjive tvari koje se inače nalaze

u proizvodima životinjskog podrijetla. Konzumiraju se svježi ili tostirani, kao cijeli plodovi, sjeckani ili u obliku paste. Unatoč tome, većina lješnjaka završava u proizvodnji čokolade (70%), sladoleda i peciva (20%), dok manji dio ide na direktnu konzumaciju ili druge svrhe (Guiné i Correia, 2020).

Lješnjakovo ulje je zlatnožute boje te „slatkastog“ okusa. Osim u kulinarstvu, može naći primjenu u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji (Karlesking, 1996; Vaughan, 1977). Zbog poprilično visokog udjela tokoferola ima posebnu nutritivnu vrijednost. Također, neki od razloga zbog kojih je u posljednje vrijeme porasla zainteresiranost potrošača za lješnjakovo ulje je njegov pozitivan utjecaj na zdravlje, karakteristična primamljiva aroma te visoka oksidacijska stabilnost (Yilmaz i Öğütçü, 2014). Zemlje u kojima prevladava visoko razvijena proizvodnja lješnjaka ovo ulje koriste kao rafinirano lješnjakovo ulje. S druge strane, zemlje koje uvoze lješnjakovo ulje koriste ga kao nerafinirano začinsko ulje (Dimić, 2005).

Postoje dva glavna načina na koji se dobiva lješnjakovo ulje. Lješnjakovo ulje se može dobiti fizičkim i kemijskim putem. Fizički proces se zasniva na uključivanju mehaničke snage za uklanjanje ulja iz materijala i može uključivati hidraulično prešanje, hladno prešanje i pužno prešanje. S druge strane kemijski postupci se temelje na ekstrakciji uz pomoću nekog otapala. Na taj se način dobiva ulje niske kvalitete i zahtjeva se opsežno pročišćavanje kako bi se moglo koristiti. Pri proizvodnji ulja prešanjem nije potrebno naknadno koristiti nikakvo organsko otapalo i u ulju se zadržavaju bioaktivni spojevi poput esencijalnih masnih kiselina, fenola, flavonoida, tokoferola i dr. Glavni nedostatak prešanja je nizak prinos ulja, ali zbog toga je dobivena pogača također vrlo bogata proteinima, prehrambenim vlaknima te mineralnim tvarima te se može dalje koristiti u proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda (Zubr, 1997).

Lješnjakovo ulje se uglavnom sastoji od nezasićenih masnih kiselina, a u najvećoj mjeri tu su oleinska koje ima 80 % i linolna (6-12 %). Također ima i nešto zasićenih masnih kiselina koje čine 8-9 %. Zbog visokog udjela polinezasićenih masnih kiselina i prisutnosti tokoferola ova vrsta ulja ima dobru održivost. Nezasićene masne kiseline te steroli i tokoferolai koji su prisutni u ulju igraju važnu preventivnu ulogu kod raznih bolesti, a u najvećoj mjeri kardiovaskularnih jer oni pridonose smanjenju niske gustoće lipoproteinskog kolesterola (Moslavac i sur., 2023).

Moslavac i sur. (2023) navode da je ovo ulje dobar izvor vitamina E odnosno tokoferola i također se može koristiti kao sastojak hrane koji poboljšava rok trajanja proizvoda uz pomoću svojih antioksidacijskih svojstava.

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamjene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače lješnjaka koje se dodavalo u količinama od 20, 40 i 60 % na kvalitetu čajnog peciva bez glutena. Osim utjecaja dodatka brašna uljne pogače lješnjaka ispitan je i utjecaj uljnog taloga zaostalog nakon hladnog prešanja lješnjaka te utjecaj ulja lješnjaka koji su se u ovom radu koristili kao izvor masnoće umjesto margarina. Kroz analizu parametara poput udjela vode, aktiviteta vode, dimenzija, boje, teksture i senzorskih svojstava ispitan je utjecaj dodatka navedenih komponenti.

### 3.2. MATERIJALI

Za proizvodnju su korišteni:

- kukuruzno brašno (Podravka d.d., Koprivnica, Hrvatska),
- brašno uljne pogače lješnjaka (BB oil d.o.o, Bijelo Brdo, Hrvatska),
- ulje lješnjaka (BB oil d.o.o, Bijelo Brdo, Hrvatska),
- uljni talog od hladnog prešanja lješnjaka (BB oil d.o.o, Bijelo Brdo, Hrvatska),
- ksantan guma (Doves Farm Foods Ltd., Berkshire, UK),
- margarin (Zvijezda plus d.o.o., Zagreb, Hrvatska),
- natrijev hidrogenkarbonat,
- šećer kristal (saharoza),
- kuhinjska sol.

### 3.3. METODE

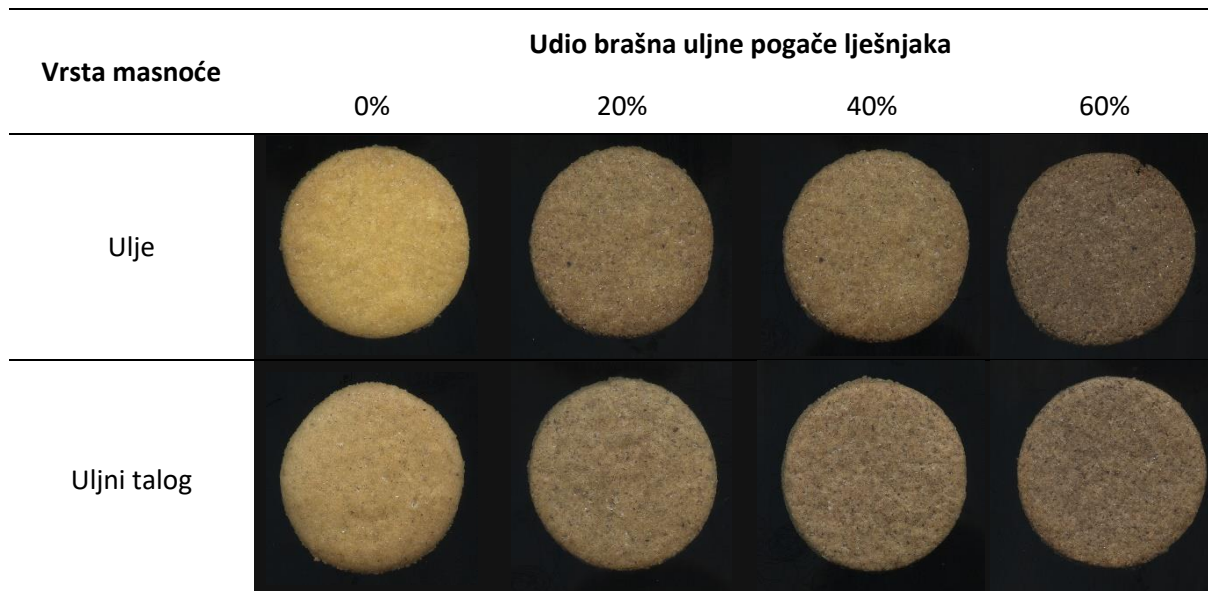
#### 3.3.1. Laboratorijsko pečenje čajnog peciva bez glutena

Svi potrebni sastojci, uključujući kukuruzno brašno, brašno uljne pogače lješnjaka, uljni talog ili ulje lješnjaka, ksantan gum, šećer, kuhinjsku sol, natrijev hidrogenkarbonat i destiliranu vodu, pažljivo su izmjerene prema specifikacijama navedenim u **Tablici 2**. Nakon preciznog mjerenja, masnoća, šećer, sol i natrijev hidrogenkarbonat stavljeni su u laboratorijsku miješalicu MMC700W (Gorenje d.o.o., Velenje, Slovenija). Miješanje je započelo najnižom brzinom i trajalo je 3 minute. Nakon toga, dodana je voda, a miješanje se nastavilo najnižom brzinom tijekom 1 minute. Nakon toga, brzina miješanja povećana je tijekom 1 minute.



**Tablica 2** Receptura za proizvodnju čajnog peciva bez glutena s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka

Sastojci (g)	Zamjes s uljem				Zamjes s uljnim talogom			
Kukuruzno brašno	100	80	60	40	100	80	60	40
Brašno uljne pogače lješnjaka	0	20	40	60	0	20	40	60
Ulje lješnjaka		40				-		
Uljni talog lješnjaka		-				40		
Ksantan guma					2			
Šećer					42			
Sol					1,25			
NaHCO <sub>3</sub> (g)					1,1			
Voda					22			

**Slika 5** Prikaz uzoraka čajnog peciva bez glutena s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka

Konačno, pripremljena smjesa kukuruznog brašna, brašna uljne pogače badema i ksantan gume dodana je uz miješanje tijekom 2 minute. Nakon završetka miješanja, tijesto je

oblikovano u kuglasti oblik, spakirano u PVC vrećicu i ostavljeno u hladnjaku na temperaturi od 8 °C tijekom 30 – 60 minuta. Nakon odmaranja u hladnjaku, tijesto je izvaljano na debljinu od 7 mm, a zatim su izrezivani okrugli oblici čajnih peciva promjera 60 mm. Pečenje se provodilo u pećnici Minimat Zibo (Wiesheu GmbH, Njemačka) tijekom 12 minuta na temperaturi od 205 °C. Nakon pečenja, čajna peciva su ohlađena na sobnoj temperaturi tijekom 30 minuta prije daljnjih analiza. Pečeni uzorci prikazani su na **Slici 5**.

### 3.3.2. Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava čajnog peciva bez glutena

#### *Određivanje udjela i aktiviteta vode*

Za analizu udjela vode i aktiviteta vode korišteni su infracrveni uređaj MOC-120H (Shimadzu, Japan) i uređaj Hygropalm AW1 (Rotronic, New York, SAD) redom.

#### *Određivanje dimenzija*

Pri određivanju visine pečenog čajnog peciva, prvo su se komadi poredali jedan na drugi te je ravnalom izmjerena ukupna visina. Kod ponovljenog mjerenja visine, komadi su se slučajnim odabirom redoslijeda ponovno slagali jedan na drugi te im je izmjerena visina na isti način kao i kod prvog mjerenja. Promjer se određivao na način da su se komadi pečenog čajnog peciva poslagali jedan do druga i onda se ravnalom izmjerila ukupna dužina (**Slika 6**). Zatim se svaki komad zarotirao za 90° stupnjeva i još jednom provelo mjerenje (AACC, 2000).



**Slika 6** Određivanje promjera čajnog peciva

Uz pomoć navedenih podataka računao se prosječan promjer pojedinačnog čajnog peciva prema formuli:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{12}$$

gdje je:  $d$  – prosječan promjer čajnog peciva (cm),

$d_1$  – dužina (širina) 6 komada čajnih peciva (cm),

$d_2$  – dužina (širina) 6 komada čajnih peciva (90°) (cm).

Određivanje visine čajnih peciva uključivalo je slaganje 6 komada čajnih peciva nasumičnim redoslijedom te mjerenje ravnalom. Nakon toga mjerenje se ponavljalo nakon promjene redoslijeda slučajnim odabirom te se zatim računala prosječna visina čajnog peciva prema formuli:

$$h = \frac{h_1 + h_2}{12}$$

gdje je:  $h$  – prosječna visina čajnog peciva (cm),

$h_1$  – ukupna visina 6 komada čajnih peciva (cm),

$h_2$  – ukupna visina 6 komada čajnih peciva (90°) (cm).

Prosječna visina i promjer čajnog peciva su se zatim koristele za izračun koeficijenta širenja čajnog peciva prema formuli:

$$SP = \frac{d}{h} \times 10$$

gdje je:  $SP$  – faktor širenja čajnog peciva,

$d$  – prosječan promjer čajnog peciva (cm),

$h$  – prosječna visina čajnog peciva (cm).

### **Određivanje boje**

Boja uzoraka čajnog peciva mjerena je pomoću kolorimetra Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Japan) koristeći komponente CIELab\* prostora boja, gdje  $L^*$  označava svjetlinu boje,  $a^*$  odnos crvene i zelene, te  $b^*$  odnos žute i plave boje. Prije same upotrebe uređaj je kalibriran pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Pomoću navedenih para

### **Određivanje teksturalnih svojstava**

Za određivanje teksture čajnog peciva korištena je analizator teksture TA.XT plus (Stable Microsystems Ltd., Surrey, Velika Britanija). Uzorak čajnog peciva postavljao se na nastavak za savijanje, odnosno lomljenje uzorka s razmakom između dva oslonca od 30 mm te je podvrgnut kompresiji do trenutka pucanja pri brzini sonde od 1 mm/s. Čvrstoća uzoraka izražena je kao sila lomljivosti (N), a određena je kao sila u trenutku lomljenja uzorka (maksimalni pik).

### **3.3.3. Određivanje senzorskih svojstava**

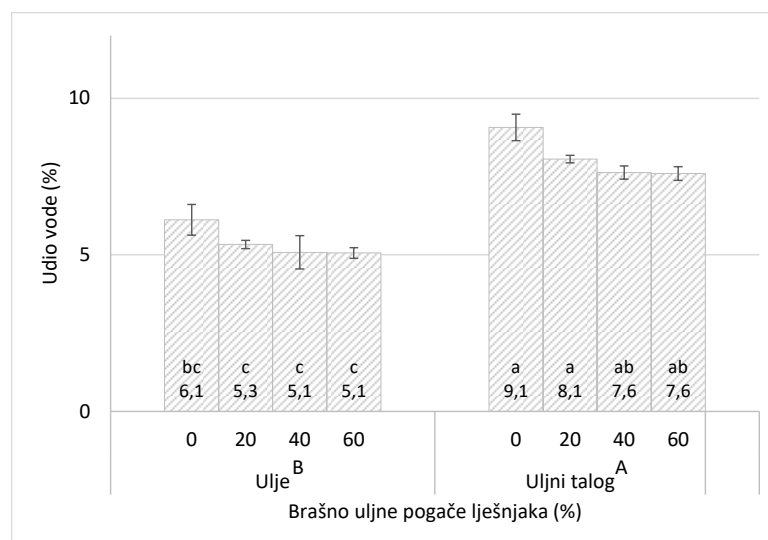
U senzorskoj evaluaciji uzoraka bezglutenskog čajnog peciva sudjelovalo je deset ocjenjivača. Ocjenjivači, studenti i zaposlenici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, ispunjavali su kriterije za ocjenjivanje, uključujući iskustvo u senzorskoj analizi te odsustvo zdravstvenih problema poput anozmije i daltonizma. Za ocjenjivanje senzorskih svojstava primijenjena je hedonistička skala s 9 stupnjeva, pri čemu je ocjena 1 označavala "izuzetno nepoželjno", dok je ocjena 9 označavala "izuzetno poželjno". Ocjenjivana svojstva uključivala su vanjski izgled, boju, teksturu, miris i okus. Ukupna senzorska ocjena dobivena je računanjem prosječnih ocjena za navedena senzorska svojstva.

### **3.3.4. Statistička obrada podataka**

Dobiveni rezultati su statistički obrađeni uz pomoć jednosmjerne analize varijance (engl. *one-way ANOVA*) i Tukeyevog HSD testa koristeći softver XLSTAT (Addinsoft, New York, NY, SAD).

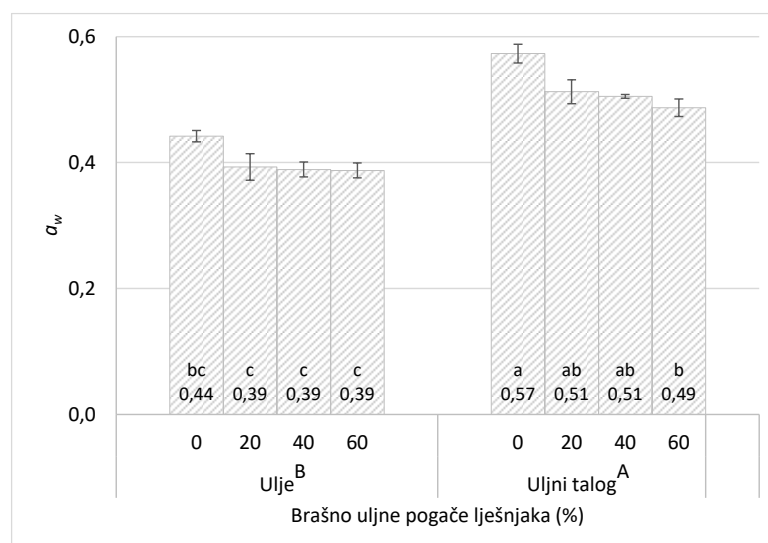
## **4. REZULTATI**

## 4.1. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA



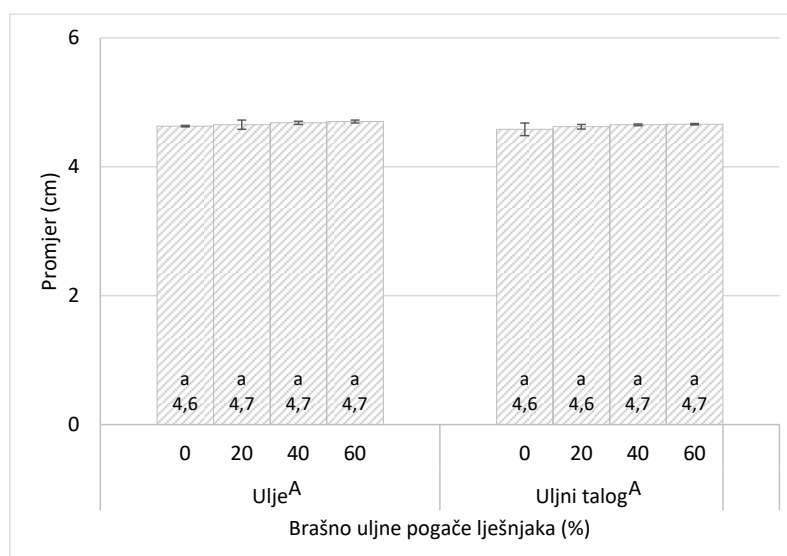
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 7** Udio vode bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



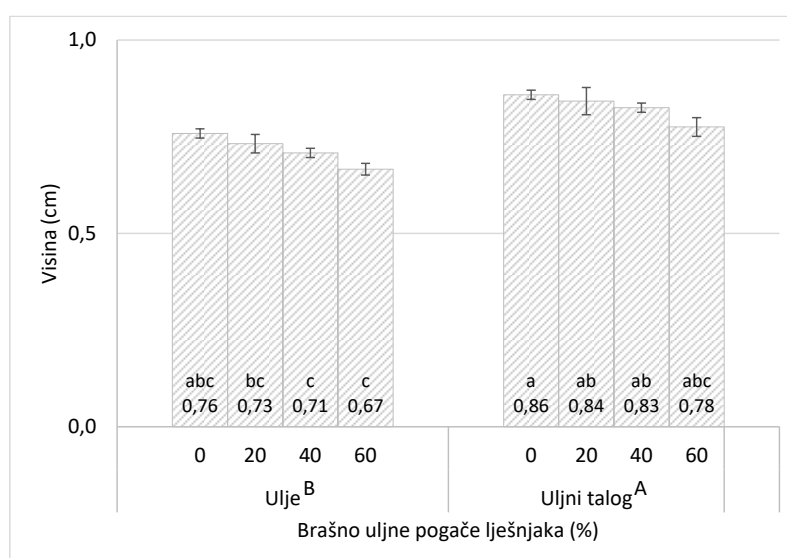
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 8** Aktivitet vode bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



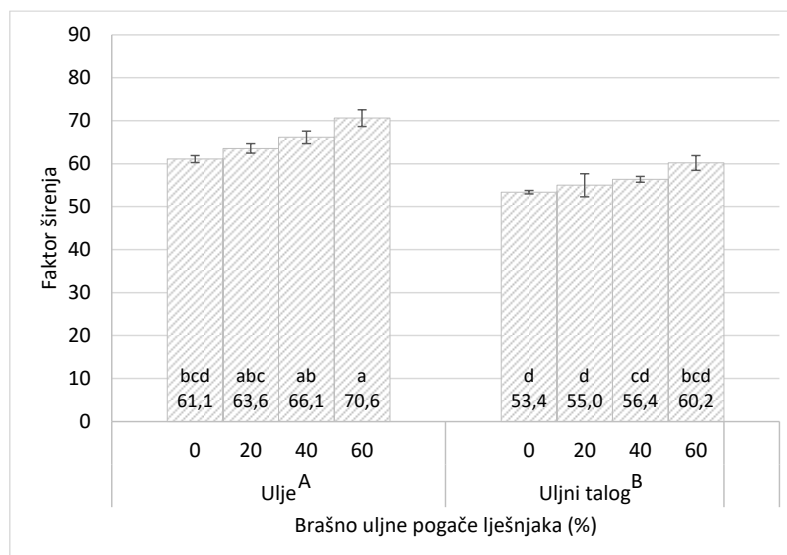
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 9** Promjer bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



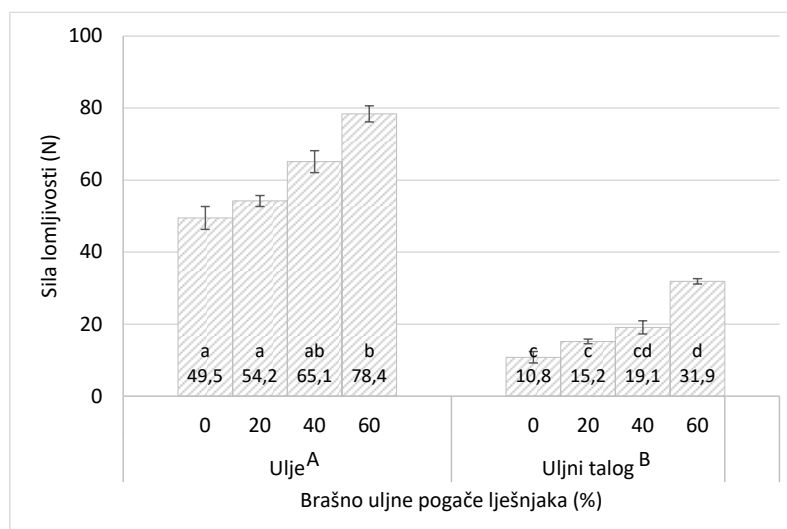
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 10** Visina bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 11** Faktor širenja bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka

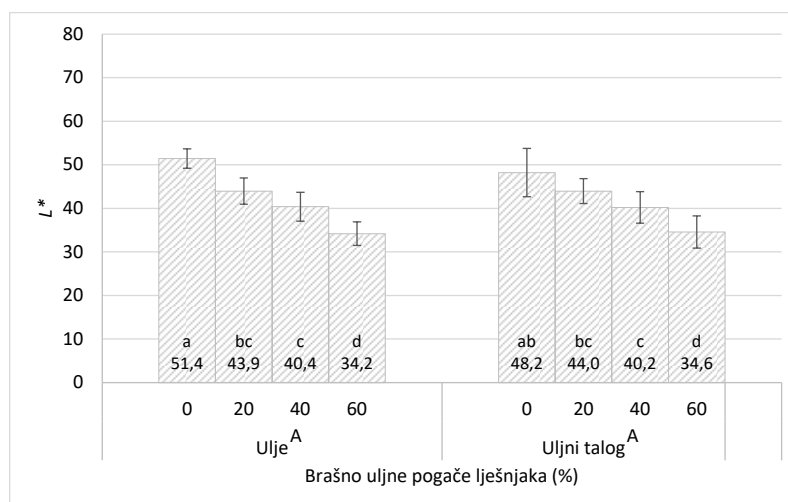


(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 12** Sila lomljivosti bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka

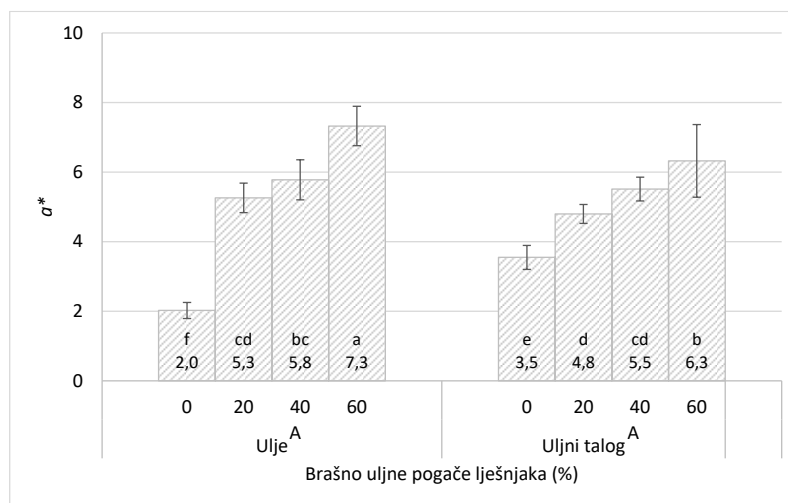


## 4.2. BOJA ČAJNOG PECIVA BEZ GLUTENA



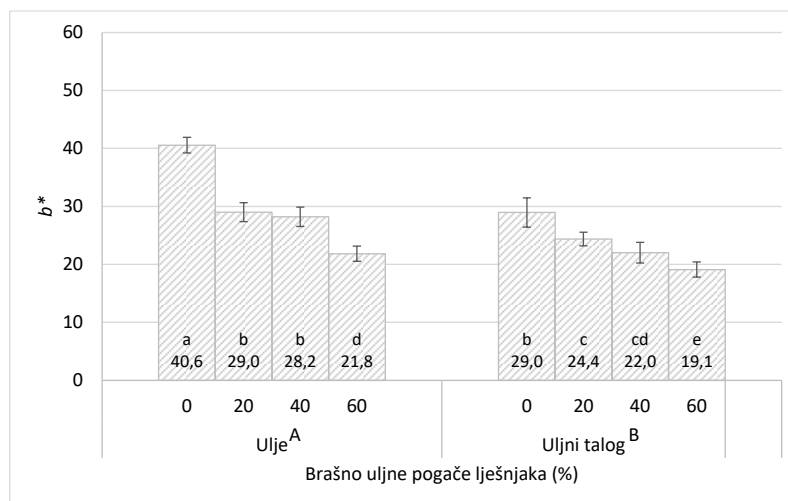
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 13** Svjetlina bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



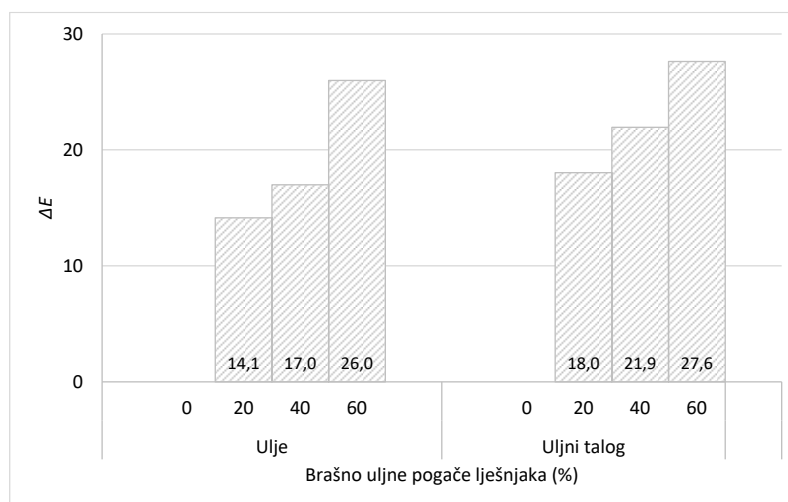
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 14** Analiza kromatske komponente zeleno-crvene boje ( $a^*$ ) bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



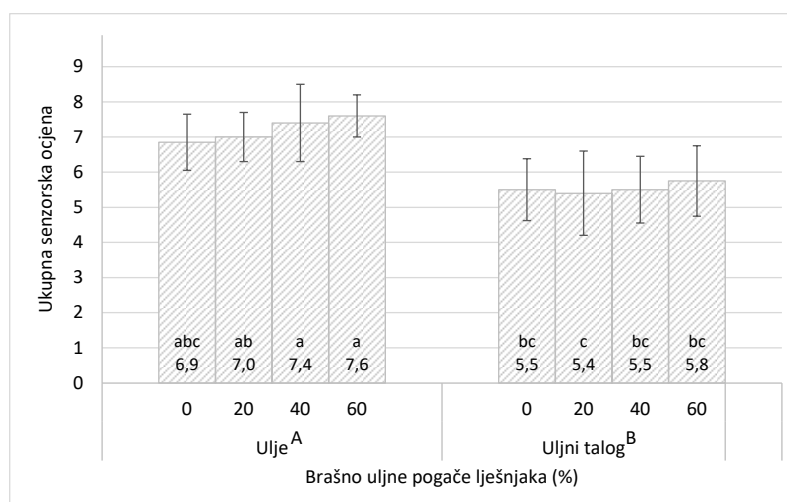
(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 15** Analiza kromatske komponente plavo-žute boje ( $b^*$ ) bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka



**Slika 16** Ukupna promjene boje bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka

## 4.3. SENZORSKA SVOJSTVA



(prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukeyevom HSD testu; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

**Slika 17** Ukupna senzorska ocjena bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače lješnjaka

## **5. RASPRAVA**

U ovom istraživanju analiziran je utjecaj zamjene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače lješnjaka na kvalitetu čajnih peciva bez glutena. Dodatno, istražen je i utjecaj uljnog taloga dobivenog nakon hladnog prešanja lješnjaka te ulja lješnjaka kao zamjene za margarin, odnosno „shortening“. Rezultati su pokazali značajne promjene u svojstvima čajnih peciva ovisno o količini dodanog brašna uljne pogače lješnjaka te vrsti masnoće koja se koristila.

Rezultati su pokazali smanjenje udjela i aktiviteta vode s povećanjem količine dodanog brašna uljne pogače lješnjaka (**Slike 7 i 8**). Ovo smanjenje može biti posljedica manje apsorpcije vode od strane brašna uljne pogače lješnjaka od apsorpcije kukuruznog brašna uslijed većeg sadržaja masti u brašnu uljne pogače što se može objasniti hidrofobnim svojstvima ulja. Kada se brašno uljne pogače lješnjaka s visokim udjelom ulja doda u smjesu tijesta, ulje može stvoriti barijeru koja otežava penetraciju vode u tijesto, a to može rezultirati smanjenjem dostupne vode za formiranje glutena i hidrataciju drugih sastojaka tijesta, što dovodi do smanjenja udjela i aktiviteta vode u konačnom proizvodu. Smanjenje udjela i aktiviteta vode u bezglutenskim čajnim pecivima može se smatrati poželjnom pojavom u pogledu veće stabilnosti i duljeg vijeka trajanja proizvoda. Utvrđena je i statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) između upotrijebljenih masnoća. Čajna peciva proizvedena s uljem lješnjaka imala su u pravilu manji udio (5,1-6,1 %) i aktivitet vode (0,39-0,44 %) od čajnih peciva s uljnim talogom (7,6-9,1 % i 0,49-0,57 %) što se također može objasniti većim sadržajem masti u ulju lješnjaka u odnosu na uljni talog.

Iz rezultata prikazanih na **Slikama 9 i 10** može se zaključiti da nije bilo statističke značajne promjene u promjeru čajnih peciva bez obzira na količinu dodatka brašna uljne pogače lješnjaka, kao i s obzirom na vrstu upotrijebljene masnoće. Za razliku od promjera, visina čajnih peciva se smanjivala dodatkom brašna uljne pogače te je bila najmanja kod uzorka s 60 % dodatka brašna uljne pogače lješnjaka s upotrijebljenim uljem lješnjaka kao zamjenom za margarin (0,67 cm). Analogno smanjenju visine povećavao se faktor širenja čajnih peciva (**Slika 11**). Utvrđeno je da je visina čajnih peciva bila značajno manja, a faktor širenja veći kod čajnih peciva proizvedenih s uljem lješnjaka u odnosu na ona proizvedena s uljnim talogom zaostalim nakon prešanja. Ovaj efekt suprotan je onome koji se može primijetiti kod čajnih peciva proizvedenih od pšeničnog brašna. Naime, neka istraživanja na čajnim pecivima proizvedenim od kompozitnog brašna koje je uključivalo i pšenično brašno pokazala su da čajna peciva koja su proizvedena od tekućeg ulja imaju veći promjer i veće širenje zbog ranijeg otapanja masti

tijekom procesa pečenja (Jacob i Leelavathi, 2007; Rangrej i sur., 2015; Devi i Khatkar, 2016). Takvo tijesto nije dovoljno viskozno da zaustavi širenje, što može rezultirati neželjenim prekomjernim širenjem čajnog peciva. Suprotan efekt u ovom istraživanju može se objasniti time što nije korišteno pšenično nego kukuruzno brašno koje ne sadrži gluten pa su i utjecaji ulja na dimenzije drugačiji.

Čvrstoća čajnih peciva, predstavljena kao sila potrebna za lomljenje uzorka prilikom analize teksture, bila je statistički značajno veća ( $p < 0,05$ ) kod čajnih peciva proizvedenih s uljem lješnjaka nego li čvrstoća čajnih peciva s uljnim talogom (**Slika 12**). Porastom udjela brašna uljne pogače lješnjaka rasla je i čvrstoća uzoraka čajnog peciva. Ovakav utjecaj na čvrstoću može se objasniti na isti način kao i utjecaj na dimenzije čajnog peciva. Tekuća ulja povećavaju njihovu čvrstoću zbog toga što imaju manju tendenciju zadržavanja plinova tijekom pečenja nego čvrste masnoće (Kamel, 1994). Ovo je potvrđeno i u nekim drugim istraživanjima u kojima su u recepturi za proizvodnju čajnih peciva korištena tekuća ulja (Jacob i Leelavathi, 2007; Rangrej i sur., 2015).

Rezultati mjerenja boje površine čajnih peciva bez glutena s brašnom uljne pogače lješnjaka prikazani su na **Slikama 13-16**. Rezultati istraživanja jasno pokazuju značajan utjecaj dodatka brašna od uljne pogače lješnjaka na različite parametre boje bezglutenskog čajnog peciva, kao i na ukupnu promjenu boje. Vrijednosti svjetline ( $L^*$ ) kretale su se u rasponu od 34,2 do 51,4 za uzorke s dodatkom ulja lješnjaka i od 34,6 do 48,2 za uzorke s dodatkom uljnog taloga. Očigledno je da je povećanje udjela brašna od uljne pogače lješnjaka rezultiralo smanjenjem svjetline bezglutenskog čajnog peciva, što se odrazilo u smanjenju  $L^*$  vrijednosti. Najtamniji uzorci bili su oni koji su sadržavali 60% dodatka brašna od uljne pogače lješnjaka. Također, uočeno je povećanje kromatske komponente zeleno-crvene boje ( $a^*$ ) i smanjenje kromatske komponente plavo-žute boje ( $b^*$ ) u odnosu na kontrolni uzorak (0% dodatka brašna od uljne pogače) za obje skupine uzoraka, kako one s dodatkom ulja lješnjaka, tako i one s uljnim talogom. Ove promjene u vrijednostima  $a^*$  i  $b^*$  parametara sugeriraju da je dodatak brašna od uljne pogače lješnjaka značajno utjecao na promjenu tonaliteta boje čajnog peciva, prelazeći prema crvenim nijansama i udaljavajući se od žutih tonova. Vrijednosti ukupne promjene boje bezglutenskog čajnog peciva kretale su se u rasponu od 14,1 do 26,0 za uzorke s dodatkom ulja lješnjaka i od 18,0 do 27,6 za uzorke s dodatkom uljnog taloga. Ovi rezultati ukazuju na to da je zamjena kukuruznog brašna brašnom od uljne pogače lješnjaka statistički

značajno promijenila boju čajnog peciva ( $p < 0,05$ ), pri čemu je veći postotak dodatka brašna od uljne pogače rezultirao većom ukupnom promjenom boje. Ove promjene u boji mogu biti povezane s prisutnošću prirodnih pigmenata i antioksidansa u lješnjacima i njihovom interakcijom s ostalim sastojcima u recepturi čajnog peciva. Nisu utvrđene statističke značajne razlike u parametrima boje čajnih peciva proizvedenih s uljem u odnosu na one proizvedenih s uljnim talogom, osim kromatske komponente  $b^*$  koja je bila značajno veća kod uzoraka s uljem što pokazuje da su ta čajna peciva imala nešto žuće tonove od čajnih peciva s uljnim talogom.

Ukupne senzorske ocjene bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna od uljne pogače lješnjaka prikazane su na **Slici 17**. Uzorci proizvedeni s uljem lješnjaka s dodatkom 60% brašna uljne pogače lješnjaka dobili su najviše senzorske ocjene (7,6). Uzorci s uljnim talogom zaostalim nakon prešanja imali su značajno manje ocjene u odnosu na uzorke s uljem lješnjaka jer su panelisti primijetili prisutnost "stranog" okusa u ovim uzorcima, što sugerira da se korištenje uljnog taloga u recepturi za proizvodnju čajnih peciva bez glutena može preporučiti eventualno u manjem udjelu nego što je korišteno u ovom istraživanju. Ovi rezultati ukazuju na to da su uzorci s najvećim udjelom brašna od uljne pogače badema ocijenjeni kao senzorski poželjni.

## **6. ZAKLJUČCI**



Iz rezultata istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Dodatak brašna uljne pogače lješnjaka uzrokuje smanjenje udjela i aktiviteta vode u bezglutenskim čajnim pecivima.
- Promjer čajnih peciva nije značajno promijenjen dodatkom brašna od uljne pogače lješnjaka, ali je visina smanjena, a faktor širenja povećan što se može objasniti hidrofobnim svojstvima ulja koje stvara barijeru protiv penetracije vode u tijesto.
- Čvrstoća čajnih peciva bila je veća kod uzoraka s uljem lješnjaka nego kod uzoraka s uljnim talogom, vjerojatno zbog manje sposobnosti tekućih ulja da zadržavaju plinove tijekom pečenja u usporedbi s čvrstim mastima.
- Dodatak brašna od uljne pogače lješnjaka značajno je utjecao na promjenu boje čajnih peciva koja je bila znatno tamnija od čajnih peciva sa 100 % kukuruznog brašna.
- Uzorci proizvedeni s uljem lješnjaka s dodatkom 60% brašna uljne pogače lješnjaka dobili su najviše senzorske ocjene dok su uzorci s uljnim talogom značajno lošije ocijenjeni.

## **7. LITERATURA**

AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-50.05, Baking Quality of Cookie Flour. Approved November 3, 1999. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A., 2000.

Arendt EK, Dal Bello F: *Gluten-free cereal products and beverages*. Department of Food and Nutritional Sciences, University College Cork, Ireland, 2008. Autodore J, Verma R, Gupta, K: Celiac Disease and Its Treatment. *Topics in Clinical Nutrition* 27:270-276, 2012.

Cagnasso C, Marquez S, López, LB: Regulation and Labelling. Methods of Analysis for the Determination of Gluten in Foods. U *Designing Gluten Free Bakery and Pasta Products*, str. 361-388. Springer, 2023.

Capriles VD, dos Santos FG, Areas JAG: Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science* 67:83-91, 2016.

Ciacci C, Ciclitra P, Hadjivassiliou M, Kavkinen K, Ludvigsson J, McGough N, Sanders SD, Woodward J, Leonard JN, Swift GL: The gluten-free diet and its current application in coeliac disease and dermatitis herpetiformis. *United European Gastroenterology Journal* 3(2):121-35, 2015.

De Santis MA, Giuliani MM, Giuzio I, De Vita P, Lovegrove A, Shewry PR, Flagella Z: Differences in gluten protein composition between old and modern durum wheat genotypes in relation to 20th century breeding in Italy. *European Journal of Agronomy* 87:19-29, 2017.

Devi A, Khatkar BS: Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: A review. *Journal of Food Science and Technology* 53, 3633–3641, 2016.

Dimić E: *Hladno ceđena ulja*. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2005.

Dobhal K, Nradev S, Semwal A, Negi A: A Brief review on: hazelnuts. *International Journal of Recent Scientific Research* 9(1):23680-23684, 2018.

Elli L, Branchi F, Tomba C, Villata D, Norsia L, Ferretti F, Roncoroni L, Bardella MT: Diagnosis of gluten related disorders: celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. *World Journal of Gastroenterology* 21(23):7110-7119, 2015.

FAO, WHO, Food and Agriculture Organization of technology United Nations, World health Organization: *Codex standard 118-1979 for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten*. FAO, Italija, 2008.

Fasano A. (2012) Novel therapeutic/integrative approaches for celiac disease and dermatitis herpetiformis. *Clinical Developmental immunology*, 9:1-7, 2012.

Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2011.

Guiné RPF, Correia PMR: Hazelnuts: A valuable resource. *International Journal of Food Engineering* 6(2):67-72, 2020.

Horstmann SW, Axel C, Arendt, EK: Water absorption as a prediction tool for the application of hydrocolloids in potato starch-based bread. *Food Hydrocolloids* 81:129-138, 2018.

HS, Hrvatski Sabor: *Zakon o vodi za ljudsku potrošnju*. Narodne novine 56/13, 2013.

Igbinedion SO, Ansari J, Vasikaran A, Gavins F, Jordan P, Boktor M, Alexder J: Non-celiac gluten sensitivity: all wheat attack is not celiac. *World Journal of Gastroenterology* 23(40):7201-7210, 2017.

Jacob J, Leelavathi K: Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *Journal of Food Engineering* 79, 299–305, 2007.

Jokić S, Moslavac T, Aladić K, Bilić M, Ačkar Đ, Šubarić D: Hazelnut oil production using pressing and supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Hemijska Industrija* 70(4):359-366, 2016.

Jukić M, Lukinac J, Čuljak J, Pavlović M, Šubarić D, Koceva Komlenić D: Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour. *International journal of food science and technology* 54 3. 602-609, 2019.

Kaluđerski G, Žeželj M, Gavrilović M, Kaluđerski S, Tošić B: *Tehnologija proizvodnje i prerade brašna*. Zavod za izdavanje udžbenika i nastavna sredstva, Novi Sad, Beograd, Triglav, 1989.

Kamel B.S: *Creaming, emulsions, and emulsifiers*. U: *The Science of Cookie and Cracker production* (edited by H. Faridi). pp. 253–282. New York, NY: Chapman & Hall. 1994.

Karleskind A: *Oils and fats Manual*. Intercept Ltd, Andover, Hampshire, UK, 1996.

Kissing Kucek L, Veenstra LD, Amnuaycheewa P, Sorrells ME: A Grounded Guide to Gluten: How Modern Genotypes and Processing Impact Wheat Sensitivity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14:285-302, 2015.

Korus J, Witczak M, Rafal Z, Juszcak L: The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough. *Food Hydrocolloids* 23:995-998, 2009.

Lai HM, Lin TC: Bakery products: science and technology. U *Bakery products: science and technology*, 3-68, Blackwell Publishing, USA, 2006.

Ludvigsson JF, Bai JC, Biagi F, Card TR, Ciacci C, Ciclitira PJ et al. Diagnosis and management of adult coeliac disease: guidelines from the British Society of Gastroenterology. *Gut* 63:1210-1228, 2014.

Lukinac Čačić, J. Matematičko modeliranje i optimiranje kinetike promjene boje kruha tijekom pečenja. *Doktorski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2012.

Maache-Rezzoung Z, Bouvier J, Allaf K, Patras C: Effect of principal ingredients on rheological behavior of biscuit dough and on quality of biscuit. *Journal of Food Engineering* 35:23- 42, 1998.

Manley D: *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Woodhead publishing Limited, 2000.

Manley, D: *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies, fourth edition*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 2011.

Mišak Z, Hojsak I, Despot R, Jadrešin O, Kolaček S, Konjik V, Palčevski G, Perše B, Senečić-Čala I, Tješić-Drinković D, Vuković J, Žaja O: Celijakija – nove smjernice, što je zaista novo?– dijagnostički postupnik Hrvatskog društva za pedijatrijsku gastroenterologiju, hepatologiju i prehranu Hrvatskog liječničkog zbora. *Liječnički vjesnik* 1:43-49, 2022.

Moslavac T, Jokić S, Jozinović A, Kovačić M: Utjecaj antioksidanasa na stabilizaciju mješavine lješnjakovog i lanenog ulja. *Glasnik zaštite bilja* 5:48-56, 2023.

MP, Ministarstvo poljoprivrede RH: *Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica*. Narodne novine 101/2022.

- Ortega JAI, Garcia MMR, Quiles Blanco MJ, Naji AJA, Iglesias GMJ: Enfermedad celiaca y nuevas patologías relacionadas con el gluten. *Nutrición Hospitalaria* 33(4):44-8, 2016.
- Özcan Musa M, Arslan D: Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. *Food Chemistry* 129, 171-174, 2011.
- Panjkota Krbavčić I: Prehrana kod celijakije. *Medicus*, 17(1):87-92, 2008.
- Perrotta G, Guerrieri E: Celiac disease: Definition classification, historical and epistemological profiles, anatomopathological aspects, clinical signs, differential diagnosis, treatments and prognosis. Proposed diagnostic scheme for celiac disease (DSCNC). *Archives of Clinical Gastroenterology* 8(1): 008-019.
- Pozderac I, Mijandrušić Sinčić B: Poremećaji povezani s glutenom. *Medicina fluminensis* 55(1):53-58, 2019.
- Preichardt LD, Gularte MA: Gluten formation, its sources, composition and health effects. U *Gluten-sources, composition and health effects*, str. 55-70, Nova science publishers, 2013.
- Rangrej V, Shah V, Patel J, Ganorkar PM: Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology* 52, 3694–3700, 2015.
- Sapone A, Bai JC, Ciacci C, Dolinsek J, Green P, Hadjivassiliou M, Kaukinen K, Rostami K, Sanders DS, Schumann M, Ullrich R, Villalta D, Volta U, Catassi C, Fasano A: Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine* 10:1-12, 2012.
- Saturni L, Ferretti G, Bacchetti T. The gluten- free diet: safety and nutritional quality. *Nutrients* 2(1):16-34, 2010.
- Schober JT, O'Brien CM, McCarthy D, Darnedde A, Arent KA: Influence of glutenfree mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *European Food Research Technology* 246:369-376, 2003.
- Sherwry P: What Is Gluten- Why Is It Special. *Frontiers in Nutrition* 6(101): 1-10, 2019
- Ye L, Zheng W, Li X, Han W, Shen J, Lin Q, Hou L, Liao L, Zeng X: The Role of Gluten in Food Products and Dietary Restriction: Exploring the Potential for Restoring Immune Tolerance. *Foods* 12(22):1-25, 2023.
- Yılmaz E, Öğütçü M: Properties and Stability of Hazelnut Oil Oganonels with Beeswax and Monoglyceride. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 91:1007-1017, 2014.
- Vaughan JG: *The Structure and utilization of oil seeds*. Champanand Hall Ltd, London, 1977.
- Vici G, Belli L, Biondi M, Polzonetti V: Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical nutrition*, 35, 1236-1241, 2016.
- Zhou W: *Bakery products science and technology*, John Wiley & Sons, Ltd, U.K., 2014.
- Zubr J: Oil – seed Crop: Camelina Sativa. *Industrial Crops and Products* 6:113-119, 1997.