

Utjecaj dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu čajnog peciva bez glutena

Mandić, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:122399>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

Valentina Mandić

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

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

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 pekarstva
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
Komentor: prof. dr. sc. Mirela Planinić
Pomoć pri izradi: Ana Šušak, dipl. ing., stručna suradnica

Utjecaj dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu čajnog peciva bez glutena Valentina Mandić, 0113140039

Sažetak: Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu čajnog peciva bez glutena. Brašno uljne pogače industrijske konoplje dodavano je u količinama od 5, 10 i 15%. Osim utjecaja dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje ispitan je i utjecaj zamijene margarina (shorteninga) uljnim talogom zaostalim nakon hladnog prešanja sjemenki industrijske konoplje. Provedena su probna pečenja i ispitivanje kvalitativnih svojstava čajnog peciva bez glutena koja su obuhvaćala određivanje udjela i aktiviteta, boje u CIELab sustavu, ispitivanje promjene dimenzija i teksturalnih svojstava te senzorsko ocjenjivanje.

Rezultati su pokazali da zamjena kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje znatno mijenja boju čajnog peciva, smanjujući svjetlinu i mijenjajući tonalitet boje prema zelenim nijansama. Također, smanjuje se debljina, a povećavaju širina i čvrstoća čajnog peciva. Dodatak brašna industrijske konoplje je smanjio ukupnu senzorsku prihvatljivost ovakve vrste proizvoda, ali dodatak od 5% nije uzrokovao značajno smanjenje u odnosu na kontrolni uzorak što ukazuje na potencijalnu primjenu brašna uljne pogače industrijske konoplje. Korištenje uljnog taloga industrijske konoplje značajno pogoršava senzorska svojstva te njegovo korištenje nije opravdano u proizvodnji čajnog peciva bez glutena.

Ključne riječi: brašno uljne pogače industrijske konoplje, čajno pecivo bez glutena, uljni talog zaostao nakon prešanja

Rad sadrži: 40 stranica
19 slika
2 tablice
35 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

1. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić	predsjednik
2. prof. dr. sc. Marko Jukić	član-mentor
3. prof. dr. sc. Mirela Planinić	član-komentor
4. prof. dr. sc. Ana Bucić	zamjena člana

Datum obrane: 29. rujna 2023.

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 technology
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: Baking Technology
Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. IX held on Jun 29, 2022
Mentor: *Marko Jukić*, PhD, prof.
Co-supervisor *Mirela Planinić*, PhD, prof.
Technical assistance: *Ana Šušak*, B.Sc.

Effect of Hemp Seed Oil Press-Cake Flour on the Quality of Gluten-Free Biscuits

Valentina Mandić, 0113140039

Summary: The aim of this study was to investigate the effect of replacing part of the corn flour with hemp seed oil press cake flour on the quality of gluten-free biscuits. Hemp seed oil press cake flour was added in amounts of 5, 10, and 15%. In addition, the study also investigated the effect of replacing margarine (shortening) with the oily sediment residue remaining after cold pressing of hemp seeds. Baking tests were conducted and the quality characteristics of the gluten-free biscuits were investigated. This included determination of moisture content and activity, colour in the CIELab system, evaluation of dimensional changes and textural properties, and sensory evaluation.

The results showed that replacing corn flour with hemp seed oil press cake flour significantly changed the colour of the biscuits by reducing the lighthness and shifting the hue toward greens. In addition, thickness decreased while width and firmness increased. The addition of hemp seed oil press cake flour decreased the overall sensory acceptability of this type of product, but a 5% addition did not cause a significant decrease compared to the control sample, indicating the potential use of hemp seed oil cake flour. The use of oily sediment residue significantly deteriorated the sensory properties, so its use in the production of gluten-free biscuits was not justified.

Key words: hemp seed oil press-cake, gluten-free biscuits, oily sediment residue

Thesis contains: 40 pages
19 figures
2 tables
35 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|---------------|
| 1. Daliborka Koceva Komlenić, PhD, prof. | chair person |
| 2. Marko Jukić, PhD, prof. | supervisor |
| 3. Mirela Planinić, PhD, prof. | co-supervisor |
| 4. Ana Bucić, PhD, prof. | stand-in |

Defense date: September 29, 2023

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

ZAHVALE

Iznimno sam zahvalna mentoru prof. dr. sc. Marko Jukić na pomoći u izradi i pisanju ovog diplomskog rada.

Hvala gospođi Ana Šušak na velikoj pomoći u eksperimentalnom dijelu izrade rada.

Zahvaljujem se i svim djelatnicama/ima Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek na prenošenju znanja, informacija te ljubavi prema znanosti.

Veliko hvala kolegici Mateji na podršci tijekom cijelog obrazovanja.

Mama, tata, dedo i brate...uspjela sam! Ne bih mogla završiti obrazovanje da nije bilo vaše financijske i psihološke pomoći. Beskrajno sam vam zahvalna na pruženoj ljubavi i podršci.

Mojoj dragoj, pokojnoj baki Anđi...Ženi koja je itekako znala koliko obrazovanje puno vrijedi. Nadam se da si ponosna na mene.

Hvala Vam svima!

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. BEZGLUTENSKA PREHRANA.....	4
2.1.1. Gluten	4
2.1.2. Poremećaji povezani s glutenom	5
2.2. BEZGLUTENSKI PROIZVODI NA BAZI ŽITARICA	7
2.2.1. Bezglutensko čajno pecivo	8
2.2.2. Sastojci koji se koriste u izradi čajnog peciva bez glutena	9
2.3. INDUSTRIJSKA KONOPLJA.....	11
3. EKSPERIMENTALNO DIO	13
3.1. ZADATAK.....	14
3.2. MATERIJAL I METODE.....	14
3.2.1. Materijal	14
3.2.2. Priprema uzorka čajnog peciva	15
3.2.3. Određivanje udjela vode	15
3.2.4. Određivanje aktiviteta vode	16
3.2.5. Kolorimetrijsko određivanje boje.....	16
3.2.6. Određivanje dimenzija (visine, širine i faktora širenja)	17
3.2.7. Određivanje teksture čajnog peciva.....	18
3.2.8. Određivanje senzorskih svojstava pomoću hedonističke ljestvice	19
4. REZULTATI.....	20
5. RASPRAVA.....	30
6. ZAKLJUČCI	35
7. LITERATURA.....	37

1. UVOD

Bezglutenska prehrana postaje sve značajnija u suvremenom društvu, osobito za osobe koje boluju od celijakije ili su preosjetljive (intolerantne) na gluten. Ova prehrambena ograničenja zahtijevaju razvoj kvalitetnih bezglutenskih proizvoda koji ne samo da zadovoljavaju nutritivne potrebe, već i pružaju izvrsno senzorsko iskustvo. U tom kontekstu, istraživanja usmjerena na poboljšanje kvalitete bezglutenskih proizvoda postaju ključna.

Suvremena prehrambena industrija suočava se s rastućom potrebom za inovativnim bezglutenskim proizvodima, a među njima, čajno pecivo se ističe kao omiljeni izbor potrošača. Čajno pecivo, prepoznatljivo po svojoj bogatoj masnoći i niskom udjelu vode, predstavlja izazov u proizvodnji bez glutena. Kvaliteta ovog peciva ključna je za zadovoljstvo potrošača, a ključni čimbenici u postizanju tog cilja su odabir brašna i masnoća.

U skladu s potrebama tržišta i trendovima zdrave prehrane, industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) privukla je znatizelju prehrambenih stručnjaka. Osim što je poznata po proizvodnji vlakana i ulja, konoplja nudi i potencijalne prednosti u obogaćivanju bezglutenskih proizvoda. Uljna pogača industrijske konoplje, koja se dobiva hladnim prešanjem sjemenki, predstavlja bogat izvor hranjivih tvari i vlakana.

Stoga, cilj ovog istraživanja bio je dublje razumjeti kako dodatak brašna iz uljne pogače industrijske konoplje može utjecati na kvalitetu bezglutenskog čajnog peciva. Također, pokušalo se utvrditi kako zamjena tradicionalnog margarina uljnim talogom konoplje može unaprijediti karakteristike peciva. Kroz analizu niza parametara, uključujući udio vode, aktivitet vode, boju, dimenzije, specifični volumen, čvrstoću i lomljivost, te senzorska svojstva peciva, htio se pružiti sveobuhvatan uvid u promjene kvalitete proizvoda. Na temelju dobivenih rezultata, identificirana je optimalna koncentracija brašna iz uljne pogače industrijske konoplje kako bi se proizvelo kvalitetno bezglutensko čajno pecivo koje zadovoljava potrebe suvremenih potrošača.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. BEZGLUTENSKA PREHRANA

Bezglutenska prehrana predstavlja ključni aspekt u liječenju složenih imunoloških poremećaja, kao što je celijakija, te drugih stanja uzrokovanih intolerancijom na gluten. Ovom prehranom postiže se trajno poboljšanje kliničke slike, normalizacija razine protutijela i obnova oštećene sluznice tankog crijeva (Dolinšek i sur., 2021).

Bezglutensku prehranu čine namirnice koje prirodno ne sadrže gluten, kao i one koje su potpuno zaštićene od kontaminacije ovim proteinom. To uključuje bezglutenske žitarice poput kukuruza, prosa, riže, heljde, kvinoje i amaranta, te raznovrsne namirnice poput voća, povrća, mliječnih proizvoda, mesa, ribe, jaja i leguminoza, među ostalima.

Kako bi se potrošačima osigurala pouzdana informacija o sadržaju glutena u proizvodima, proizvodi koji su bez glutena trebaju jasno istaknuti oznaku, kao što je prikazano na Slici 1. Ova oznaka, poput vrste licence za upotrebu i označavanje proizvoda, uključuje prepoznatljiv prekriženi klas pšenice unutar kruga, te kod zemlje i broj za testiranje, na primjer, SI-3512345 (Slovenija), AT-3418763 (Austrija), HR-003-001 (Hrvatska) i slično (Dolinšek i sur., 2021). Ovaj sustav označavanja pruža potrošačima jamstvo kvalitete i sigurnosti proizvoda koji udovoljavaju strogim standardima bezglutenske prehrane.



Slika 1 Oznaka za bezglutenski proizvod (Dolinšek i sur., 2021.)

2.1.1. Gluten

Heterogeni, netopljiv u vodi, protein izgrađen od glutelinske i prolaminske frakcije, zanemarivog nutricionističkog značaja te poželjnih tehnoloških i fizioloških karakteristika (elastičnost, viskoznost, konzistencija, volumen i rahlost). Gluten je strukturiran od dviju glavnih frakcija: glutelinske i prolaminske. Glijadin, prolaminski dio (topljen u 40-70% alkohola) prisutan u pšenici, i glutenin, glutelinski dio, igraju ključne uloge u stvaranju

karakterističnih svojstava glutena. Slični proteini nalaze se i u drugim žitaricama, kao što su sekalini u raži, hordeini u ječmu i avenini u zobi. Zajednička karakteristika ovih frakcija jest njihova otpornost na probavne enzime, što znači da ih ne razgrađuju enzimi prisutni u želucu i gušterači. To čini ove frakcije odgovornima za potencijalne upalne procese u crijevima kod genetski predisponiranih osoba (Badiu i sur., 2014).

Gluten prirodno nastaje u endospermu određenih žitarica, uključujući pšenicu, raž, ječam, pira, kamut, dvozrni i jednozrni pšenica te durum pšenica. Također se može naći u proizvodima od pšenice, poput kus-kusa, bulgura, udon rezanaca, seitana, grčkog tijesta kritharaki i panku mrvica. Gluten također služi kao aditiv u industrijski proizvedenim proizvodima, uključujući:

- a) Žitarice koje prirodno sadrže gluten (pšenica, ječam, raž, pir, kamut...) i njihovi proizvodi (kruh, pekarski proizvodi, kolači, pizza, tjestenina, pivo...),
- b) Industrijski proizvodi (sir, slatkiši, umak od soje, kobasice, mliječni proizvodi) u kojoj gluten služi kao aditiv,
- c) Ostali proizvodi koji nisu hrana (lijekovi, kozmetika, igračke, omotnice...) jedino ukoliko dođu u probavni sustav izazivaju poremećaje (Dolinšek i sur., 2021.).

U prehrambenoj industriji, gluten ima ključnu ulogu u izgradnji strukture pekarskih proizvoda, kao što je kruh, jer zadržava ugljični dioksid stvoren tijekom procesa dizanja tijesta. Također, prema istraživanjima Di Cairano i sur. (2018), gluten ima značajnu ulogu u tjestenini, gdje utječe na teksturu i kvalitetu kuhanja sprječavajući bubrenje škroba. Međutim, u keksima, osobito onima s visokim udjelom šećera i masti, gluten igra manje važnu ulogu. U keksima ovisnost o teksturi više se temelji na želatinizaciji škroba. Kod prhkih keksa s visokim udjelom masti i šećera te kratkim miješanjem, razvoj glutenske mreže je ograničen. Nasuprot tome, tvrdi keksi karakteriziraju se bolje razvijenom glutenskom mrežom (Di Cairano i sur., 2018).

2.1.2. Poremećaji povezani s glutenom

Poremećaji povezani s glutenom mogu se podijeliti u nekoliko kategorija, svaka s vlastitim karakteristikama i manifestacijama:

- Autoimuni poremećaji: Ova skupina obuhvaća poremećaje kao što su celijakija, glutenska ataksija i herpetiformni dermatitis. Celijakija je najpoznatija među njima i pogađa znatan broj ljudi, a mnogi uspješno kontroliraju svoje simptome pridržavajući se bezglutenske prehrane. Ipak, važno je napomenuti da ostali poremećaji iz ove kategorije, poput glutenske ataksije i herpetiformnog dermatitisa, ostaju manje prepoznati i često se dijagnosticiraju kasno ili nisu dijagnosticirani.
- Alergijski poremećaj: Ovdje se radi o preosjetljivosti na gluten, što može uzrokovati alergijske reakcije kod određenih osoba. Ovaj tip poremećaja, iako manje učestao od celijakije, zahtijeva poseban pristup prehrani i brigu o izbjegavanju glutena.
- Ne-autoimuni poremećaji: Ova kategorija obuhvaća različite poremećaje koji nisu povezani s autoimunim mehanizmima. Iako su manje istraženi u kontekstu glutena, ovi poremećaji također mogu izazvati različite zdravstvene probleme (Pozderac i sur., 2019).

Iako je celijakija najpoznatiji poremećaj povezan s glutenom, važno je shvatiti da postoje i drugi poremećaji slične prirode koji zahtijevaju pažljivu dijagnozu i upravljanje. Raznolikost ovih poremećaja ukazuje na važnost pravilne identifikacije i pravilnog upravljanja prehranom kako bi se osiguralo zdravlje i dobrobit oboljelih osoba.

Celijakija

Celijakija je najčešća autoimuna i kronična bolest koja može utjecati na velik broj ljudi, bez obzira na dob. Osobe s obiteljskom anamnezom celijakije, drugim autoimunim bolestima poput šećerne bolesti tipa 1, bolesti štitnjače i jetre, deficitom imunoglobulina A, Sjögrenovim sindromom i insuficijencijom nadbubrežne žlijezde, te oni s kromosomskim poremećajima poput Downovog, Turnerovog i Williamsovog sindroma, imaju povećani rizik od razvoja celijakije (Pozderac i sur., 2019).

Celijakija nastaje kada osobe genetski predisponirane za nju konzumiraju proteine glutena prisutne u žitaricama i kontaminiranim namirnicama. Kao odgovor na unos glutena, imunološki sustav može oštetiti sluznicu tankog crijeva. Posljedica oštećenja je gubitak sposobnosti apsorpcije hranjivih tvari. Bolest se može manifestirati u obliku simptomatske celijakije, koja uključuje crijevne simptome poput bolova u trbuhu, proljeva, povraćanja,

nadutosti, masnih stolica itd., ili asimptomatske celijakije, koja ne pokazuje tipične simptome već se dijagnosticira na temelju promjena u crijevima.

Dijagnoza celijakije postavlja se na temelju kliničke slike, uključujući anamnezu i fizikalni pregled, te dodatnih testova, uključujući:

- Serološka testiranja: Prisutnost specifičnih protutijela poput protutijela na TG2, EMA i DGP u krvi.
- Biopsija početnog dijela tankog crijeva (dvanaesnika): Mikroskopski dokazane promjene na resicama tankog crijeva.
- Genetsko testiranje: Prisutnost genetskih markera kao što su HLA-DQ2 heterodimer i HLA-DQ8 heterodimer.

Trenutno jedina djelotvorna terapija za celijakiju je bezglutenska prehrana, koja isključuje gluten, glavni okidač bolesti, iz prehrane. Ova prehrana pomaže spriječiti trajne posljedice bolesti i ublažiti simptome kod oboljelih.

2.2. BEZGLUTENSKI PROIZVODI NA BAZI ŽITARICA

Bezglutenski proizvodi, prema definiciji Pravilnika o hrani bez glutena (NN 83/10), moraju sadržavati manje od 20 mg/kg glutena u gotovom prehrambenom proizvodu. Za izradu ovih proizvoda koriste se žitarice koje prirodno ne sadrže gluten, kao što su kukuruz, heljda, riža, proso, amarant, kvinoja, te bezglutenska zob. Zob, iako sadrži protein poznat kao avenin, koji je strukturno sličan glutenima, obično ne predstavlja značajne zdravstvene probleme za većinu osoba oboljelih od celijakije. No, zbog česte kontaminacije zobi tijekom prerade s glutenskim žitaricama poput pšenice, ječma i raži, postoji potreba za posebnim mjerama opreza tijekom proizvodnje, pripreme i obrade ove žitarice. Količina glutena u bezglutenskoj zobi ne smije prelaziti 20 mg/kg, kako propisuje Pravilnik (NN 83/10). Ovaj regulativni okvir igra ključnu ulogu u osiguranju da bezglutenski proizvodi budu sigurni za konzumaciju osoba koje imaju intoleranciju na gluten, pružajući im mogućnost da uživaju u širokom izboru hrane, uključujući bezglutenski kruh, tjestenin, kekse, pahuljice i druge proizvode bez glutena, znajući da su ti proizvodi testirani i sigurni za njihovu prehranu.

Nekih od najčešćih bezglutenskih proizvoda na bazi žitarica:

- **Bezglutenski kruh:** Bezglutenski kruh izrađuje se od kombinacija bezglutenskih brašna kao što su rižino, kukuruzno, heljdino, kvinojino, ili mješavina tih brašna. Postoje različite vrste bezglutenskog kruha, uključujući bijeli, smeđi, višezrnati i kruh s dodatkom orašastih plodova ili sjemenki.
- **Bezglutenska tjestenina:** Bezglutenska tjestenina obično se pravi od rižinog brašna, kukuruznog brašna, graška, ili kombinacija različitih bezglutenskih brašna. Dostupna je u različitim oblicima kao što su špageti, fusilli, penne, i mnogi drugi.
- **Bezglutenske žitarice za doručak:** Ovo uključuje bezglutenske pahuljice od riže, kukuruza, heljde, kvinoje i drugih žitarica. Dostupne su različite vrste bezglutenskih žitarica za doručak kao što su bezglutenski pahuljasti rižini napici, musli i ostale varijacije.
- **Bezglutensko čajno pecivo i kolači:** Kolači i čajno pecivo bez glutena izrađuju se od različitih kombinacija bezglutenskih brašna i zamjena za šećer. Često se koristi kokosovo brašno, bademovo brašno, ili brašno od kvinoje.
- **Bezglutenska pizza:** Bezglutenska pizza koristi bezglutensku koru koja se obično pravi od rižinog ili kukuruznog brašna. Također se koristi bezglutenski umak od rajčice i bezglutenski sir.
- **Bezglutenske energetske pločice:** Ovi proizvodi često kombiniraju različite bezglutenske žitarice, orašaste plodove, suho voće i med kako bi se stvorili hranjivi i ukusni snackovi.
- **Bezglutenska brašna i smjese za pečenje:** Ovo uključuje različite vrste bezglutenskih brašna kao što su brašno od riže, kukuruza, heljde, kvinoje, te gotove smjese za pečenje kruha, kolača i peciva bez glutena.

2.2.1. Bezglutensko čajno pecivo

U posljednjih nekoliko godina, raste potreba i interes za bezglutenskim čajnim pecivima, koja se mogu koristiti i od strane osoba s poremećajima povezanim s glutenom, ali i svih onih koji žele zamijeniti pšenična ili druga glutenska brašna u svojoj prehrani. Sastojci industrijskog bezglutenskog čajnog peciva obično uključuju bezglutenska brašna, masti, vodu, kristalni šećer, kuhinjsku sol, sredstva za rahljenje i hidrokoloidi. Bezglutenska čajna peciva i drugi bezglutenski proizvodi često se temelje na visokim udjelima šećera i masti, uz relativno nisku

količinu vode (Khoury i sur., 2018.). Stoga se obično konzumiraju kao poslastice. Kako gluten nema značajnu ulogu u tehničkim svojstvima čajnih peciva, zamjena glutenskog brašna bez glutena relativno je jednostavna. Međutim, odsutnost glutena kao vezivnog sredstva zahtijeva dodatke kao što su hidrokoloidi kako bi se postigle optimalne tehničke i senzorske karakteristike proizvoda. Man i sur. (2014.) su također primijetili da miješanjem različitih vrsta bezglutenskih brašna, poput rižinog, kukuruznog, sojinog itd., može poboljšati nutritivnu vrijednost proizvoda.

2.2.2. Sastojci koji se koriste u izradi čajnog peciva bez glutena

Bezglutenska brašna

Bezglutenska brašna su brašna koja ne sadrže gluten, protein koji osobe s intolerancijom na gluten ne mogu konzumirati. Uobičajena i poznata bezglutenska brašna proizvode se mljevenjem žitarica kao što su kukuruz, heljda, riža, proso, soja, amarant, kvinoja te bezglutenska zob. Manje poznata su brašna dobivena iz povrća i mahunarki, kao što su kikiriki, slanutak, crveni grah, slatki krumpir, te brašna dobivena od nusproizvoda prešanja uljnih sirovina, kao što su uljna pogača industrijske konoplje, badema, lješnjaka itd. U proizvodnji bezglutenskih čajnih peciva (**Tablica 1**), često se koriste sirovine kao što su riža, proso, zob, pseudožitarice (heljda, kvinoja, amarant) te prah sjemenki industrijske konoplje (Di Cairano i sur., 2018.). Miješanjem kukuruznog i konopljinog brašna (kao djelomične zamjene za kukuruzno brašno) može se poboljšati nutritivna vrijednost i svojstva hidratacije, te sposobnost upijanja masnoća (Ronie i sur., 2021.).

Tablica 1 Učinak različitih bezglutenskih brašna na kekse (Ronie i sur., 2021.).

BEZGLUTENSKA BRAŠNA	UČINAK	IZVOR
Riža, kukuruz i soja	povećan nutritivan sadržaj; nema nepoželjnih učinaka na senzorska svojstva keksa	Man i sur.(2014.)
Crveni grah, nezrela banana i slatki krumpir	smanjena nasipna gustoća, sposobnost upijanja vode, indeks bubrenja; povećana sposobnost upijanja ulja i pjenjenja; poboljšana debljina; smanjena težina, duljina, širina i omjer rasprostranjenosti (40% brašna od crvenog graha)	Inyang i sur. (2017.)
Žir i konoplja	povećana nutritivna vrijednost; poboljšana hidratacijska svojstva i sposobnost upijanja ulja	Korus i sur. (2017.)
Kikiriki i proso	povećan sadržaj proteina i pepela; prihvatljivo za senzorsku procjenu	Alhassan i sur. (2019.)

Amarant	proizvodi kekse s visokim sadržajem proteina i energije	Tosi i sur. (1996.); Hozova i sur. (1997.)
Heljda	velika hrskavost kekša	Alvarez-Jubete i sur. (2010.)

Svaki od sastojaka koji se koriste u izradi bezglutenskih proizvoda na bazi žitarica ima svoju specifičnu ulogu i doprinosi kvaliteti tih proizvoda:

- **Kukuruzno brašno:** Kukuruz je važna žitarica koja se koristi za proizvodnju brašna žute boje. Ovo brašno ima svoju primarnu ulogu u osiguravanju teksture i okusa proizvoda, često se koristi u različitim bezglutenskim proizvodima, uključujući kruh i tjesteninu.
- **Brašno uljne pogače industrijske konoplje:** Brašno od industrijske konoplje koristi se kako bi se smanjio volumen proizvoda, povećala tvrdoća i nutritivna vrijednost. Osim toga, ovaj sastojak može dati proizvodima zelenu boju. To je važno za raznolikost bezglutenskih proizvoda i pružanje dodatnih hranjivih sastojaka.
- **Škrob:** Škrob je složeni ugljikohidrat prisutan u mnogim žitaricama. U bezglutenskim proizvodima, škrob ima ključnu ulogu u texturi i strukturi proizvoda, pomažući stvaranju željene konzistencije.
- **Masnoće:** Masnoće se koriste za stabilizaciju plina u tijestu, što utječe na volumen proizvoda. Također pridonose okusu i texturi proizvoda. U čajnim pecivima, često se koristi mješavina biljnih ulja/masti i vode, poput margarina.
- **Shortening:** Shortening, koji je čvrsta mast na sobnoj temperaturi, često je prisutan u čajnim pecivima kako bi se poboljšala tekstura i okus. U ovim proizvodima, koristi se mješavina biljnih ulja/masti i vode kako bi se postigla željena konzistencija.
- **Uljni talog nastao hladnim prešanjem sjemenki industrijske konoplje:** Ulje konoplje je bogato hranjivim tvarima poput višestruko nezasićenih masnih kiselina, vitamina E, fenola i flavonoida. Ovo ulje može se koristiti kao zamjena za maslinovo ulje, dodajući svoj karakteristični okus i nutritivnu vrijednost. **Šećer:** Šećer se koristi za dodavanje slatkog okusa proizvodima i ima ulogu u texturi i strukturi. U čajnim pecivima, saharoza se često koristi kako bi se postigao slatki okus i amorfno staklo nakon pečenja.

- Hidrokoloide: Hidrokoloide su tvari koje poboljšavaju teksture, viskoznost i druge karakteristike proizvoda. U bezglutenskim proizvodima, poput čajnih peciva, dodaju se kako bi se kompenzirali nedostaci proteina glutena, poboljšavajući teksturu i senzorske karakteristike. Primjer hidrokoloida koji se koristi u izradi bezglutenskih čajnih peciva je ksantan guma.
- Sredstva za rahljenje: Sredstva za rahljenje dodaju se kako bi se postigla željena konzistencija i tekstura proizvoda. Natrijev hidrogenkarbonat je primjer takvog sredstva koje se koristi u izradi bezglutenskih čajnih peciva.

Svi ovi sastojci zajedno omogućavaju stvaranje bezglutenskih proizvoda koji su sigurni za konzumaciju osoba s intolerancijom na gluten, istovremeno pružajući okus, teksturu i nutritivnu vrijednost koja će zadovoljiti raznolike prehrambene potrebe i ukuse potrošača.

2.3. INDUSTRIJSKA KONOPLJA

Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) predstavlja jednu od višenamjenskih i nutritivno bogatih biljaka koja se koristi u različitim industrijama. Osim što se od nje proizvodi konop i tkanina za tekstilnu industriju, sve više se prepoznaje njezina važnost u prehrambenoj industriji, gdje se koristi za proizvodnju ulja, brašna, čajeva i drugih prehrambenih proizvoda. U tom kontekstu, cijela biljka se koristi, uključujući sjemenke, listove i klice.

Sjemenke industrijske konoplje posebno se izdvajaju kao nutritivno visoko vrijedan sastojak. Bogate su mastima, posebno nezasićenim masnim kiselinama koje su ključne za zdravlje srca. Također, sadrže visok udio proteina, uključujući esencijalne aminokiseline koje su bitne za normalan rast i razvoj organizma. Dijetalna vlakna prisutna u sjemenkama konoplje doprinose zdravoj probavi, dok vitamini i minerali, kao što su vitamin E i različiti minerali, dodatno povećavaju njihovu nutritivnu vrijednost. Važno je napomenuti da se prehrambeni proizvodi dobiveni od sjemenki konoplje, kao što su ulje i brašno pogače, smatraju manje alergenima od ostalih jestivih sjemenki (Uzunlar i Kahveci, 2022).

Listovi: Listovi industrijske konoplje koriste se za proizvodnju vlakana. Vlakna iz konoplje su izuzetno jaka i izdržljiva te se tradicionalno koriste za proizvodnju konopa, tekstila, užadi, i sličnih proizvoda.

Klice: Klice industrijske konoplje su bogate hranjivim tvarima i mogu se konzumirati sirove ili dodavati raznim jelima. Također se koriste za proizvodnju ulja konoplje, koje je poznato po svojim zdravstvenim blagodatima zbog visokog sadržaja esencijalnih masnih kiselina.

Vlakna: Vlakna dobivena iz stabljike industrijske konoplje koriste se u raznim industrijama, uključujući tekstilnu, automobilsku, i građevinsku industriju. Konopljina vlakna su lagana, izdržljiva, i ekološki prihvatljiva te se koriste za proizvodnju tekstila, izolacijskih materijala, i čak kompozitnih materijala za izradu automobila i drugih proizvoda.

Ulje: Ulje konoplje se dobiva iz sjemenki i koristi se u prehrambenoj industriji, kozmetičkoj industriji te za proizvodnju dodataka prehrani. Ovo ulje je bogato omega-3 i omega-6 masnim kiselinama i ima brojne zdravstvene koristi.

Cvjetovi i smola: Iako se često zanemaruju u prehrambenim proizvodima, cvjetovi i smola industrijske konoplje sadrže spojeve poznate kao kanabinoidi, uključujući CBD (kanabidiol). Ovi spojevi su poznati po svojim potencijalnim terapijskim svojstvima i koriste se u proizvodnji dodataka prehrani i ljekovitih proizvoda.

U cjelini, industrijska konoplja predstavlja izvor raznovrsnih resursa koji se koriste u različitim industrijama, a njezina sve šira primjena pokazuje njezin potencijal za poboljšanje različitih aspekata društva, uključujući prehrambenu i farmaceutsku industriju te industriju građevinskog materijala i tekstila.

Unatoč sve većem prepoznavanju njezinih nutritivnih prednosti, uzgoj industrijske konoplje suočava se s izazovima, prije svega zbog stroge zakonske regulative (NN 107/01). Ova regulativa u mnogim zemljama postavlja stroge kontrole kako bi se ograničila prisutnost psihoaktivnog spoja tetrahidrokanabinola (THC) u biljci. THC je sastojak koji je prisutan u konoplji i može izazvati psihotropne učinke. Stroge kontrole osmišljene su kako bi se osiguralo da konoplja koja se koristi u prehrambenoj industriji sadrži minimalne količine THC-a i ne predstavlja rizik za potrošače (Zakon, NN 107/01). Unatoč ovim izazovima, industrijska konoplja ostaje iznimno važan izvor visokovrijednih prehrambenih sastojaka te ima potencijal za daljnji razvoj u prehrambenoj industriji, uz poštivanje zakonskih regulativa i stroge kontrole kako bi se osigurala sigurnost i kvaliteta prehrambenih proizvoda dobivenih od ove iznimne biljke.

3. EKSPERIMENTALNO DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu čajnog peciva bez glutena. Brašno uljne pogače industrijske konoplje dodavano je u količinama od 5 %, 10 % i 15 %. Osim utjecaja dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje ispitan je i utjecaj zamijene margarina (shorteninga) uljnim talogom zaostalim nakon hladnog prešanja sjemenki industrijske konoplje. Provedena su probna pečenja prema modificiranoj AACC metodi 10-53 i ispitivanje kvalitativnih svojstava čajnog peciva bez glutena.

3.2. MATERIJAL I METODE

3.2.1. Materijal

Sastojci odnosno sirovine koje su korištene za zamjes bezglutenskog tijesta u proizvodnji bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje su:

- Kukuruzno brašno,
- Brašno uljne pogače industrijske konoplje,
- Ksantan guma,
- Margarin ili uljni talog industrijske konoplje,
- Šećer (kristal),
- Kuhinjska sol (NaCl),
- Natrijev hidrogenkarbonat (NaHCO_3),
- Voda.

Ovi materijali koristili su se za pripremu različitih formulacija bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje prikazane u **Tablici 2** kako bi se istražio njihov utjecaj na kvalitetu konačnog proizvoda.

Tablica 2 Receptura za proizvodnju različitih formulacija bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje

Sastojci	TIJESTO S DODATKOM MARGARINA				TIJESTO S DODATKOM ULJNOG TALOGA INDUSTRIJSKE KONOPLJE			
Kukuruzno brašno (g)	100	95	90	85	-	5,60	11,25	16,87
Brašno uljne pogače industrijske konoplje (g)	0	5	10	15	-	2,5	2,5	2,5
Ksantan guma (g)	2	2	2	2	2	2	2	2
Margarin (g)	15	15	15	15	-	-	-	-
Uljni talog industrijske konoplje (g)	-	-	-	-	15	15	15	15
Šećer (g)	42	42	42	42	42	42	42	42
Kuhinjska sol (g)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
NaHCO ₃ (g)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Voda (ml)	22	22	22	22	22	22	22	22

3.2.2. Priprema uzorka čajnog peciva

Priprema uzorka čajnog peciva obuhvaćala je probna pečenja prema modificiranoj AACC metodi 10-53. Uzorci tijesta, koji su pripremljeni prema recepturi navedenoj u **Tablici 2** pečeni su na temperaturi 180 °C u trajanju 12 minuta. Nakon završenog pečenja, uzorci su ostavljeni da se prirodno hlade tijekom 30 minuta. Nakon hlađenja, na uzorcima su provedena ispitivanja različitih kvalitativnih svojstava, uključujući udio i aktivitet vode, boju, dimenzije, specifični volumen, teksturalna svojstva, kao i senzorsko ocjenjivanje. Ovaj niz analiza omogućio je dublje razumijevanje karakteristika čajnih peciva proizvedenih u eksperimentalnim uvjetima.

3.2.3. Određivanje udjela vode

Princip ove metode temelji se na termogravimetriji, što uključuje brzo zagrijavanje uzorka putem apsorpcije IC zračenja iz halogenog grijača. Vaga je integrirana u konstrukciju uređaja i neprekidno prati masu tijekom procesa zagrijavanja, odnosno sušenja. Postotak vlage određuje se razlikom u težini uzorka prije i nakon sušenja. Za mjerenje udjela vode korišten

je halogeni analizator vlage MOC-120H (Shimadzu, Japan), a mjerenje je provedeno u tri ponavljanja.

3.2.4. Određivanje aktiviteta vode

Za određivanje aktiviteta vode (a_w) u bezglutenskim čajnim pecivima koristio se uređaj Hygropalm AW1 (Rotronic, New York, SAD), koji omogućuje precizno mjerenje vlažnosti proizvoda. Nakon što je uzorak postavljen u uređaj, pokreće se mjerenje aktiviteta vode pritiskom na odgovarajuće tipke na uređaju. Mjerenje traje otprilike 10 minuta, tijekom kojih uređaj precizno analizira vlažnost uzorka. Nakon završetka mjerenja, uređaj prikazuje rezultate aktiviteta vode za uzorak bezglutenskog čajnog peciva. Aktivitet vode je ključan parametar koji utječe na rast i razmnožavanje mikroorganizama u proizvodima te je važan za sigurnost i kvalitetu tih proizvoda.

3.2.5. Kolorimetrijsko određivanje boje

Boja uzoraka čajnog peciva analizirana je primjenom kolorimetra CR-400 (Konica Minolta, Japan). Mjerna sonda ovog uređaja ima otvor promjera 8 mm, koji se koristi za precizno mjerenje boje uzorka. Osnovni princip mjerenja temelji se na analizi svjetlosti koja se reflektira s površine uzorka, pri čemu svjetlost dolazi od pulsirajuće ksenonske lampe. Prije samog mjerenja, potrebno je izvršiti kalibraciju uređaja. Za kalibraciju se koristi standardna bijela keramička pločica (CR-A43). Mjerenje boje provodi se na šest različitih mjernih točaka na površini uzorka kako bi se osigurala pouzdanost rezultata. Dobiveni rezultati mjerenja izraženi su u CIE $L^*a^*b^*$ modelu boja, gdje L^* predstavlja akromatsku komponentu boje (svjetlina) s rasponom vrijednosti od 0 (crna) do 100 (bijela), a^* označava kromatsku komponentu boje (zeleno-crvenu komponentu) s pozitivnim i negativnim smjerom: vektor crvene boje $+a^*$ i vektor zelene boje $-a^*$, dok b^* predstavlja kromatsku komponentu boje (plavo-žuta komponenta) s koordinatama obojenja u pozitivnom i negativnom smjeru: vektor žute boje $+b^*$ i vektor plave boje $-b^*$. Iz dobivenih vrijednosti L^* , a^* i b^* komponenti boje izračunava se ukupna promjena boje (ΔE).

3.2.6. Određivanje dimenzija (visine, širine i faktora širenja)

U ovom istraživanju dimenzije čajnih peciva su precizno utvrđene koristeći sljedeći metodološki postupak:

Određivanje visine: Uzorci čajnih peciva su pažljivo posloženi jedan na drugi, a zatim je njihova visina precizno izmjerena pomoću ravnala. Taj postupak mjerenja visine je ponovljen sa uzorcima čajnih peciva složenih u slučajnom redoslijedu kako bi se dobio pouzdan prosjek visine čajnih peciva. Prosječna visina čajnog peciva računa se prema sljedećoj formuli:

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

gdje je: h – prosječna visina čajnog peciva [cm]

h_1 – visina 6 komada čajnih peciva [cm]

h_2 – visina 6 komada čajnih peciva nakon promjene redoslijeda [cm]

Određivanje širine: Za utvrđivanje prosječnog promjera čajnih peciva, uzorci su prvotno precizno posloženi jedan uz drugi, a njihova dužina (širina) je pažljivo izmjerena pomoću ravnala. Nakon toga, svaki uzorak čajnih peciva je rotiran za 90 stupnjeva i ponovno izmjeren kako bi se osigurala preciznost. Rezultati mjerenja širine čajnih peciva su potom upotrijebljeni za izračun prosječnog promjera čajnih peciva, koristeći relevantnu formulu:

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

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]

Faktor širenja čajnog peciva određene je prema AACC standardnoj metodi 10-50.05, pri čemu se prosječna visina i prosječan promjer čajnog peciva koriste za njegov izračun prema formuli:

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

gdje je: SP – faktor širenja

d – prosječan promjer [cm]

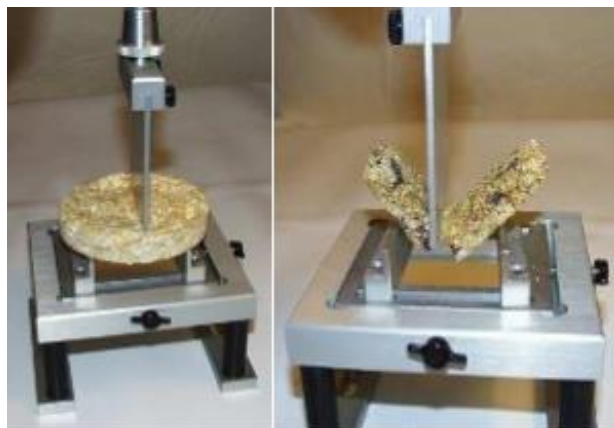
h – prosječna visina [cm].

3.2.7. Određivanje teksture čajnog peciva

Za određivanje teksturalnog profila uzoraka korišten je analizator teksture TA.XT (Stable Microsystems Ltd., Surrey, UK), a dobiveni podaci analizirani su pomoću Texture Exponent 32 softvera (verzija 3.0.5.0.). Proces analize uključuje postavljanje uzorka čajnog peciva u uređaj opremljen za savijanje i lomljenje uzoraka. Uzorak se podvrgava kompresiji prema sljedećim parametrima:

- Brzina prije mjerenja: 1 mm/s
- Brzina poslije mjerenja: 10 mm/s
- Brzina mjerenja: 1 mm/s
- Dubina prodiranja: do trenutka pucanja uzorka
- Širina noža 80 mm
- Razmak između dva oslonca: 25 mm

Uzorci čajnog peciva podvrgavaju se mjerenju čvrstoće, koja je predstavljena kao sila lomljenja (N) i indeks lomljivosti (N/mm).



Slika 2 Postupak savijanja/lomljenja uzorka (Jukić i Koceva Komlenić 2019.)

3.2.8. Određivanje senzorskih svojstava pomoću hedonističke ljestvice

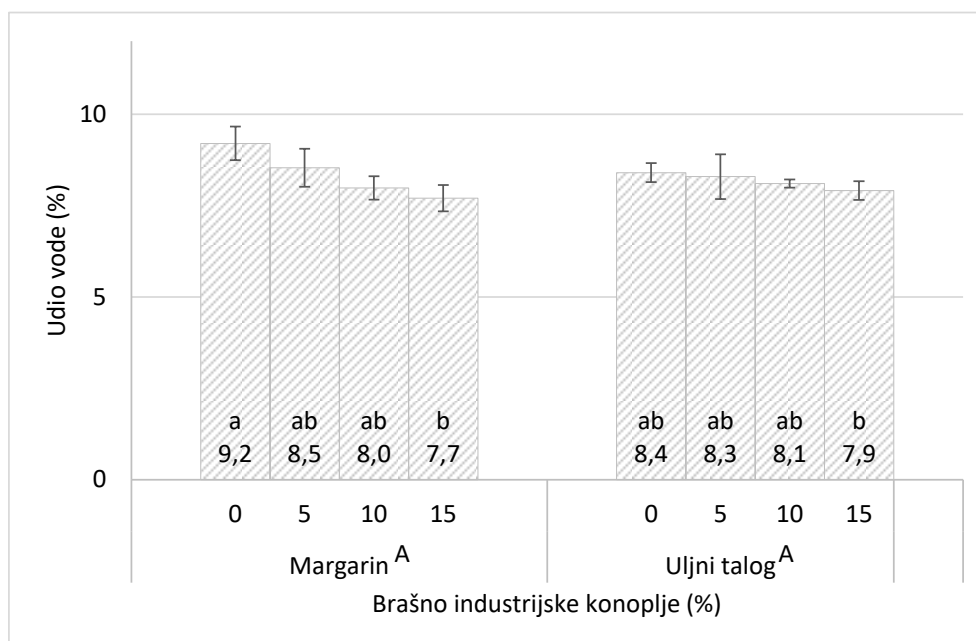
Određivanje senzorskih svojstava provedeno je pomoću 9-stupanjske hedonističke ljestvice (Lawless i Heymann, 2010). U senzorskoj analizi sudjelovalo je 10 ispitivača koji su ocjenjivali vanjski izgled, boju, teksturu, miris i okus čajnih peciva.

Postupak ocjenjivanja proizvoda proveden je korištenjem hedonističke ljestvice ocjenjivanja koja je koristila ocjene od 1 do 9 kako bi opisala senzorka poželjnost proizvoda:

- 1- naročito nepoželjno,
- 2- vrlo nepoželjno,
- 3- umjereno nepoželjno,
- 4- neznatno nepoželjno,
- 5- neutralno,
- 6- neznatno poželjno,
- 7- umjereno poželjno,
- 8- vrlo poželjno,
- 9- naročito visoko poželjno.

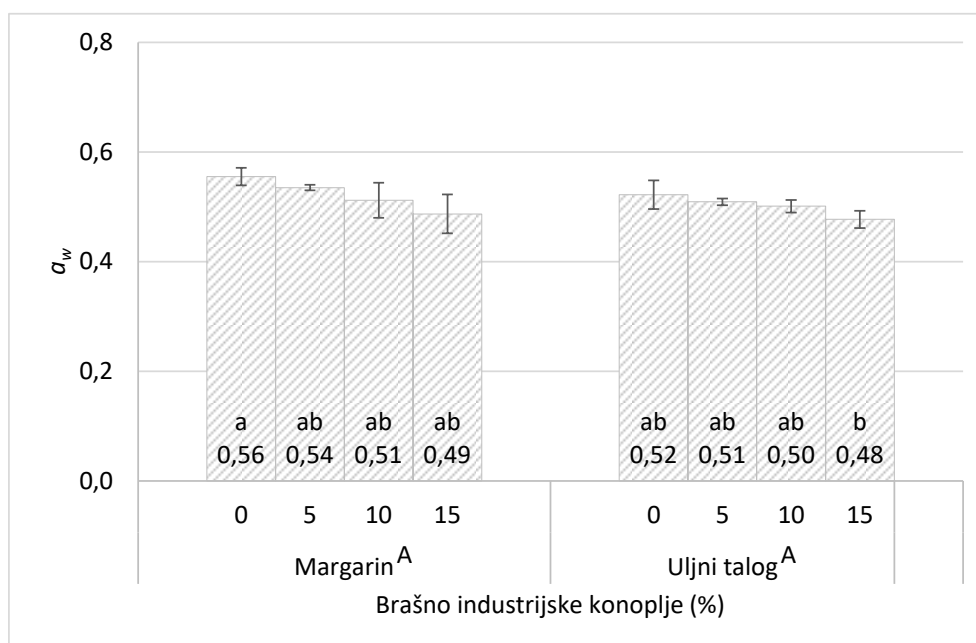
4. REZULTATI

4.1. Rezultati određivanja udjela i aktiviteta vode



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

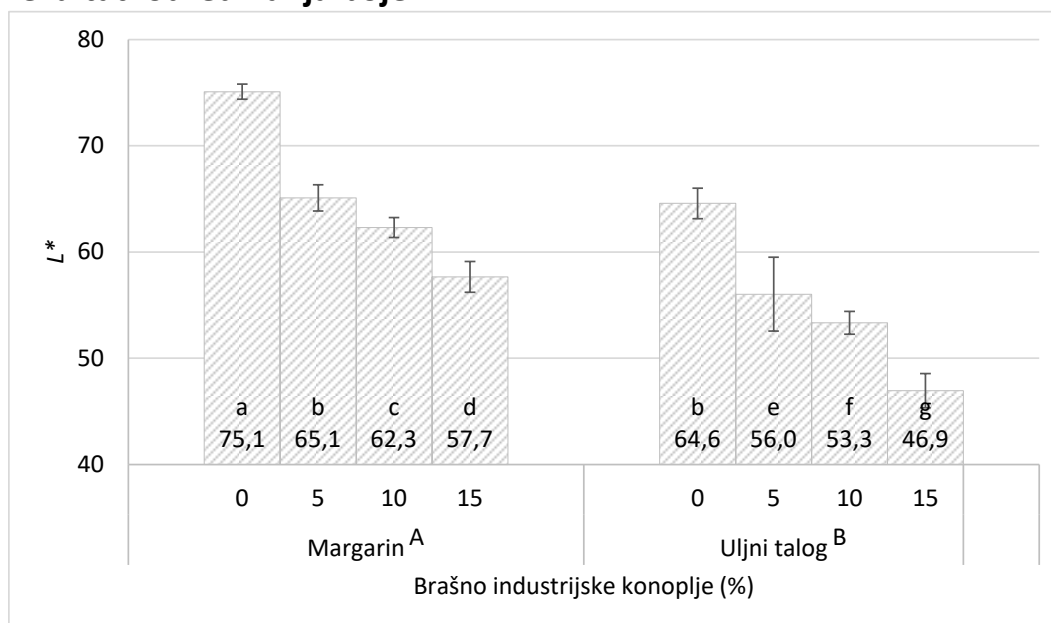
Slika 3 Udio vode u bezglutenskom čajnom pecivu s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



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

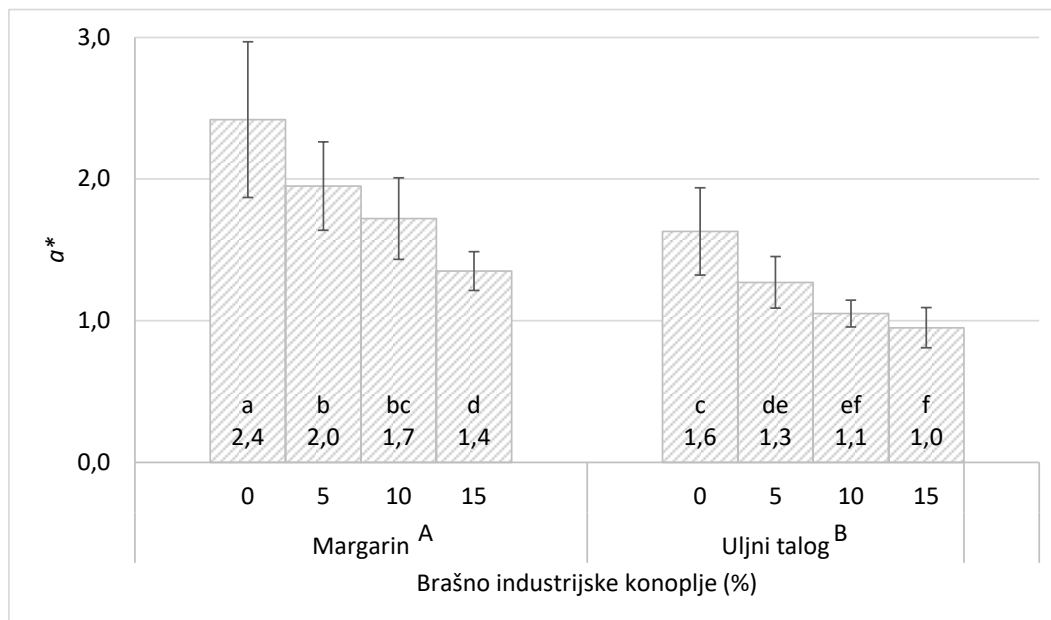
Slika 4 Aktivitet vode u bezglutenskom čajnom pecivu s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje

4.2. Rezultati određivanja boje



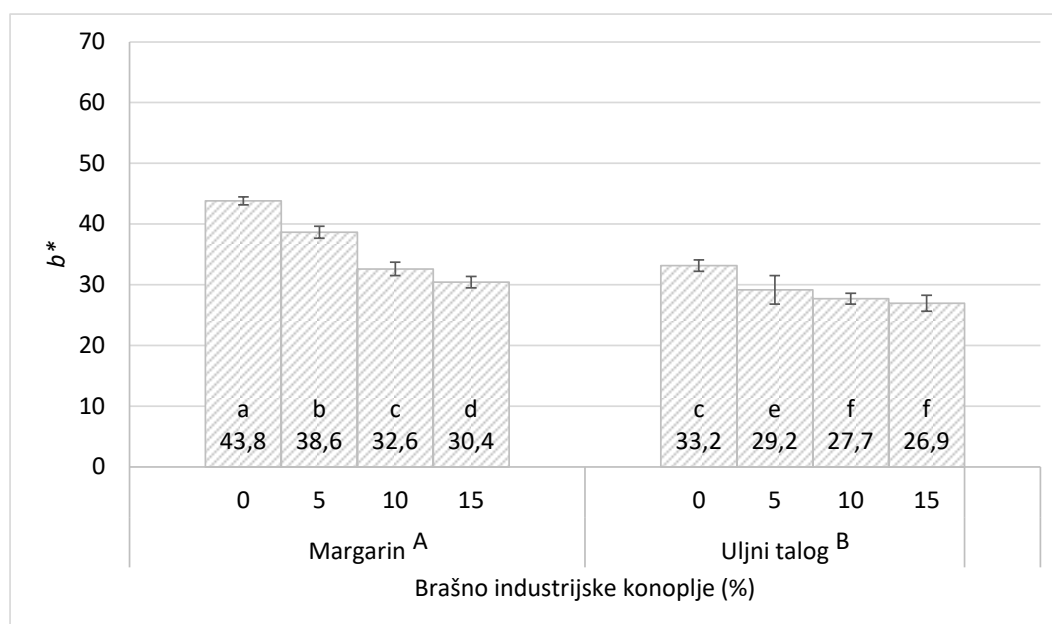
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 5 Vrijednosti svjetline površine bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



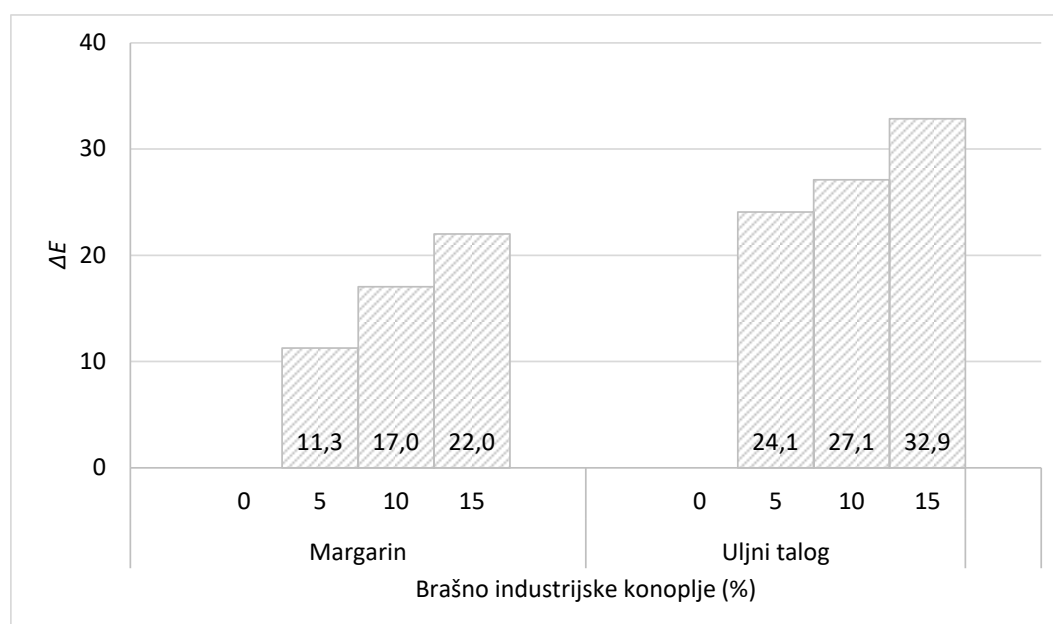
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 6 Vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje a^* površine bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



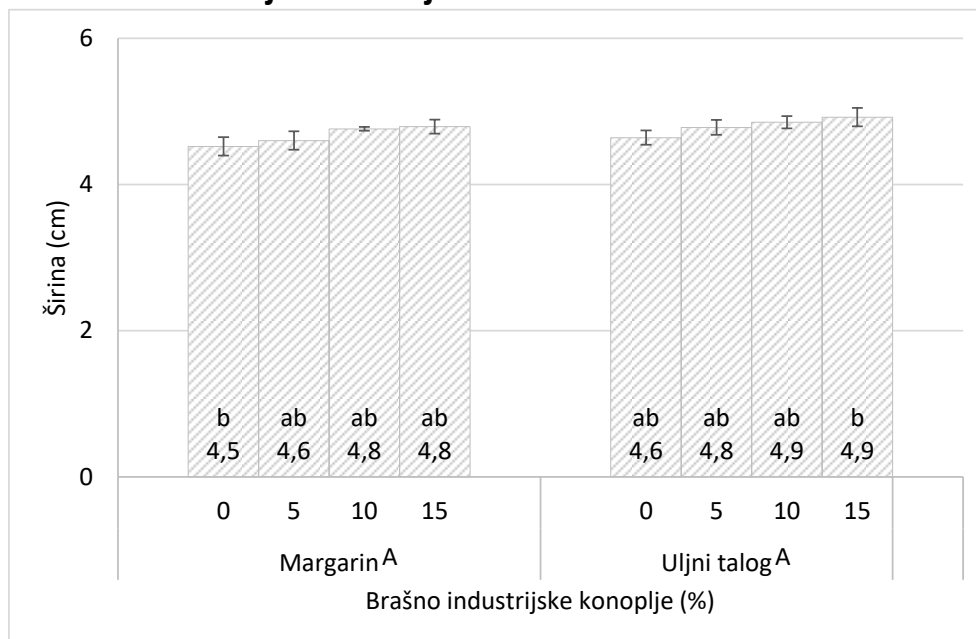
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 7 Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje b^* površine bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



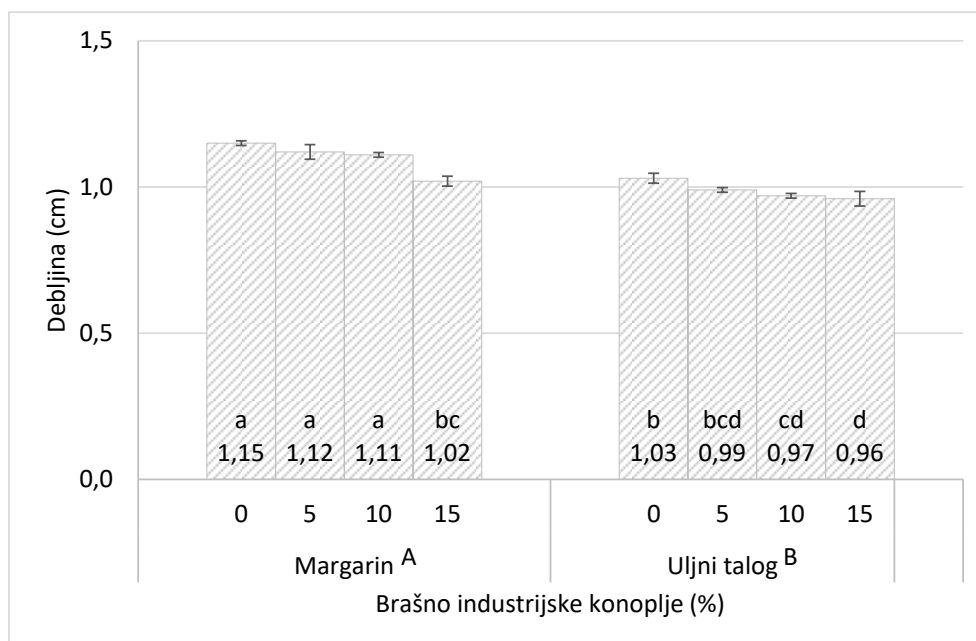
Slika 8 Vrijednosti ukupne promjene boje površine bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje

4.3. Rezultati određivanja dimenzija



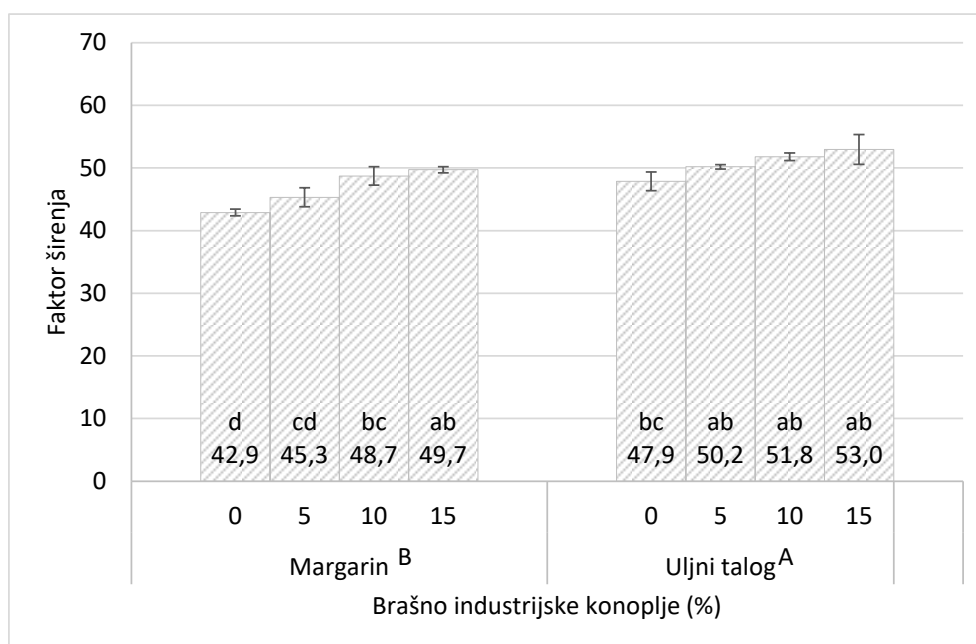
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 9 Vrijednosti širine bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



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

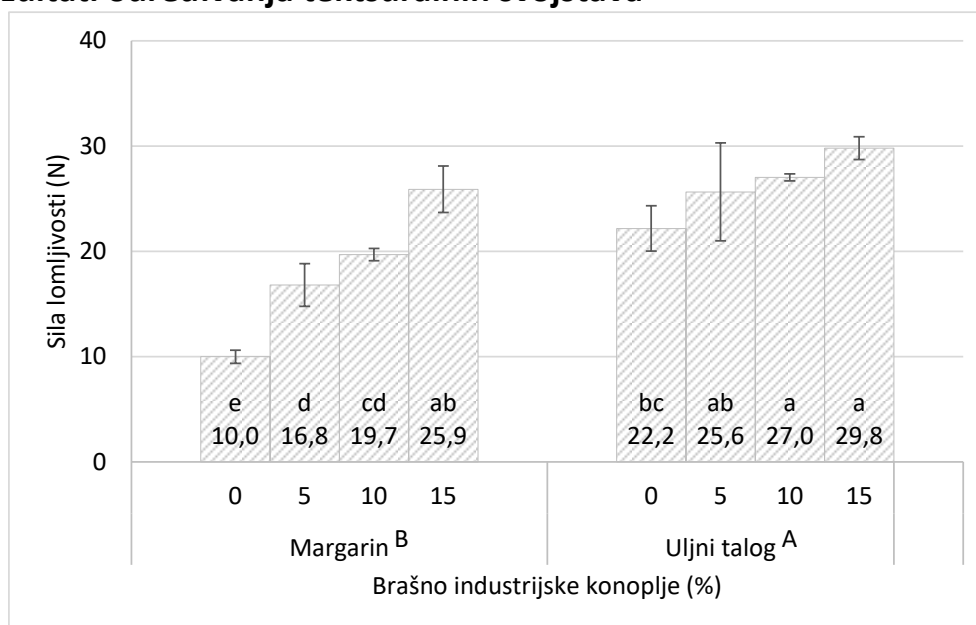
Slika 10 Vrijednosti debljine bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



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

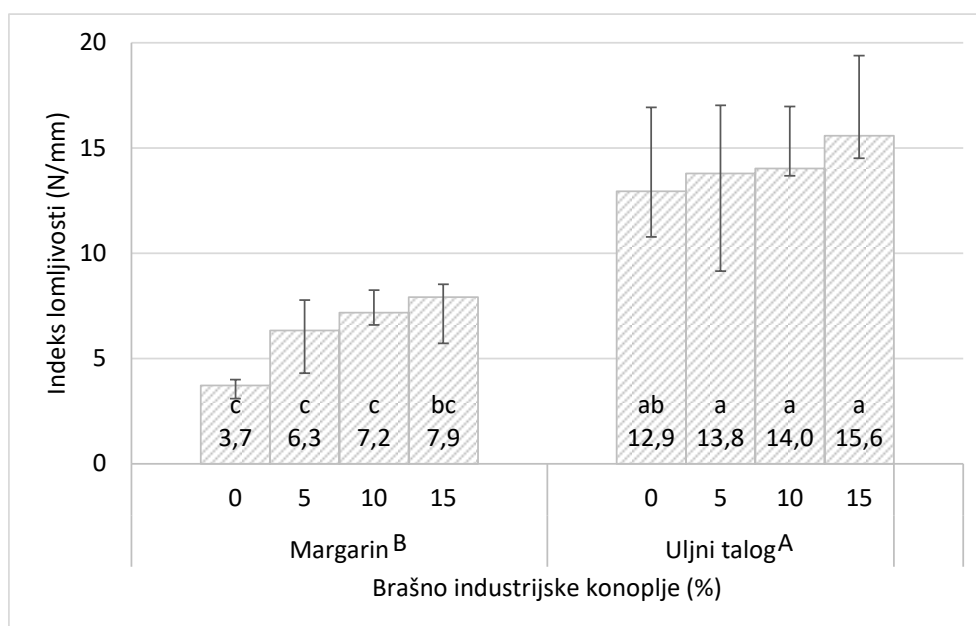
Slika 11. Vrijednosti koeficijenta širenja bezglutenskog čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje

4.4. Rezultati određivanja teksturalnih svojstava



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

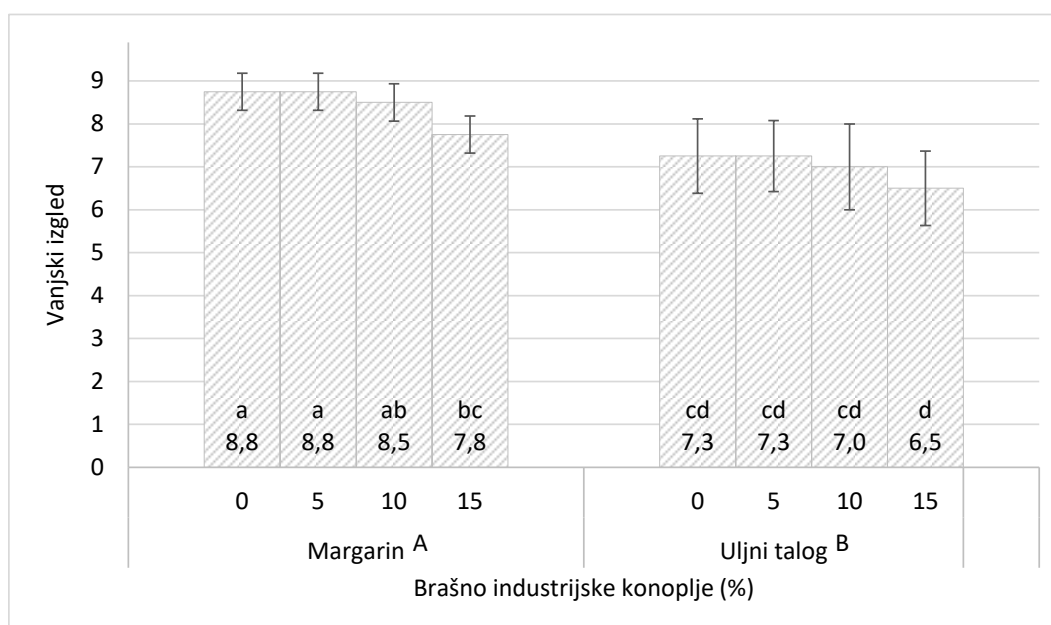
Slika 12 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na silu lomljenja čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



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

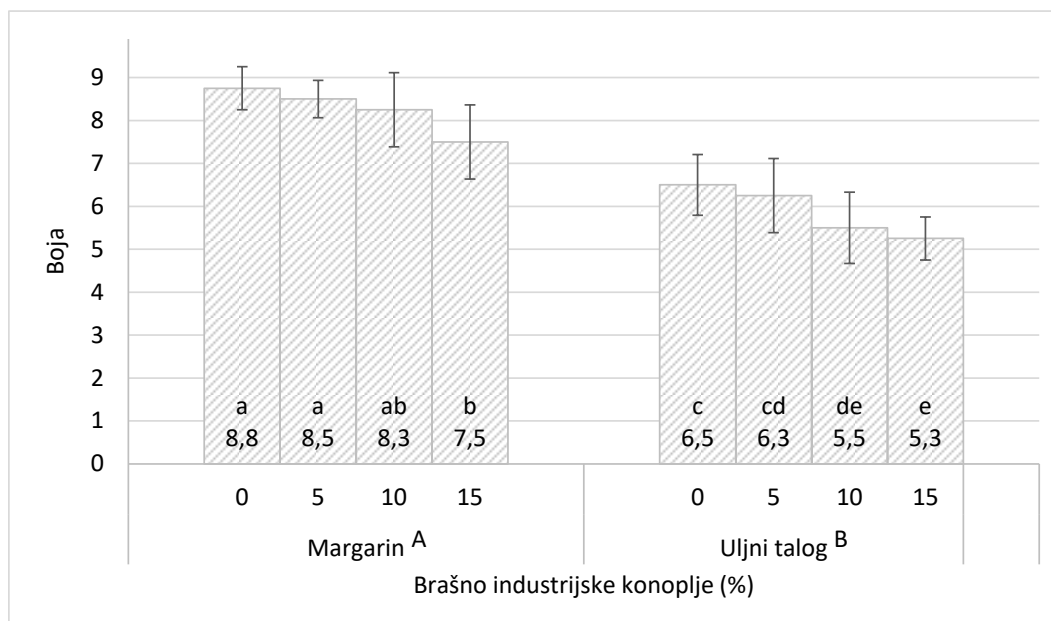
Slika 13 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na indeks lomljivosti čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje

4.5. Rezultati određivanja senzorskih svojstava



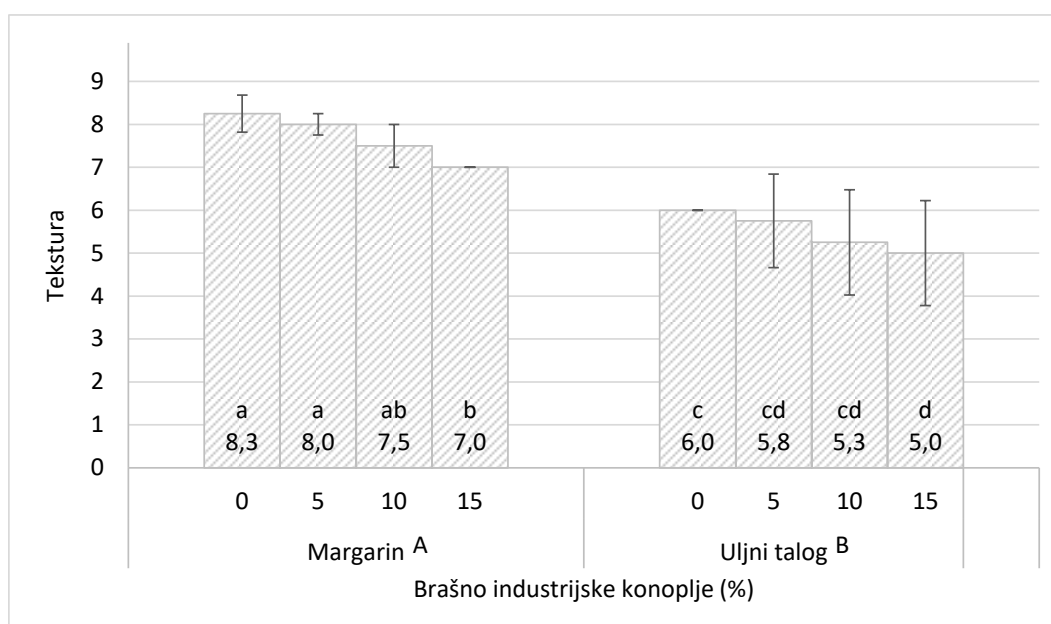
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 14 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na senzorsku ocjenu vanjskog izgleda čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske



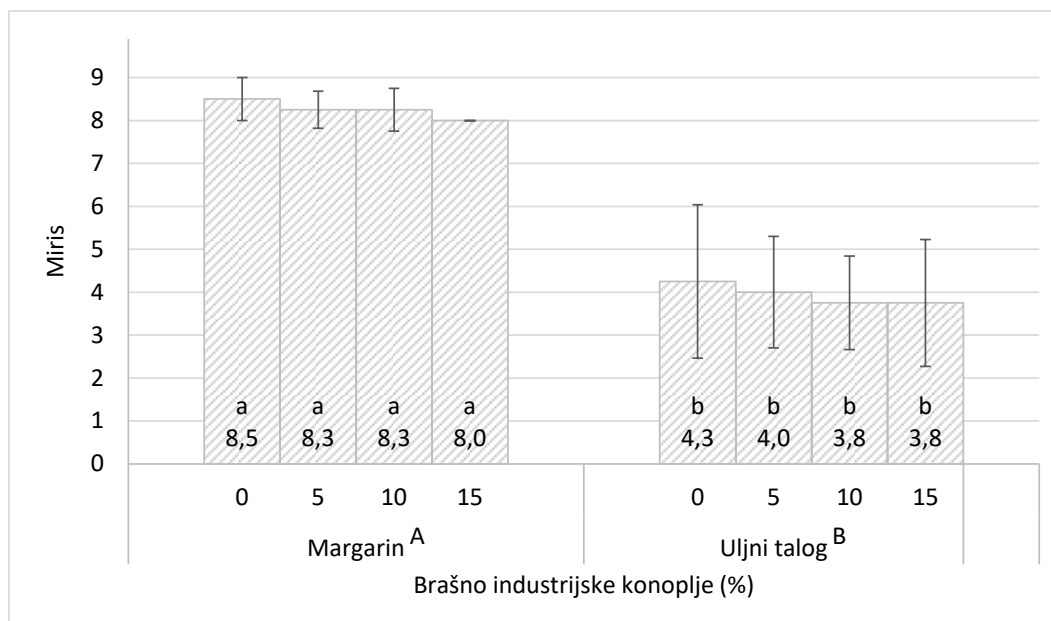
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 15 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na senzorsku ocjenu boje čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



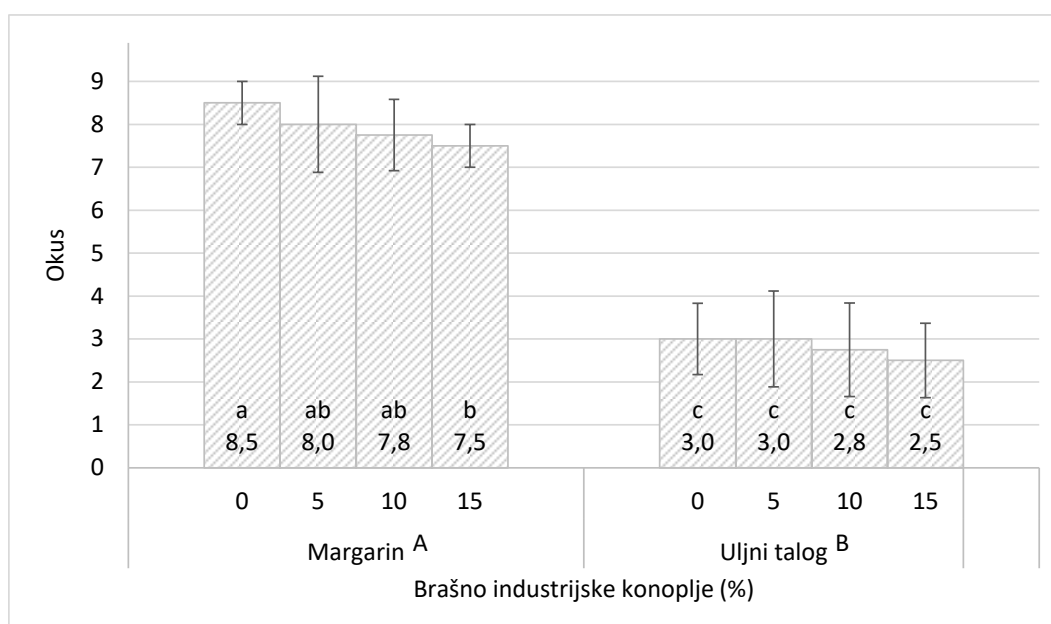
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 16 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na senzorsku ocjenu teksture čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



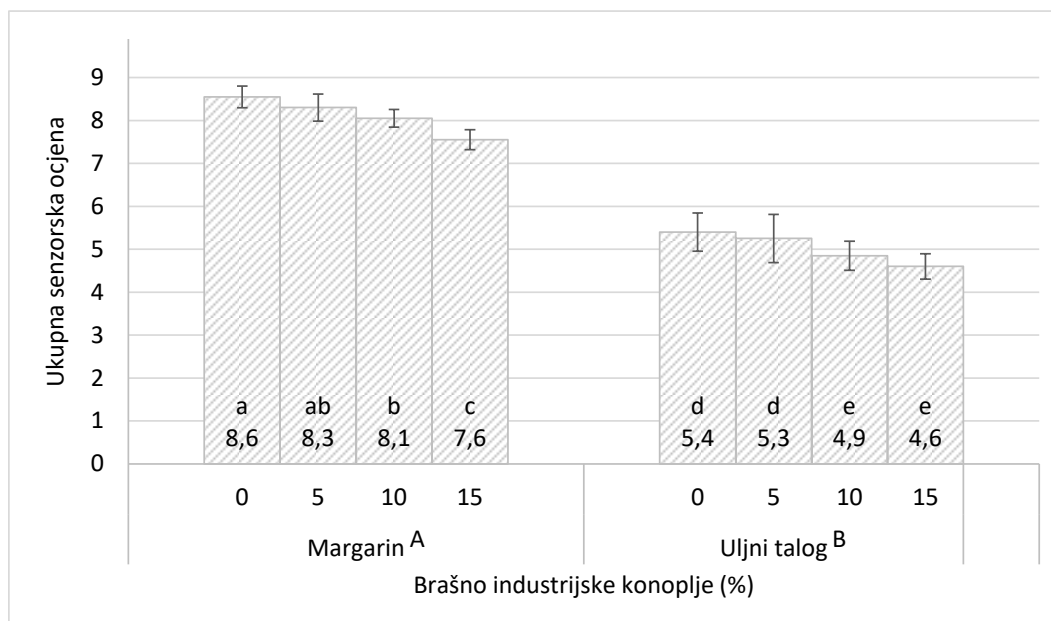
(prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisherovom testu najmanje značajne razlike; mala štampana slova odnose se na pojedinačne uzorke, a velika na vrstu upotrijebljene masnoće)

Slika 17 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na senzorsku ocjenu mirisa čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



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

Slika 18 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na senzorsku ocjenu okusa čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje



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

Slika 19 Utjecaj dodatka brašna pogače industrijske konoplje na ukupnu senzorsku ocjenu čajnog peciva s dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje

5. RASPRAVA

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu čajnog peciva bez glutena. Brašno uljne pogače industrijske konoplje dodavano je u količinama od 0% (kontrolni uzorak), 5 %, 10 % i 15 %. Osim utjecaja dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje ispitan je i utjecaj zamijene margarina (shorteninga) uljnim talogom zaostalim nakon hladnog prešanja sjemenki industrijske konoplje. Provedena su probna pečenja i ispitivanje kvalitativnih svojstava čajnog peciva bez glutena.

Povećanje količine dodanog brašna uljne pogače industrijske konoplje rezultirala je smanjenjem udjela vode u čajnom pecivu, bez obzira na to koristi li se margarin ili uljni talog dobiven nakon hladnog prešanja sjemenki industrijske konoplje (**Slika 3**). Uzorci s dodatkom margarina imali su nešto više vrijednosti udjela vode (7,7-9,2) u usporedbi s onima koji sadrže uljni talog (7,9-8,4), ali nisu utvrđene statistički značajne razlike s obzirom na korišteni izvor masnoće ($p < 0,05$). Također, vrijednosti aktiviteta vode opadale su s povećanjem udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje u recepturi (**Slika 4**), što sugerira da takva zamjena povoljno utječe na zadržavanje vlage u čajnom pecivu. Uzorci s dodatkom margarina imali su više vrijednosti aktiviteta vode (0,49-0,56) u usporedbi s onima koji sadrže uljni talog (0,48-0,52), ali također nisu utvrđene statističke značajne razlike ($p < 0,05$). Ovi rezultati sugeriraju potencijalnu primjenu brašna uljne pogače industrijske konoplje u proizvodnji bezglutenskih čajnih peciva kako bi se poboljšala njihova trajnost i svježina. Prisutnost vlakana ili drugih sastojaka u brašnu uljne pogače industrijske konoplje može apsorbirati vodu tijekom procesa pečenja, smanjujući tako udio vode u čajnom pecivu.

Iz rezultata prikazanih na **Slikama 5-8** jasno je vidljivo da dodatak brašna uljne pogače industrijske konoplje značajno utječe na različite CIEL a^*b^* parametre boje bezglutenskog čajnog peciva, kao i na ukupnu promjenu boje. Vrijednosti svjetline (L^*) kretale su se u rasponu 57,7-75,1 (za uzorke s dodatkom margarina), odnosno 46,9-64,6 (za uzorke s dodatkom uljnog taloga), te su najveće vrijednosti zabilježene kod kontrolnog uzorka. Očigledno je da je porast udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje rezultirao statistički značajnim smanjenjem svjetline bezglutenskog čajnog peciva, što se odražava u smanjenju L^* vrijednosti. Najtamniji uzorci bili su oni koji su sadržavali najveći udio dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje, tj. 15%. Osim toga, uočeno je smanjenje kromatske komponente zeleno-crvene boje (a^*) i smanjenje kromatske komponente plavo-

žute boje (b^*) proporcionalno s povećanjem udjela dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje za obje skupine uzoraka, kako one s dodatkom margarina, tako i one s uljnim talogom. Ove promjene vrijednosti a^* i b^* parametara sugeriraju da je dodatak brašna uljne pogače industrijske konoplje značajno utjecao na promjenu tonaliteta boje čajnog peciva, prelazeći prema zelenim nijansama i udaljavajući se od plavih tonova. Također, vrijednosti ukupne promjene boje bezglutenskog čajnog peciva kretale su se u rasponu 11,3-22,0 (za uzorke s dodatkom margarina), odnosno 24,1-32,9 (za uzorke s dodatkom uljnog taloga). Ovi rezultati upućuju na to da je zamjena kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje znatno promijenila boju čajnog peciva, pri čemu je veći postotak dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje rezultirao većom ukupnom promjenom boje u odnosu na kontrolni uzorak, posebno kod uzoraka s uljnim talogom. Također, utvrđene su statistički značajne razlike u boji uzoraka s obzirom na korištenu vrstu masnoće. Uzorci s dodatkom uljnog taloga industrijske konoplje bili su značajno tamniji te su imali statistički značajno manje vrijednosti kromatskih komponenti a^* i b^* u odnosu na čajna peciva s margarinom ($p < 0,05$). Ove promjene u boji mogu biti povezane s prisutnošću prirodnih pigmenata i antioksidansa industrijske konoplje i njihovom interakcijom s ostalim sastojcima u recepturi čajnog peciva.

Iz rezultata ispitivanja dimenzija analiziranih uzoraka može se primijetiti da se, s porastom udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje, povećava širina čajnog peciva bez glutena uz istovremeno smanjenjem debljine uzoraka (**Slike 9-11**). Širina uzoraka bezglutenskog čajnog peciva kretala se unutar uskog raspona, uglavnom između 4,5-4,8 cm (za uzorke s dodatkom margarina) i 4,6-4,9 cm (za uzorke s dodatkom uljnog taloga). Veće vrijednosti širine izmjerene su kod uzoraka s većim udjelima brašna uljne pogače industrijske konoplje, što ukazuje na to da je dodatak ovog brašna rezultirao neznatnim povećanjem širine peciva. S druge strane, debljina uzoraka bezglutenskog čajnog peciva opadala je proporcionalno povećanjem udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje. Konkretno, kod uzoraka s dodatkom uljnog taloga, debljina je bila manja i kretala se u rasponu 1,03-0,96 cm, dok su uzorci s dodatkom margarina imali neznatno veću debljinu, koja se kretala u rasponu 1,02-1,15 cm. Ovaj rezultat sugerira da zamjena kukuruznog brašna brašnom od uljne pogače industrijske konoplje neznatno utječe na dimenzije čajnog peciva, pri čemu se povećava širina uz istovremeno smanjenje debljine. Isti ovakav utjecaj na dimenzije čajnog peciva su u

svom istraživanju uočili i Ertaş i Aslan (2020). Moguće je da prisutnost brašna uljne pogače industrijske konoplje utječe na strukturu čajnog peciva, što rezultira ovim promjenama u dimenzijama. Osim toga, vrsta upotrijebljene masnoće je značajno utjecala na dimenzije čajnog peciva ($p < 0,05$). Širina čajnog peciva s dodatkom uljne pogače bila je veća, a debljina manja u odnosu na uzorke s margarinom. Razlike u dimenzijama između uzoraka s dodatkom margarina i uljnog taloga mogu se pripisati različitim svojstvima ova dva sastojka i njihovom utjecaju na teksturu čajnog peciva. S obzirom na promjene širine i debljine uzoraka faktor širenja povećavao se porastom udjela uljne pogače industrijske konoplje (**Slika 11**), te su vrijednosti bile u rasponu 42,9-49,7 (kod uzoraka s dodatkom margarina) i 47,9-53,0 (kod uzoraka s dodatkom uljnog taloga). Ovi rezultati ukazuju na to da zamjena dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje utječe ne samo na dimenzije čajnog peciva već i na njihovu sposobnost širenja tijekom pečenja.

Teksturalna svojstva čajnog peciva su se promijenila s povećanjem udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje, s većom lomljivošću i indeksom lomljivosti (**Slike 12-13**) pri čemu je najveća sila lomljenja zabilježena kod uzoraka s dodatkom 15% brašna industrijske konoplje (25,9 N za uzorke s dodatkom margarina i 29,8 N za uzorke s dodatkom uljnog taloga). Nadalje, uzorci s dodatkom margarina imali su indeks lomljivosti u rasponu 3,7-7,9 N/mm, dok su oni s dodatkom uljnog taloga pokazali vrijednosti indeksa lomljivosti 12,9-15,6 N/mm što je činilo značajnu statističku razliku ($p < 0,05$). Ovi rezultati ukazuju na to da je povećanje udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje rezultiralo većom čvrstoćom čajnog peciva, što može biti posljedica promjena u teksturi i strukturi uzoraka uzrokovanih prisustvom dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje. Ove promjene u teksturalnim svojstvima mogu utjecati na senzorski dojam i prihvatljivost proizvoda kod potrošača, a također mogu pružiti informacije o potencijalnoj primjeni ovih bezglutenskih čajnih peciva u različitim prehrambenim kontekstima.

Senzorska analiza pokazala je da su uzorci s manjim udjelom brašna uljne pogače industrijske konoplje dobili najviše ocjene za različite senzorske parametre, uključujući vanjski izgled, boju, teksturu, miris, okus i ukupan senzorski dojam (**Slike 14-19**). Ukupna senzorska ocjena za uzorke s dodatkom margarina bile su više, između 7,6 i 8,6, dok su ocjene za uzorke s dodatkom uljnog taloga bile nešto niže, između 4,6 i 5,4. Većina panelista je uzorke s dodatkom uljnog taloga okarakterizirala ka proizvode s oporim i gorkastim okusom. Ovi

rezultati sugeriraju da korištenje uljnog taloga industrijske konoplje značajno pogoršava senzorska svojstva te njegovo korištenje nije opravdano u proizvodnji čajnog peciva bez glutena. Uzorci s dodatkom 5% brašna uljne pogače industrijske konoplje su, uz kontrolne uzorke, dobili najviše ocjene za vanjski izgled, boju, teksturu, miris, okus i ukupan senzorski dojam. Konkretno, senzorski ocjenjivači nisu dobro prihvatili proizvode s većim udjelom brašna uljne pogače industrijske konoplje. Dodatak brašna industrijske konoplje je smanjio ukupnu prihvatljivost ovakve vrste proizvoda, ali dodatak od 5% nije uzrokovao značajno smanjenje ($p < 0,05$) u odnosu na kontrolni uzorak što ukazuje na potencijalnu primjenu brašna uljne pogače industrijske konoplje, ali kada je dodana u manjim udjelima. Slične rezultate su u svom istraživanju dobili i Hruškova i Švec (2015) u kojem su zaključili da dodatak brašna industrijske konoplje uzrokuje gorak okus čajnog peciva već pri dodacima od 10%.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je postotak dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje predstavljao ključni faktor u oblikovanju kvalitativnih promjena čajnog peciva bez glutena, pri čemu je veći udio obično rezultirao izraženijim promjenama u kvaliteti proizvoda. Dobiveni rezultati imaju potencijalne implikacije za industriju proizvodnje bezglutenskih proizvoda, nudeći mogućnosti za unapređenje kvalitete i raznolikosti ponude na tržištu.

6. ZAKLJUČCI

U istraživanju koje je analiziralo utjecaj zamjene dijela kukuruznog brašna s brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu bezglutenskog čajnog peciva, temeljito su istraživani različiti parametri kvalitete kako bi se dublje razumio utjecaj ove zamjene na svojstva proizvoda. Ovo istraživanje pruža dublje razumijevanje utjecaja zamjene brašna uljne pogače industrijske konoplje na svojstva bezglutenskog čajnog peciva, što može biti od koristi prehrambenoj industriji u razvoju novih proizvoda i poboljšanju postojećih bezglutenskih proizvoda. Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Zamjena dijela kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje ima značajan utjecaj na kvalitetu bezglutenskog čajnog peciva.
- Povećanje udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje rezultira smanjenjem sadržaja vode u čajnom pecivu, što može poboljšati trajnost i svježinu proizvoda.
- Zamjena kukuruznog brašna brašnom uljne pogače industrijske konoplje znatno mijenja boju čajnog peciva, smanjujući svjetlinu, mijenjajući tonalitet boje prema zelenim nijansama i povećavajući ukupnu promjenu boje.
- Dodatkom brašna uljne pogače industrijske konoplje povećava se širina, a smanjuje debljina čajnog peciva.
- Čvrstoća čajnog peciva povećava se s porastom udjela brašna uljne pogače industrijske konoplje.
- Dodatak brašna industrijske konoplje je smanjio ukupnu senzorsku prihvatljivost ovakve vrste proizvoda, ali dodatak od 5% nije uzrokovao značajno smanjenje ($p < 0,05$) u odnosu na kontrolni uzorak što ukazuje na potencijalnu primjenu brašna uljne pogače industrijske konoplje.
- Korištenje uljnog taloga industrijske konoplje značajno pogoršava senzorska svojstva te njegovo korištenje nije opravdano u proizvodnji čajnog peciva bez glutena.
- Ovi rezultati ukazuju na potencijalnu primjenu brašna uljne pogače industrijske konoplje u proizvodnji bezglutenskih čajnih peciva, s mogućnošću unapređenja kvalitete i raznolikosti ponude na tržištu.

7. LITERATURA

- Alhassan MW, Ojangba T, Amagloh FK: Development of gluten-free biscuit from peanut-pearl millet composite flour, *American Journal of Food Science and Technology*, 7:40-44, 2019.
- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E: Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trends in Food Science and Technology*, 21:106- 113, 2010.
- Arendt EK, Dal Bello F: *Gluten-free cereal products and beverages*, Food Science and Technology International Series, Elsevier, Irska, 2008.
- Badiu E, Aprodu I, Banu I: Trends in the development of gluten-free bakery products. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology*, 38. 21-36, 2014
- Cerino P, Buonerba C, Cannazza G, D'Auria J, Ottoni E, Fulgione A, Di Stasio A, Pierri B, Gallo A: A Review of Hemp as Food and Nutritional Supplement. *Cannabis Cannabinoid Research*, 6:19-27, 2021.
- Di Cairano M, Galgano F, Tolve R, Caruso CM, Condelli N: Focus on gluten free biscuits: ingredients and issues, *Trends in Food Science & Technology*, 81:203-212, 2018.
- Dolinšek J, Dolinšek J, Rižnik P: *Vodič za život s celijakijom*, CeliVita-Život s celijakijom, Zagreb, 2021.
- Ertaş N, Aslan M: Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 19:177-184, 2020.
- Gallagher E: *Gluten-free food science and technology*, Ashtown Food Research Centre, Irska, 2009.
- Hozova B, Buchtová V, Dodok L, Zemanovič J: Microbiological, nutritional and sensory aspects of stored amaranth biscuits and amaranth crackers, *Food/Nahrung*, 41:155-158, 1997.
- Hrušková M, Švec I: Cookie Making Potential of Composite Flour Containing Wheat, Barley and Hemp. *Czech Journal of Food Sciences*, 33:545-555, 2015.

- Hrvatski sabor: Zakon o suzbijanju zlouporabe opojnih droga, NN 107/2001, Zagreb, 2001.
- Inyang UE, Udofia CB, Ukwo SP: Functional properties and quality characteristics of gluten free biscuits made from unripe banana and sweet potato composite flour supplemented with red kidney bean flour, *Journal of Advances in Food Science and Technology*, 4:100-108, 2017.
- Johnson LA: *Corn: The major cereal of the Americas*, Handbook of Cereal Science and Technology drugo izdanje, pp. 31–80., SAD, 2000.
- Jukić M, Koceva Komlenić D: *Tehnologija proizvodnje i prerade brašna, Upute za laboratorijske vježbe*, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2019.
- Khoury DE, Balfour-Ducharme S, Joye IJ: A review on the gluten-free diet: technological and nutritional challenges, *Nutrients*, 10:1410, 2018.
- Korus A, Gumul D, Krystijan M, Juszcak L, Korus J: Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites, *European Food Research and Technology*, 243: 1-10, 2017.
- Lawless HT, Heymann H: *Sensory evaluation of food: principles and practices*, 2. izdanje, Food Science Text Series, Ujedinjeno Kraljevstvo, 2010.
- Man S, Paucean A, Muste S: Preparation and quality evaluation of gluten-free biscuits, *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 71:38-44, 2014.
- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: *Pravilnik o keksima i keksima srodnim proizvodima*, NN 73/05, Zagreb, 2005.
- Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi RH: *Pravilnik o hrani bez glutena*, NN 83/10, Zagreb, 2010.
- Pozderac I, Mijandrušić Sinčić B: Poremećaji povezani s glutenom, *Medicina fluminensis*, 55:53-58, 2019.
- Ronie ME, Zainol MK, Mamat H: A review on the recent applications of gluten-free flour, functional ingredients and novel technologies approach in the development of gluten-free bakery products, *Food Research*, 5:43–54, 2021.

- Stantiall SE, Serventi L: Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69:427-436, 2017.
- Tosi EA, Ciappini MC, Masciarelli R: Utilization of whole amaranthus (*Amaranthus cruentus*) flour in the manufacture of biscuits for coeliacs, *Alimentaria*, 34:49-51,1996.
- Uzunlar EA, Kahveci B: Nutritional properties and health effects of hemp seeds, *Research and Reviews on Healthcare*, 7:706-712, 2022.
- Xu J, Zhang Y, Wang W, Li Y: Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: a review, *Trends in Food Science & Technology*; 103: 200-213, 2020.
- Zoghi A, Mirmahdi RS, Mohammadi M: The role of hydrocolloids in the development of gluten-free cereal-based products for coeliac patients, *International Journal of Food Science and Technology*, 56:3138–3147, 2020.