

Utjecaj dodatka brašna uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu kruha bez glutena

Vojnić, Snježana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:109:025149>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-09**



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**

Snježana Vojnić

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

DIPLOMSKI RAD

Osijek, prosinac, 2022.

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 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*

Komentor: prof. dr. sc. *Mirela Planinić*

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

UTJECAJ DODATKA BRAŠNA ULJNE POGAČE INDUSTRIJSKE KONOPLJE NA KVALITETU KRUHA BEZ GLUTENA

Snježana Vojnić, 0113137117

Sažetak: Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela rižinog brašna i kukuruznog škroba brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu kruha bez glutena. Brašno uljne pogače industrijske konoplje dodavalo se u količinama od 5, 10, 15, 20, 25 i 30%. Provedena su probna pečenja i ispitivanje kvalitativnih svojstava kruha bez glutena koja su uključivala analizu teksturalnog profila, specifičnog volumena, boje u CIELab sustavu te određivanje senzorskih svojstava.

Rezultati ispitivanja su pokazali da kvalitativna svojstva kruha bez glutena značajno ovise o udjelu dodatka brašna industrijske konoplje. Kruh s dodatkom konopljinog brašna imao je povećanu čvrstoću i otpor žvakanju, smanjen specifični volumen te slabija senzorska svojstva u odnosu na kontrolni uzorak bez dodatka. Međutim, pogoršanje kvalitativnih svojstava bilo je u prihvatljivim granicama za uzorke kruha bez glutena s dodatkom brašna industrijske konoplje u količinama do 10 %, pogotovo ako se u obzir uzme činjenica da se dodatkom brašna industrijske konoplje povećava udio prehrambenih vlakana i unapređuje nutritivna vrijednost kruha bez glutena.

Ključne riječi: kruh bez glutena, rižino brašno, kukuruzni škrob, brašno industrijske konoplje

Rad sadrži: 36 stranica
14 slika
1 tablica
34 literaturne reference

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>Mirela Planinić</i> | član |
| 4. | prof. dr. sc. <i>Ana Bucić-Kojić</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 21. prosinca 2022.

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.

Co-supervisor: *Mirela Planinić*, PhD, full prof.

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

EFFECT OF HEMP SEED OIL PRESS-CAKE FLOUR ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE BREAD

Snježana Vojnić, 0113137117

Summary: The objective of this study was to investigate the effects of replacing part of the rice flour and corn starch with hemp oil press-cake flour on the quality of gluten-free bread. Hemp flour was added in amounts of 5, 10, 15, 20, 25 and 30%. A test baking and evaluation of the qualitative characteristics of gluten-free bread was performed. This included texture profile analysis, determination of specific volume and color in the CIELab system, and sensory analysis.

The test results showed that the qualitative properties of gluten-free bread depend significantly on the proportion of added hemp flour. Bread with the addition of hemp flour had higher firmness and chewiness, lower specific volume and weaker sensory properties compared to the control sample without the addition of hemp flour. However, the deterioration of qualitative properties was within acceptable limits for the samples of gluten-free bread with the addition of up to 10% industrial hemp flour, especially considering that the addition of hemp flour increases the amount of dietary fiber and improves the nutritional value of the gluten-free bread.

Key words: gluten-free bread, rice flour, corn starch, hemp flour

Thesis contains: 36 pages
14 figures
1 table
34 references

Original in: Croatian

Defense committee:

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

Defense date: December 21, 2022

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

Veliko hvala mentoru prof. dr. sc. Jukiću i svim djelatnicima Katedre za tehnologije prerade žitarica.

Zahvaljujem se i svojim bliskim prijateljima koji su bili uz mene tijekom studiranja. Hvala im za svaku utjehu koju su mi pružili u najtežim trenucima te za svaku proslavu kada je bilo uspješno.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i sestrama koji su najviše vjerovali u mene i uvijek me gurali naprijed, hvala im što su mi pomogli i omogućili postići ovaj životni uspjeh.

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	TEORIJSKI DIO	3
2.1.	SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA.....	4
2.1.1.	Glavne sirovine	4
2.1.2.	Dodatne sirovine	8
2.1.3.	Pomoćne sirovine	9
2.1.4.	Brašno industrijske konoplje	12
2.2.	POREMEĆAJI POVEZANI S GLUTENOM.....	13
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	15
3.1.	ZADATAK.....	16
3.2.	MATERIJALI	16
3.3.	METODE.....	16
3.3.1.	Laboratorijsko pečenje kruha bez glutena	16
3.3.2.	Određivanje fizikalnih svojstava kruha bez glutena	17
3.3.3.	Određivanje senzorskih svojstava kruha bez glutena	18
3.3.4.	Statistička obrada rezultata.....	18
4.	REZULTATI.....	19
4.1.	REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNIH SVOJSTAVA.....	20
4.2.	REZULTATI ISPITIVANJA BOJE I SENZORSKIH SVOJSTAVA	23
5.	RASPRAVA.....	28
6.	ZAKLJUČCI	31
7.	LITERATURA	33

1. UVOD

Brašna mogu biti dobivena od različitih vrsta žitarica poput pšenice, raži, riže, zobi, ječma i sl. U proizvodnji kruha se najčešće upotrebljava pšenično brašno. Jedan od glavnih sastojaka pšeničnog brašna je gluten koji je zaslužan za kvalitetu, jakost te rastezljivost i elastičnost tijesta. Gluten je osim toga zaslužan za zadržavanje u fermentaciji stvorenih plinova i njihovoj stabilizaciji tijekom procesa dizanja tijesta i pečenja (Gan i sur., 1989). Važno je napomenuti kako gluten ima i negativne utjecaje kada govorimo o pojedincima koji imaju neki od poremećaja povezanih s konzumacijom glutena (celijakija, necelijakična osjetljivost na gluten/pšenicu ili alergija na pšenicu). Upravo zbog toga nastoji se osmisлити odgovarajuća prehrana koja uključuje bezglutenski kruh i ostale pekarske proizvode koji ne sadržavaju gluten (Campbell, 1987; Murray, 1999). Celijakija je bolest koja uzrokuje oštećenje sluznice tankog crijeva što rezultira slabom apsorpcijom hranjivih tvari, gubitkom težine, anemijom, probavnim smetnjama, umorom, nedostatkom folata i osteopenijom (Blades, 1997; Thompson, 1997).

Pekarski proizvodi bez glutena su zbog sirovina koje se koriste kao zamjena za pšenično brašno uglavnom smanjene tehnološke i senzorske kvalitete, ali i umanjene nutritivne vrijednosti. Stoga se, kako bi poboljšali reološka i senzorska svojstva kruha, u recepturu dodaju različiti aditivi odnosno pekarski poboljšivači, dodaci za posebne vrste pekarskih proizvoda te gotove smjese. Oni nadoknađuju nedostatke brašna, olakšavaju pripremu tijesta, unapređuju kvalitetu i nutritivnu vrijednost te kupcima osiguravaju pristupačniji pekarski proizvod. Mijenjanjem svijesti potrošača uvode se novi trendovi te pekarska industrija nastoji proizvesti što raznolikiji asortiman proizvoda kako bi udovoljili sve većim zahtjevima tržišta.

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela rižinog brašna i kukuruznog škroba brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu kruha bez glutena.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA

Kruh i ostale pekarske proizvode dobivamo od mlinskih proizvoda odgovarajućim tehnološkim postupcima, dodajući druge sastojke kao što su voda, pekarski kvasac ili neke druge tvari za vrenje, sol te čitav niz različitih sastojaka kojima utječemo na unapređenje kvalitete, senzorskih svojstava i nutritivne vrijednosti. U osnovne sirovine ubrajamo brašno i vodu, u dodatne sirovine kvasac i sol, a uz njih mogu se dodavati različiti aditivi i pomoćne tvari. Svaki sastojak ima svoju tehnološku funkciju tijekom pripreme kruha, a najvažniji pri pripremi klasičnih pekarskih proizvoda je pšenično brašno koje služi za tvorbu tijesta te ima mogućnost zadržavanja plinova. U proizvodnji kruha bez glutena pšenično brašno se zamjenjuje brašnima različitih žitarica koje ne sadrže gluten poput rižinog i kukuruznog brašna, te brašna heljde, amaranta, kvinoje, sirka ili prosa. Voda se u recepturi koristi kao sredstvo za bubrenje sastojaka brašna ili sredstvo za otapanje soli, šećera i ostalih dodataka. Za rahljenje i dizanje tijesta dodaje se pekarski kvasac, a kuhinjska sol služi za poboljšanje okusa i boje, svojstva tijesta, kvalitete gotovog proizvoda te utječe na tijek fermentacije. Kako bi se nadomjestio gluten, u recepture za proizvodnju pekarskih proizvoda bez glutena se uobičajeno koriste različiti hidrokoloidi koji, osim što poboljšavaju tehnološka svojstva, unapređuju i funkcionalna i nutritivna svojstva proizvoda jer se njihovim dodatkom povećava udio prehrambenih vlakana.

2.1.1. Glavne sirovine

U proizvodnji pekarskih proizvoda bez glutena se koriste brašna koje ne sadrže gluten, bilo da se radi o brašnima žitarica poput riže, kukuruza, sirka i prosa, ili se koriste brašna različitih pseudožitarica poput amaranta, kvinoje ili heljde.

Riža je vrsta žitarica koja je kroz povijest bila jedna od najvažnijih namirnica čovjekove prehrane te je najrasprostranjenija žitna vrsta. Diljem svijeta doprinos riže u prehrani je različit te se razlikuje i način njene obrade. Uglavnom se konzumira riža bijelog zrna iako se u posljednjem desetljeću na tržištu pojavljuju različiti proizvodi koji sadrže rižu kao sastojak. Uzgajaju se dvije vrste riže *Oryza sativa* i *Oryza glaberrima*, a postoje oko 22 divlje vrste. Zrna riže mogu biti kratka, srednja, duga, ljepljiva, neljepljiva, različite boje, neka mogu biti i aromatična. Bogata su ugljikohidratima, te predstavljaju izvor bjelančevina, minerala i vitamina, a ne sadrže kolesterol. Kemijski sastav zrna riže mijenja se tijekom postupka

mljevenja gdje dolazi do uklanjanja vanjskih slojeva omotača što dovodi do gubitka proteina, masti i velikog broja vlakana, vitamina i minerala (Arendt i Dal Bello, 2008). Rižino brašno se sve više koristi u pekarstvu kao zamjena za pšenično tijekom pripreme proizvoda namijenjenih osobama koje su netolerantne na pšenicu ili oboljelima od celijakije. To je najprikladnije brašno za proizvodnju bezglutenskih proizvoda zbog svoje bijele boje, lake probavljivosti i hipoalergijskih svojstva (Neuman i Bruemmer, 1997). Osim toga, rižino brašno sadrži nizak sadržaj proteina, natrija i prolamina uz prisutnost lako probavljivih ugljikohidrata. Međutim, bez obzira na brojne prednosti riže, proteini riže imaju slaba funkcionalna svojstva kod prerade hrane. Zbog svoje hidrofobne prirode netopljivi su i nesposobni za oblikovanje viskoelastičnog tijesta koje je potrebno kod zadržavanja ugljikovog dioksida koji nastaje tijekom fermentacije tijesta. Niski sadržaj prolamina rezultira nedostatkom stvaranja proteinske mreže tijekom zamjesa rižinog brašna s vodom. Posljedica toga je slabo zadržavanje plinova, što dovodi do proizvoda s niskim specifičnim volumenom (He i Hosney, 1991).

Kukuruz (*Zea mays* L.) se smatra trećom najvažnijom žitaricom na svijetu, pripada rodici trava (*Poaceae*) te je jednogodišnja biljka. Ova porodica smatra se važnom jer osim što se koristi kao sirovina u raznim industrijama, obuhvaća i žitarice koje su ključne namirnice u prehrani ljudi i stoke (Hrvatska enciklopedija, 2020). Kukuruzno brašno od cjelovitog zrna te njegovi proizvodi na tržištu su poželjni zbog svojih dobrih nutritivnih svojstava i okusa. Sirovo brašno nastaje postupkom mljevenja cjelovitog zrna pri čemu dolazi do brzog propadanja kao posljedica enzimske aktivnosti. Kako bi se dobilo stabilizirano kukuruzno brašno od cjelovitog zrna s produženom postojanošću skladištenja, zrno se tretira izravnim dodiranjem s toplinom pri čemu dolazi do deaktiviranja enzima. Posljedica temperaturnog tretmana su modificirana funkcionalna svojstva brašna, dobra obrada, poboljšana svojstva tijesta i poboljšan okus. Topljivost proteina je važno funkcionalno svojstvo koje utječe na iskoristivost hranjivu vrijednost zrna žitarica. Prema vrsti otapala dijelimo ih na albumine topljive u vodi, globuline topljive u soli, u alkoholu topljive zeine te gluteline topljive u alkalnim otopinama. Zeini i glutelini su skladišni proteini zrna kukuruza. Zeine karakterizira visoki sadržaj glutamina, lecitina, prolina dok ne sadrži esencijalne aminokiseline lizin i triptofan, koje čine proteine kukuruza nutritivno neadekvatnim. Zein ima neka svojstva pšeničnog glutena, kao što je formiranje viskoelastičnih fibrila na visokim temperaturama dok pri sobnoj temperaturi gubi tu sposobnost. Zrno kukuruza bogato je i drugim fitonutrijentima i antioksidativnim spojevima

kao što su tokoferoli (γ -tokoferol), fenoli te karotenoidi (β -karoten, β -kriptoksantin, lutein i zeaksantin) (Žilić i sur., 2010.).

Amarant, kvinoja i heljda pripadaju skupini pseudožitarica (biljke koje ne pripadaju porodici *Poaceae*), a u odnosu na žitarice to su dvosupnice, imaju drugačije zahtjeve za uzgoj, ali njihove sjemenke podsjećaju na žitarice (bogate su škrobom) i koriste se na isti način kao i žitarice. Nutritivna vrijednost im je visoka jer su bogate ugljikohidratima, proteinima, vlaknima, vitaminima i višestruko nezasićenim masnim kiselinama. Amarant i kvinoja uzgajaju se najviše u Latinskoj Americi no s obzirom na njihove visoke nutritivne vrijednosti povećava se interes za njihov uzgoj te se on proširuje i na Sjevernu Ameriku, Europu i Kinu. Heljda se uzgaja na području Srednje i Istočne Europe iako joj je izvorno podrijetlo srednja Azija. Amarant za razliku od heljde i kvinoje sadrži viši udio proteina, a čak 65 % proteina nalazi se u klici i sjemenoj ovojnici dok se preostalih 35 % nalazi u endospermu koji je bogati škrobom. Prema Osbronovoj klasifikaciji sastav proteina amaranta čini 40 % albumina, 20% globulina, 25-35 % glutelina i samo 2-3 % prolina. Svi pseudožitarici proteini su lako topljivi pa se stoga mogu koristiti tijekom proizvodnje funkcionalne hrane. Proteini amaranta imaju bolju topljivost i emulgirajuća svojstva od drugih vrsta žitarica, pa se stoga koristi i kod proizvodnje piva, sokova ili kompota. Ovisno o vrsti meljave dobiva se brašno koje se može koristiti u proizvodnji kruha ili nekih drugih prehrambenih proizvoda kao što su juhe, krekeri, palačinke, tjestenina, žitarice za doručak, keksi i dr. (Arendt i Dal Bello, 2008).

Kvinoja je vrlo hranjiva namirnica, ne sadrži gluten te se može koristiti tijekom proizvodnje bezglutenskog kruha. Tijekom želatinizacije škrobu kvinoje potrebna je puno viša temperatura u odnosu na druge žitarice. Proteini kvinoje imaju visoki stupanj kvalitete i većinom su to globulin i albumin, a u odnosu na druge žitarice njihov udio u kvinoji je viši. Sadržaj aminokiselina je 38,71 g/100 g što je samo za 16 % manje od sadržaja aminokiselina u jajima, a sadrži svih devet esencijalnih aminokiselina. Kvinoja sadrži nizak postotak amiloze te tako ima veću sposobnost vezanja vode, odnosno bubrenja, veću osjetljivost na enzime, ali i dobru stabilnost na zamrzavanje. Visokoj nutritivnoj vrijednosti doprinosi i činjenica da zrno kvinoje sadrži značajne količine vitamina C, vitamina B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niacin) i vitamina E. Sadrži i visok udio mineralnih tvari koji je dva puta veći od onog u ostalim žitaricama te tako organizmu osigurava više kalija, željeza, magnezija, kalcija, fosfora, cinka, bakra i mangana (Arendt i Dal Bello, 2008). Sjeme kvinoje može se kuhati, pržiti ili mljeti u brašno.

Još jedna visokonutritivna pseudožitarica je heljda. Njen ukupni sadržaj ugljikohidrata iznosi 67-70 %, od čega je 54, 5 % škrob. Granule škroba heljde su vrlo male, imaju poligonalni oblik i često su agregirane. Heljdino brašno bogato je škrobom i ima omjer između amiloze i amilopektina 1:1. Mekinje heljdinog brašna sadrže u prosjeku 35 % proteina, 11 % lipida, 15 % vlakana dok u cijelom zrnju sadrži 27,38 % vlakana. Heljdine mekinje su dobar izvor fagopiritola (2,6 %) i D-kiro-inozitola koji pomažu ublažiti porast šećera u krvi nakon jela i na taj način mogu biti korisni u liječenju dijabetesa (Arednt i Dal Bello, 2008). U odnosu na druge žitarice heljda ima više vitamina i minerala (cijela skupina B vitamina, niacin i pantotenska kiselina), makroelemenata (kalij i fosfor) i mikroelemenata (željezo, cink, bakar). Aminokiselinski sastav heljde dobro je uravnotežen i nutritivno bolji od žitarica. Zrno heljde obiluje aminokiselinama koje su bitne za ljudski organizam, naročito lizinom i argininom koje su slabije zastupljene kod pšenice i ostalih žitarica. Dokazano je kako proteini heljde jače suzbijaju stvaranje žučnih kamenaca i dodatno snižavaju razinu kolesterola u odnosu na izolirane proteine soje (Kayashita i sur., 1999; Liu i sur., 2001). Vrlo je važna enzimaska aktivnost lipoksinegaze i peroksidaze heljdnog brašna dok fenolni spojevi i flavonoidi izolirani iz heljdine ljuske imaju antioksidacijsko djelovanje (Arednt i Dal Bello, 2008).

Za proizvodnju bezglutenskog kruha uz brašno mogu se koristiti i različite vrste škrobova kao što su škrob tapioke, rižin, krumpirov ili kukuruzni škrob. Tako su Moore i sur. (2004) u svojim istraživanjima predstavili recept za bezglutenski kruh koji je sadržavao kukuruzni škrob, brašno smeđe riže, soje i heljdino brašno. Koristeći ovaj recept dobiven je kruh koji je zadržao svoju konzistenciju i nakon dva dana skladištenja. Osim ove kombinacije, dokazano je kako rižino brašno zajedno s kukuruznim škrobom i kasavom daje dobar bezglutenski kruh ugodnog okusa, izgleda i dobre kohezivnosti (Sanchez i sur., 2002). Bezglutensko brašno kao što je rižino i kukuruzno nadopunjavaju se dodatkom brašnom kasave, kukuruznim škrobom, škrobom iz gomolja krumpira ili tapioke (Encina-Zelada i sur., 2019).

Škrob tapioke vrlo je koristan u čovjekovoj prehrani jer on potiče rast dobrih bakterija u tankom crijevu i tako ima blagotvoran učinak na čovjekovo zdravlje. Brašno tapioke bogato je vitaminima B skupine i tako organizmu osigurava dovoljnu količinu energije te poboljšava imunitet, a isto tako sadrži i visoki udio minerala (željezo, magnezij, kalij, kalcij, mangan) koji su važni za tkiva i zdravlje zglobova (Dolinšek i Rižnik, 2021). Smatra se vrlo zdravim škrobom i lako probavljivim, pogodan je za kuhanje i pečenje te kod zgušnjavanja umaka ili variva.

Rižin škrob dobiva se ekstrakcijom iz rižinog zrna i sastoji se od polimera glukoze, tj. od amiloze i amilopektina, ali u različitim omjerima ovisno o vrsti riže koja se koristi. Ova vrsta škroba nije alergena jer sadrži hipoalergene proteine te je izvrstan izvor ugljikohidrata za osobe koje pate od alergija. Amiloza se smatra pokazateljem kvalitete kuhanja te tako rižin škrob koji ima malo amiloze mijenja svoju konzistenciju, ljepljiv je i neproziran (Arednt i Dal Bello, 2008). U prehrambenoj industriji koristi se kao zgušnjivač u pripremi jela i u industrijskoj proizvodnji dječje hrane. Poznat je i u kozmetici gdje se koristi u proizvodnji pudera i preparata za ublažavanje iritacija. Kukuruzni škrob je ugljikohidrat koji se dobiva ekstrakcijom iz endosperma kukuruza, najviše se koristi kao sredstvo za zgušnjavanje umaka, glazura, juha ili kolača a idealan je i u proizvodnji bezglutenskih proizvoda kao što su kruh, tjestenina, keksi i sl.

Voda koja se koristi u pekarstvu i pripremi kruha je voda za piće te mora zadovoljavati sve uvjete Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Prema pravilniku „Voda za piće“ je sva voda koja je u svojem izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje, pripremu hranu ili druge kućanske namjene, neovisno o njenom porijeklu te neovisno o tome da li se isporučuje razvodnim mrežama, cisternama ili bocama ili spremnicima kao i sva voda koju subjekti u poslovanju s hranom upotrebljavaju za proizvodnju, preradu, konzerviranje ili prodaju proizvoda ili tvari namijenjenih za konzumaciju ljudi. U zamjes za proizvodnju pšeničnih kruhova dodaje se količini od 55 do 56% dok se pri proizvodnji bezglutenskog kruha, ovisno o upotrjebljenim sirovinama i hidrokolidima može dodavati u količinama većim i od 100 %. Tvrdoća vode mora biti između 15 do 20 stupnjeva njemačkih. Sposobnost upijanja vode prilikom proizvodnje kruha provjerava se uređajem koji se zove farinograf. Prije doziranja vode u zamjes tijesta potrebno ju je temperirati.

2.1.2. Dodatne sirovine

Kvasac je jednostanični organizam veličine 8 do 10 μm , nevidljivi golim okom, svrstan u carstvo gljiva. U pekarstvu se koristi kvasac soja *Saccharomyces cerevisiae* te ga se još naziva i pekarskim kvascem. Stanice kvasca sadrže od 70 do 75 % vode dok je suha tvar kvasca izgrađena od proteina (60 – 70 %), glikogena (20 – 30 %), masti (2 – 4 %) i mineralnih tvari (3 – 6 %). Za rast i razvoj kvasca optimalna temperatura je od 26 do 28 °C, dok je za fermentaciju optimalna temperatura od 30 do 32 °C . Rast i razmnožavanje stanica kvasca

prestaje pri temperaturi od 40 do 50 °C (kao i pri 1 °C), a pri temperaturi od 60 °C stanice kvasca odumiru uslijed koagulacije proteina. Jedna od važnijih uloga kvasca je doprinos pri fermentaciji tijesta i povećanju volumena, a osim toga doprinosi i formiranju arome i okusa kruha. Maltaza, invertaza i zimaza su enzimi kvasca koji djeluju na ugljikohidrate tijekom fermentacije. Šećeri fruktoza i glukoza imaju sposobnost prolaska kroz staničnu membranu, dok je saharozu i maltozu potrebno enzimatski razgraditi na monosaharide. Pri nedostatku šećera dolazi do "gladovanja" kvasca.

Kuhinjska sol dodaje se na količinu brašna u količini od 1 - 2 %. Sol kao sastojak može se dodati zamjesu u čvrstom stanju ili kao otopina. Prevelika količina soli utjecat će na boju kore (crvenkasta), dok nedostatkom soli nastaje blijeda kora i mrvljiva sredina kruha. Optimalnim dodatkom soli postiže se dobra poroznost, aroma i okus, dolazi do učvršćivanja glutena, optimalnog volumena kruha te nastajanja sjajno ružičaste boje.

2.1.3. Pomoćne sirovine

S vremenom svijest potrošača se mijenja, teže novim, boljim i nutritivno vrijednijim proizvodima te dolazi do sve većeg razvoja u pekarstvu što dovodi do rasta proizvodnje i primjene dodatnih sirovina. Pomoćne sirovine koristimo kako bi mogli što bolji proizvod plasirati na tržište, radi poboljšanja brašna ili kako bi se olakšali tehnološki procesi (za lakše oblikovanje tijesta, sprječavanje lijepljenja tijesta za uređaje ili druge alate).

Kao pomoćne sirovine koriste se poboljšivači i aditivi koji se u pekarskoj proizvodnji koriste preko 100 godina. Poboljšivači dovode do poboljšanja kvalitete pekarskih proizvoda, to su mješavine prehrambenih proizvoda i/ili aditiva, njihov cilj je ubrzanje i pojednostavljenje proizvodnje te uspostavljanje ravnoteže kod osciliranja procesnih parametara ulaznih sirovina. Dodaju se u „brašnastom“ obliku, kao paste, kreme ili kao tekućine, tijekom proizvodnje pekarskog proizvoda mogu djelovati u različitim fazama kao što su priprema tijesta, fermentacija, prerada tijesta i mase te u proces pečenja. Poboljšivači se dijele s obzirom na njihovo djelovanje, tako površinske aktivne tvari kao što su emulgatori poboljšavaju kvalitetu i svježinu kod pekarskih proizvoda. Enzimski preparati kao što su ječmeni slad, amilaza ili sladni ekstrakt povećavaju amilolitičku aktivnost. Vitamini i minerali služe za poboljšanje nutritivne vrijednosti dok se konzervansi kao što su Ca-acetat ili sorbinska kiselina sprječava nitavost i pljesnivost kruha. Emulgatori su vrlo bitni poboljšivači jer oni stvaraju stabilniji sustav

snižavanjem površinske napetosti između dviju faza koje se ne miješaju (voda - masnoća). Najčešće upotrebljavani emulgatori su lecitin i hidroksilirani lecitin, sorbitol i esteri sorbitola te monogliceridi i digliceridi masnih kiselina, esteri mono i diglicerida masnih kiselina s vinskom, octenom ili mliječnom kiselinom, a od masnih kiselina u sastav emulgatora najčešće ulazi stearinska, palmitinska i oleinska kiselina. Proizvodnja bezglutenskog kruha predstavlja izazov jer nedostatak glutena utječe na strukturu kruha te se radi toga dodaju tvari koje oponašaju viskoelastična svojstva glutena kao što su različiti enzimi, proteini, hidrokoloidi, različite vrste brašna, škroba i dr.

Hidrokoloidi sadrže veliki broj polisaharida topivih u vodi s različitim kemijskim strukturama te osiguravaju niz funkcionalnih svojstava koja ih čine prikladnim za primjenu u proizvodnji kruha bez glutena. Često se koriste hidroksipropilmetil celuloza, ksantan guma, pektin, guma arabika, uz emulgatore kao što su natrijev stearoil-2-laktilat, diacetiltartarat, esteri masnih kiselina glicerola i dr. (Anton i Artfield, 2008). Hidrokoloidi se često koriste u prehrambenim proizvodima za modificiranje teksture, pri zadržavanju i kontroli mobilnosti vode, poboljšanju vlažnosti te održavanju ukupne kvalitete gotovog proizvoda tijekom skladištenja. Sposobnost oponašanja viskoelastičnih svojstava glutena im omogućava zadržavanje plinova tijekom dizanja tijesta i pečenja, a time i povećanje specifičnog volumena kruha (Encina-Zelada i sur., 2019). Oni su hidrofilni polimeri biljnog, životinjskog i mikrobnog porijekla ili sintetskih materijala koji mogu sadržavati mnoge hidroksilne skupine, a mogu biti i polielektroliti. Razlikujemo ih prema podrijetlu, a najvažniji su ksantan guma, guar guma, psyllium, želatina i alginat. Iako se uglavnom dodaju u maloj količini (<1 %) imaju značajan utjecaj na senzorska i teksturalna svojstva proizvoda (Arendt i Dal Bello, 2008).

Jedan od najupotrebljavanijih hidrokoloida je ksantan guma. Ksantani poznatiji kao ksantan guma su viskoviskozne, pseudoplastične otopine na koje ne utječe promjena temperature, pH ili koncentracija soli (Arendt i Dal Bello, 2008). To su polisaharidi nastali dobiveni od bakterije *Xanthomonas campestris bacterium* (Encina-Zelada i sur., 2019). Iako su negelirajući hidrokoloidi, u kombinaciji s agarozom, konjak glukomananom ili gumom rogačeve mahune stvaraju gel. Od istog izvora može se dobiti najmanje 10 različitih tipova ksantan gume koje se razlikuju se prema veličini čestica, stupnju viskoznosti, disperzibilnosti, hidrataciji, pseudoplastičnosti i dr. (Arendt i Dal Bello, 2008). Ksantan guma zbog svojih svojstava odličan je zgušnjivač i stabilizator, a gotovom proizvodu poboljšava senzorska svojstva, produljuje

stabilnost i osigurava dobru konzistenciju (Feja i sur., 2014). Dodaje se u proizvodnji bezglutenskog kruha od kukuruznog brašna ili rižinog brašna, a dokazano je da takvom proizvodu daje veći volumen, smanjuje mrvljivost u unutrašnjosti kruha te poboljšava okus i teksturu (Gallagher, 2009).

Guar guma je polisaharid dobiven od graha vrste *Cyamopsis tetragonoloba* te se koristi u pekarstvu kod proizvodnje bezglutenskog kruha, a osim što produžava rok trajnosti kruha zadržavanjem vlage, povećava volumen kruha, poboljšava boju te utječe na svojstva sredine kruha (Encina-Zelada i sur., 2019). Dokazano je kako dodatak guar gume u zamjes kruha od kukuruznog brašna ima bolji učinak od dodatka pektina s obzirom na volumen kruha, sadržaj vlage te učinkovitost pečenja. Guar guma ima i neka neželjena svojstva kao što je prevelika gumenost kruha što dovodi do otežanog žvakanja, a kako bi se ona izbjegla, guar gumu najbolje je dodati zajedno s pektinom i to u omjeru 1:1 jer se tako postiže najveća učinkovitost ovog hidrokoloida. Dobiveni kruh može se opisati kao kruh sa smanjenom čvrstoćom i stupnjem želatinizacije jer dolazi do djelomične zamjene ovog hidrokoloida s pektinom, koji pozitivno smanjuje stvrdnjavanje kruha bez utjecaja na vlagu (Anton i Artfield, 2008).

U novije vrijeme se u proizvodnji kruha bez glutena kao zamjena za uobičajene hidrokolide dodaju psillyum ljuskice, koje su prirodna bioaktivna topljiva vlakna dobivena od sjemena indijskog trputca (*Plantago psyllium*) koja imaju blagotvoran učinak na zdravlje čovjeka, tako što održavaju optimalnu razinu kolesterola, pospješuju probavu i osjećaj sitosti te smanjuju glikemijski indeks. Osim zdravstvenih prednosti, psyllium ima sposobnost vezanja vode, želiranja, stvaranja strukturnih svojstava koje povećavaju viskoznost tijesta, povećava zadržavanje plinova tijekom fermentacije i pečenja, poboljšava volumen te tijekom starenja zadržava vlažnost, mekoću sredine, kohezivnost i elastičnost. Tako se poboljšavaju senzorska svojstva kruha, produljuje se rok trajanja, dobiva se kruh obogaćen s vlaknima koji je dobro prihvaćen od strane potrošača (Fratelli i sur., 2021).

S obzorom da bezglutenska brašna i škrobovi imaju malu količinu proteina ili ih neki uopće ne sadrže, potrebno je pronaći izvore proteina koje će nadomjestiti njihove nedostatke te tako kruhu dati bolju konzistenciju te poboljšati njegova nutritivna i kvalitativna svojstva. Mogu se koristiti različiti izvori proteina kao što su proteini iz obranog mlijeka u prahu, sojinog brašna, proteini iz jaja (bjelanjaka), proteini sirutke i sl. Gallagher i sur. (2003a, 2003b) ispitivali su učinke različitih mliječnih proizvoda u prahu kao izvora proteina u bezglutenskim proizvodima

i dokazali kako dodatak sirutke, obranog mlijeka u prahu, natrijevog kazeinata i sl. povećavaju volumen kruha, poboljšavaju boju i mekoću korice kruha. Nutritivno su prihvatljivi jer povećavaju sadržaj proteina, iako oni koji sadrže visoki udio laktoze mogu biti problematični kod osoba koje imaju intoleranciju na laktozu. Nadalje, dodatak proteina iz bjelanjaka zajedno s hidrokolidima poveća volumen kruha i poboljšava njegovu poroznost. Međutim, Moore i sur. (2004) dokazali su kako takvi proteini u sredini kruha stvaraju mrežastu strukturu sličnu onoj koju stvara gluten iz pšeničnog brašna.

2.1.4. Brašno industrijske konoplje

Cannabis sativa L., poznata kao industrijska konoplja, je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice konoplji *Cannabaceae*. Njeno točno porijeklo nije poznato, iako se smatra da je prvi put uzgojena u Kini gdje se koristila u medicinske svrhe. Smatra se visoko isplativim i višenamjenskim usjevom koji ima dobru održivost s obzirom na mali utjecaj na okoliš (Ranalli i Venturi, 2004). Konopljino sjeme je nutritivno bogato, sadrži oko 25 % proteina, 35 % ulja, ima visoki udio antioksidansa (Callaway, 2004; Farinon i sur., 2020), te je bogato esencijalnim masnim kiselinama kao što su omega-3 i omega-6 masne kiseline. Industrijska konoplja s niskim sadržajem tetrahidrokanabinola (THC) koristi se u industrijske svrhe (radi ulja, brašna, tkanine, biogoriva, u kozmetici i sl.). Ima duboko korijenje koje omogućava učinkovito zadržavanje i skladištenje CO₂, te poboljšava strukturu tla (Farinon i sur., 2020). Danas na tržištu postoji niz konopljinih proizvoda kao što su ulje sjemenki konoplje, pogača (nusproizvod nastao nakon prešanja ulja), brašno (nusproizvod nastao nakon ekstrakcije proteina otapalom iz uljne pogače), ljuske konoplje te proteinski koncentrat/izolati koji se mogu dobiti od cjelovitog ili oljuštenog sjemena konoplje (Burton i sur., 2022). Konopljino brašno dobiveno ekstrakcijom ulja, bogato je proteinima visoke kvalitete. Njihov udio ovisi o vrsti konoplje i metodi ekstrakcije ulja (hladno prešano ili otapalom) te u suhoj tvari varira između 30 do 50 % (Wang i Xiong, 2019). Proteini sjemenki konoplje predstavljaju veliki interes u znanstvenom i industrijskom području radi njihove bogate nutritivne vrijednosti i vrhunske probavljivosti, a isto tako od velikog su značaja i u prehrambenoj industriji gdje se od njih dobivaju različiti proizvodi kao što su pića, funkcionalni sastojci, prehrambeni suplementi i dr. Glavni proteini koji se nalaze u sastavu proteina konopljinog brašna su globulin (60-80 % od ukupne količine proteina) i albumin koji su lako probavljivi u gastrointestinalnom traktu. Brašno sjemenki konoplje bogato je aminokiselinama, te sadrži visoki udio arginina i glutamina (Wang i

Xiong,2019). Istraživanja su pokazala kako dodatak od 10 % konopljinog brašna u pšenično brašno ne utječe na njegova reološka svojstva te ne mijenja stabilnost i čvrstoću tijesta, ali poboljšava hranjivu vrijednost konačnog proizvoda jer povećava razinu minerala i proteina u konačnom proizvodu (Pojić i sur., 2015). U drugom istraživanju dokazano je kako dodatak konopljinog brašna u škrob, koji ne sadrži gluten te se koristi pri proizvodnji bezglutenskog kruha, poboljšava okus, miris (orašasti) i boju kruha, te povećava njegovu nutritivnu vrijednost jer sadrži veću količinu vlakana (Korus i sur., 2017). Brašno od konoplje ne sadrži gluten te je radi toga pogodan za konzumiranje kod alergičara i osoba koje pate od celijakije ili imaju intoleranciju na gluten. Konopljino brašno može se dodavati pri proizvodnji različitih proizvoda na bazi žitarica kao što su razna peciva, krekeri, keksi, tijesto za pizzu, vafli, palačinke i sl.

2.2. POREMEĆAJI POVEZANI S GLUTENOM

Autoimunom reakcijom na gluten u čovjekovom tijelu nastaju poremećaji kao što su celijakija, herpetiformni dermatitis i glutenska ataksija. Konzumacija glutena može dovesti do alergije i necelijakične preosjetljivosti na gluten. Alergija nastaje zbog imunološke reakcije preosjetljivosti, dok necelijakična preosjetljivost nije povezana ni s alergijskim ni s autoimunim mehanizmom (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019).

Prema Codexu Alimentariusu ("Knjiga zakona o hrani") gluten se definira kao „proteinska frakcija iz pšenice, raži, ječma, zobi ili njihovih križanih derivata, na koju su neke osobe intolerantne i koja je netopiva u vodi i 0,5 M NaCl-u." Kod zrna pšenice postoje četiri frakcije koje klasificiramo prema njihovoj topljivosti; albumini (topljivi u vodi), globulini (netopljivi u vodi, ali topljivi u otopinama soli), prolamini ili glijadini (topljivi u 70 %-tnom alkoholu), glutelini ili glutenini (topljivi u jakim kiselinama i lužinama). Gluten je smjesa glijadina i glutenina pšenice i čini gotovo 75% ukupnog udjela proteina zrna. Glijadin i glutenin bogati su aminokiselinama kao što su prolin i glutamin koje ih štite od potpune degradacije proteazama u probavnom sustavu te ih to čini teško probavljivima. Tako veliki glutenski peptidi dobivaju sposobnost prodiranja do površine sluznice želuca i potiču razvoj upalnih reakcija (web 1.).

Celijakija se smatra kroničnom bolešću u odraslih i djece, a kod oboljelih može uzrokovati teška oštećenja tankog crijeva. Posljedica toga su oslabljena funkcija crijeva i poremećaj apsorpcije hranjivih tvari. Prema kliničkoj slici oboljelih možemo ju podijeliti u dvije kategorije:

simptomatska celijakija (crijevni i izvancrijevni simptomi) i asimptomatska celijakija (na temelju kliničke slike). Prisutnost određenih protutijela u krvi koja su specifična za celijakiju te mikroskopski dokazanim promjenama na tankom crijevu utvrđuje se konačna dijagnoza. S konačnom dijagnozom može se započeti bezglutenska prehrana te njenim strogim pridržavanjem mogu se spriječiti dugoročne posljedice ove bolesti (Dolinšek i Rižnik, 2021).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela rižinog brašna i kukuruznog škroba brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu kruha bez glutena. Brašno industrijske konoplje dodavalo se u količinama 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % u odnosu na ukupnu masu brašna i škroba.

3.2. MATERIJALI

Za proizvodnju kruha bez glutena su korišteni:

- rižino brašno Nutrigold (Galleria Internazionale d.o.o., Zagreb, Hrvatska),
- kukuruzni škrob Gustin (Dr. August Oetker KG, Bielefeld, Njemačka),
- brašno industrijske konoplje Nutrigold (Galleria Internazionale d.o.o., Zagreb, Hrvatska),
- koncentrat proteina sirutke WPC 80 (SFD Nutrition, Opole, Poljska),
- ksantan guma (Doves Farm Foods Ltd., Berkshire, UK),
- psyllium ljuskice u prahu (Nutrimea d.o.o., Zagreb, Hrvatska),
- instant suhi pekarski kvasac (Dr. August Oetker KG, Bielefeld, Njemačka),
- suncokretovo ulje,
- sol
- šećer.

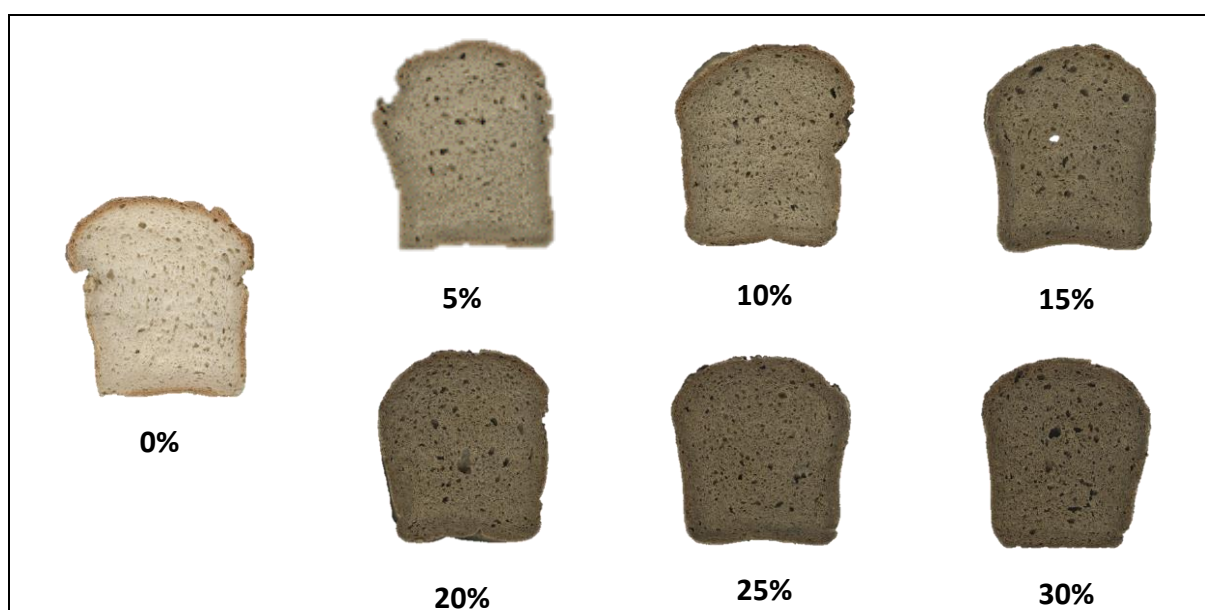
3.3. METODE

3.3.1. Laboratorijsko pečenje kruha bez glutena

Zamjes sirovina (**Tablica 1**) se provodio u mjesilici kroz 7 min (2 min na manjoj i 5 min na većoj brzini). Nakon toga se tijesto podijelilo na dva dijela koja su se okruglo oblikovala. Tijesto se stanjivalo valjkom za tijesto do debljine 6-8 mm nakon čega su se rolanjem formirale dvije štruce. Štruce su se stavljale u kalupe za pečenje koje su prenesene u fermentacijsku komoru gdje se provodila fermentacija kroz 45 min pri 30 °C i relativnoj vlažnosti zraka od 85 %. Uzorci su se nakon fermentacije pekli 45 min (3 min na 200 °C te još 42 min na 180 °C). Uzorci su se nakon pečenja hladili najmanje 1h nakon čega su provedene ostale analize.

Tablica 1 Sirovine za proizvodnju kruha bez glutena s dodatkom brašna industrijske konoplje

Sastojci	0% IK	5% IK	10% IK	15% IK	20% IK	25% IK	30% IK
Rižino brašno	90	85,5	81	76,5	72	67,5	63
Kukuruzni škrob	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7
Brašno industrijske konoplje	0	5	10	15	20	25	30
Psyllium prah				0,75			
Ksantan guma				4,25			
Proteini sirutke				5			
Suhi kvasac				3			
Ulje				5			
Šećer				3			
Sol				2			
Voda				85			

**Slika 1** Prikaz uzoraka kruha bez glutena s različitim udjelima brašna industrijske konoplje

3.3.2. Određivanje fizikalnih svojstava kruha bez glutena

Iz središnjeg dijela štruce izrezane su po dvije šnite debljine 25 mm te je provedeno ispitivanje teksturalnog profila (TPA) kruha analizatorom teksture TA.XT2i (Stable Microsystems Ltd.,

Surrey, UK). Podaci dobiveni analizom teksture analizirani su uz pomoć Texture Exponent 32 softvera (verzija 3.0.5.0.). Uzorci su bili podvrgnuti dvostrukoj kompresiji upotrebom aluminijske cilindrične sonde promjera 36 mm (P/36R) uz mjernu brzinu sonde od 1 mm/s do dubine prodiranja od 40 % (10 mm). Vrijeme zadržavanja između dvije kompresije iznosilo je 5 s. Iz kompresijskih krivulja očitane su čvrstoća (N), elastičnost, kohezivnost, otpor žvakanju (N), adhezivnost (Ns) te koeficijent otpornosti.

Specifični volumen (cm^3/g) određen je pomoću uređaja Volscan Profiler (Stable Microsystems Ltd., Surrey, UK) metodom laserske topografije.

Boja kore i sredine uzoraka kruha određena je kolorimetrom CR-400 (Konica Minolta, Japan) u CIELab sustavu boja. L^* vrijednost predstavljala je svjetlinu uzorka (0 (crna) do 100 (bijela)), a^* vrijednost raspon između zelene i crvene boje (-128 to 127), a b^* vrijednost između plave i žute boje (-128 to 127).

3.3.3. Određivanje senzorskih svojstava kruha bez glutena

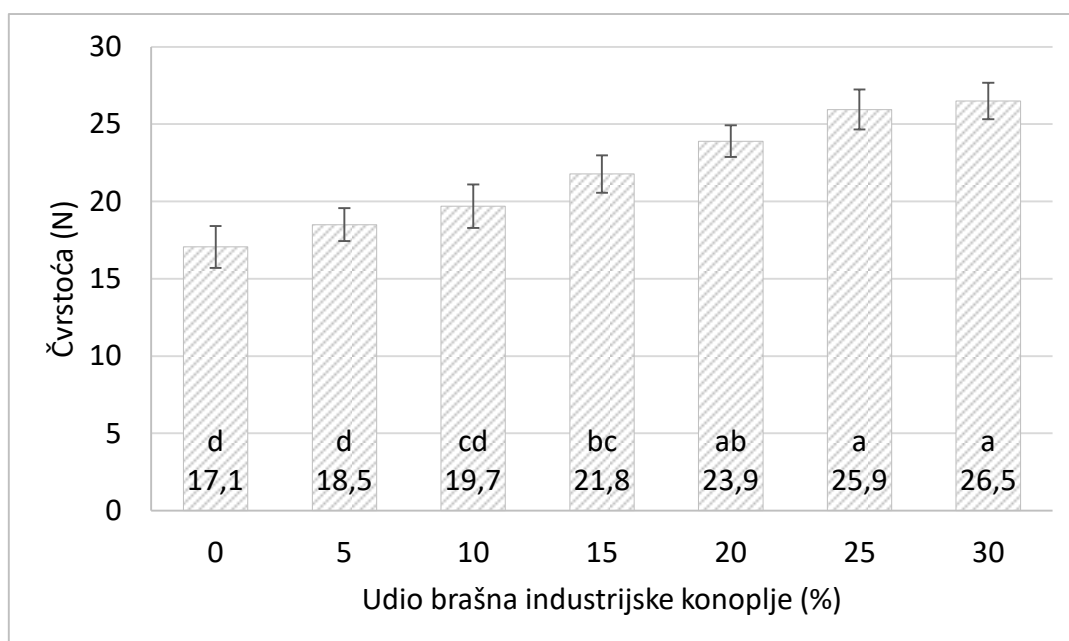
Panel od sedam ocjenjivača kojeg su činili studenti ili djelatnici Katedre za tehnologije prerade žitarica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek proveo je senzorsku analizu uzoraka kruha bez glutena s dodatkom brašna industrijske konoplje. Svi ocjenjivači imali su prethodnog iskustva sa senzorskom analizom te nisu imali zdravstvene problema koji bi mogli utjecati na senzorsku procjenu (anozmiya, daltonizam i sl.). Neposredno prije senzorske ocjene panelistima je ukratko predstavljeno istraživanje i uzorci koji su se testirali. Korištena je skala u 5 stupnjeva, a ocjenjivali su se vanjski izgled, izgled sredine, miris i okus kruha bez glutena. Ukupna senzorska ocjena izračunata je kao prosjek gore navedenih senzorskih svojstava.

3.3.4. Statistička obrada rezultata

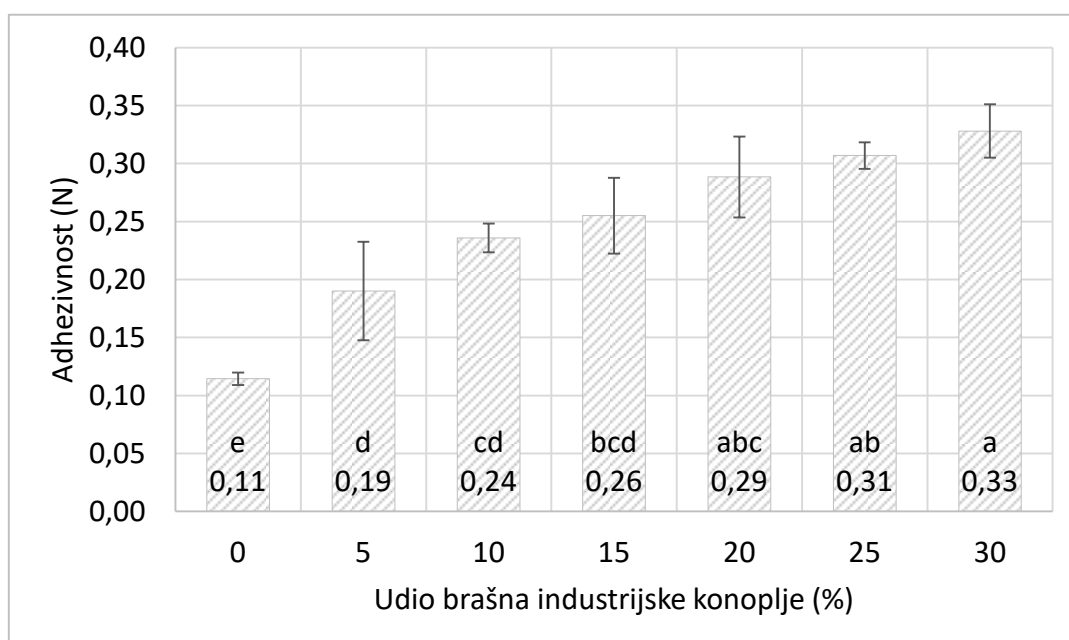
Statistička obrada eksperimentalnih podataka provedena je upotrebom programa XLSTAT software (Addinsoft, New York, NY, USA), a rezultati su prikazani kao srednja vrijednost s pripadajućim standardnim devijacijama. Za utvrđivanje razlike između uzoraka provedena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) i post-hoc višestruka usporedba Tukeyevim HSD testom značajne razlike (engl. *Honestly significant difference*).

4. REZULTATI

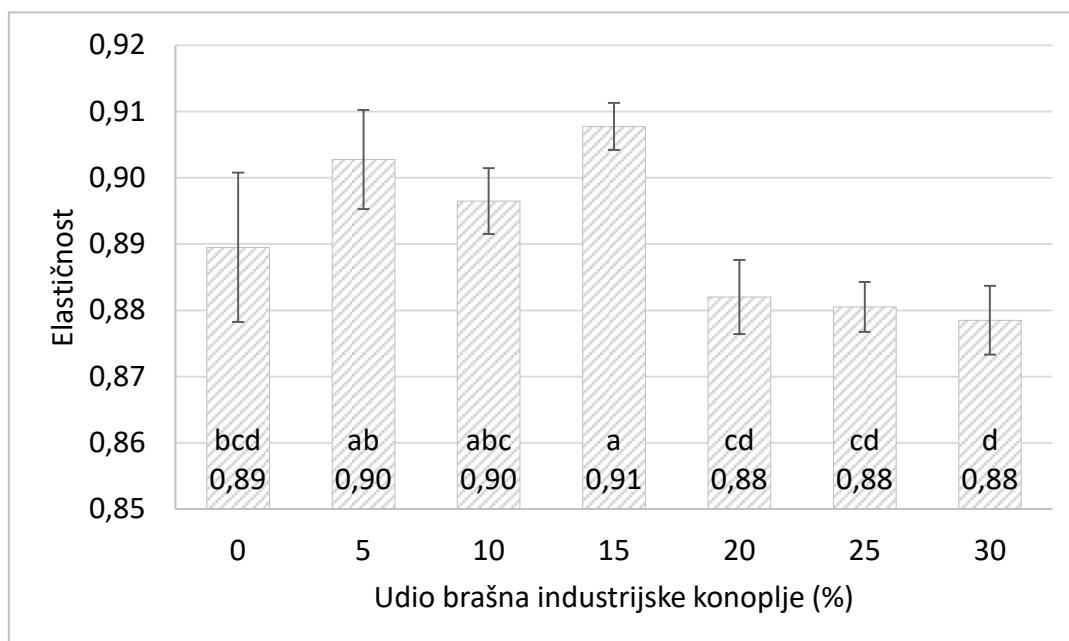
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNIH SVOJSTAVA



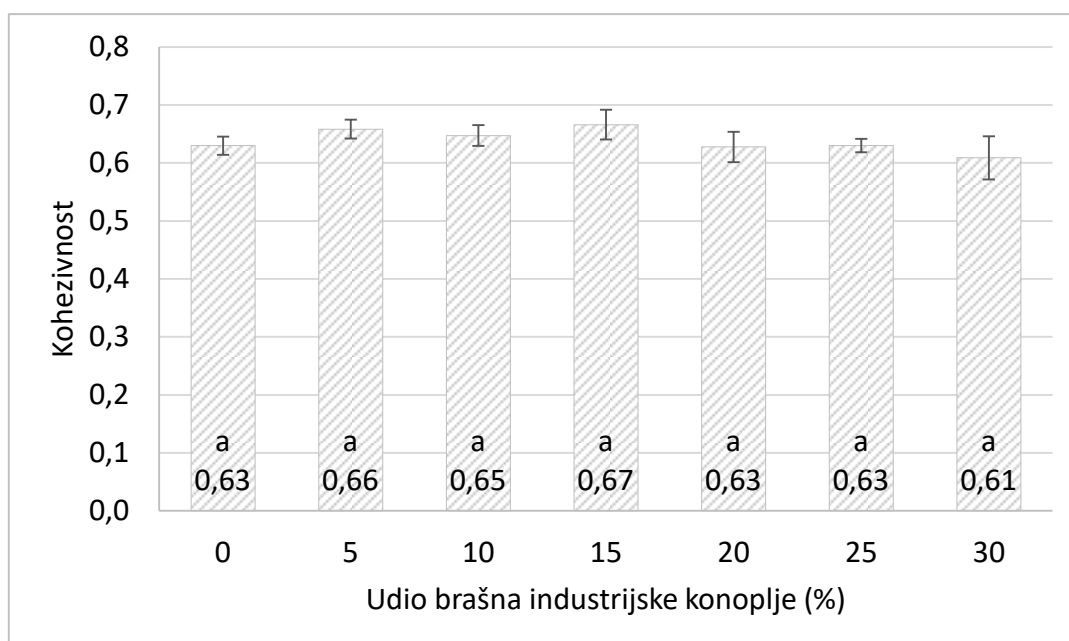
Slika 2 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na čvrstoću kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



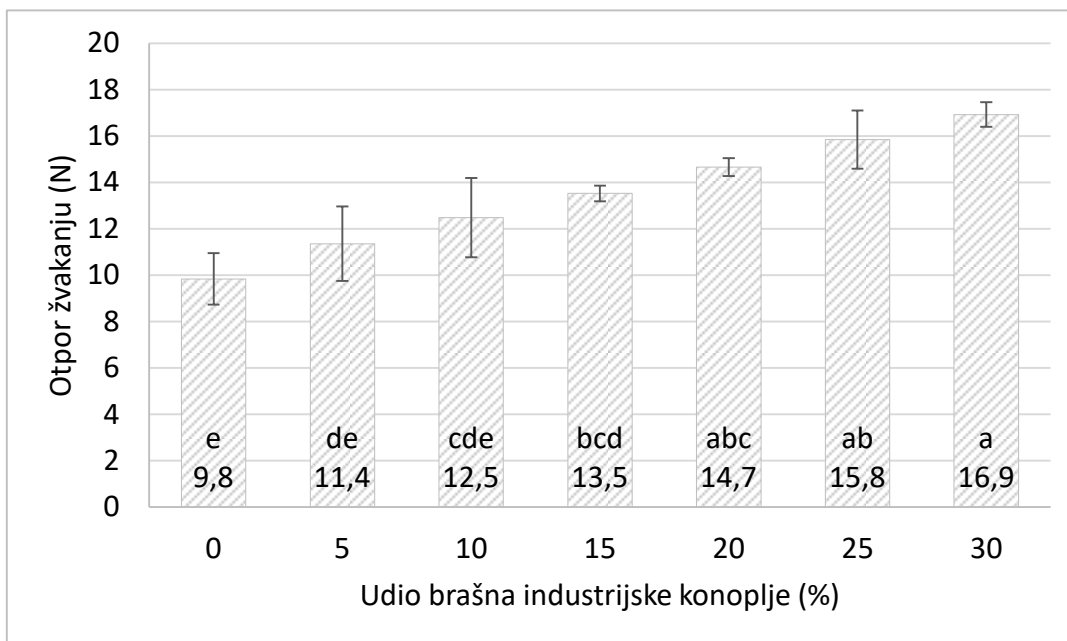
Slika 3 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na adhezivnost kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



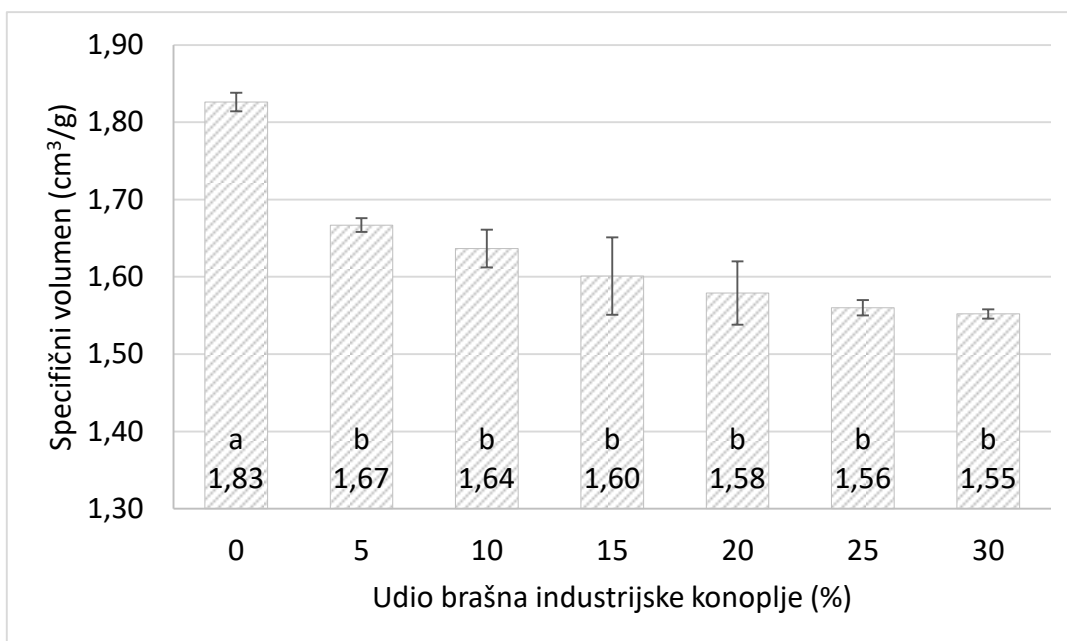
Slika 4 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na elastičnost kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



Slika 5 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na kohezivnost kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)

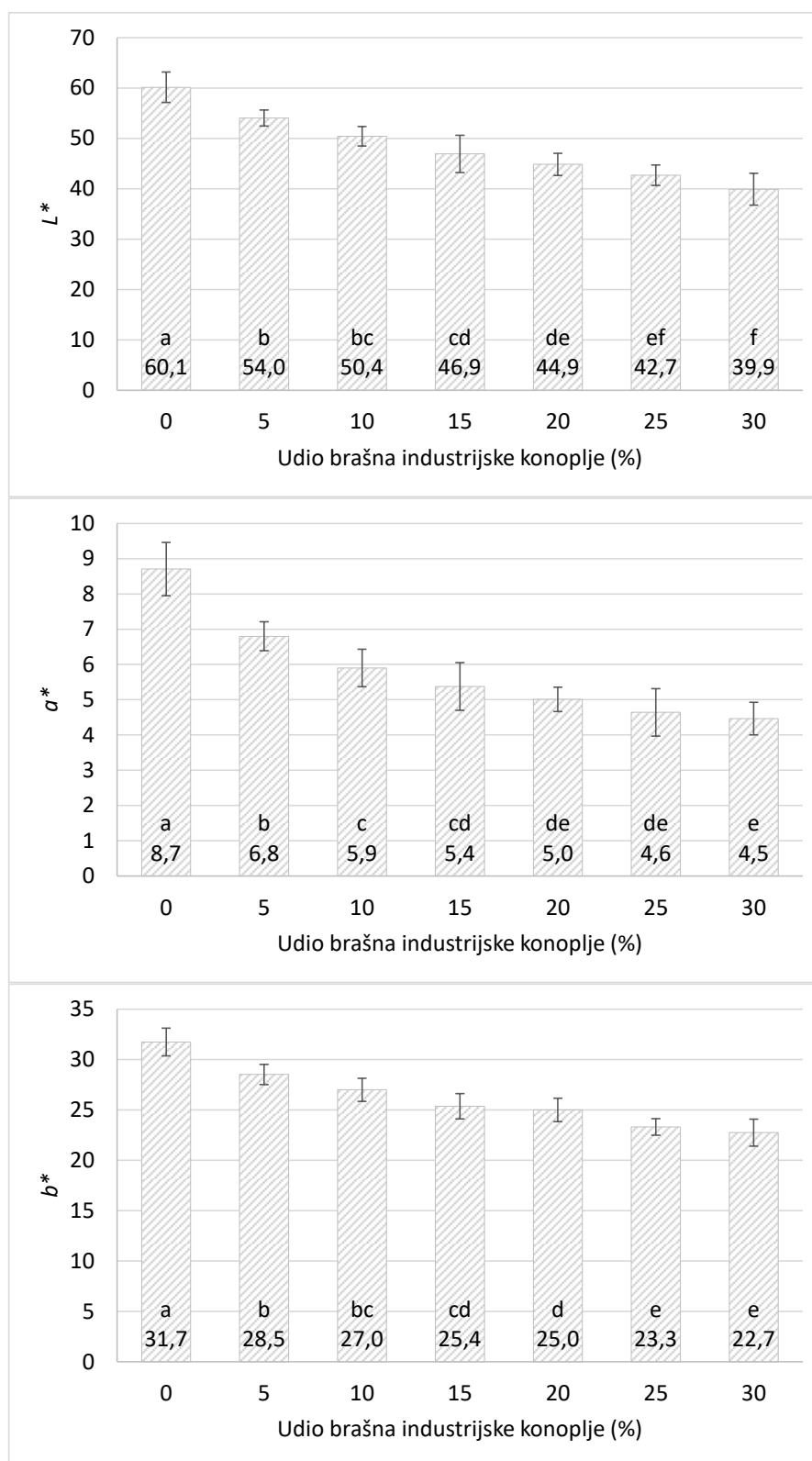


Slika 6 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na otpor žvakanju kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)

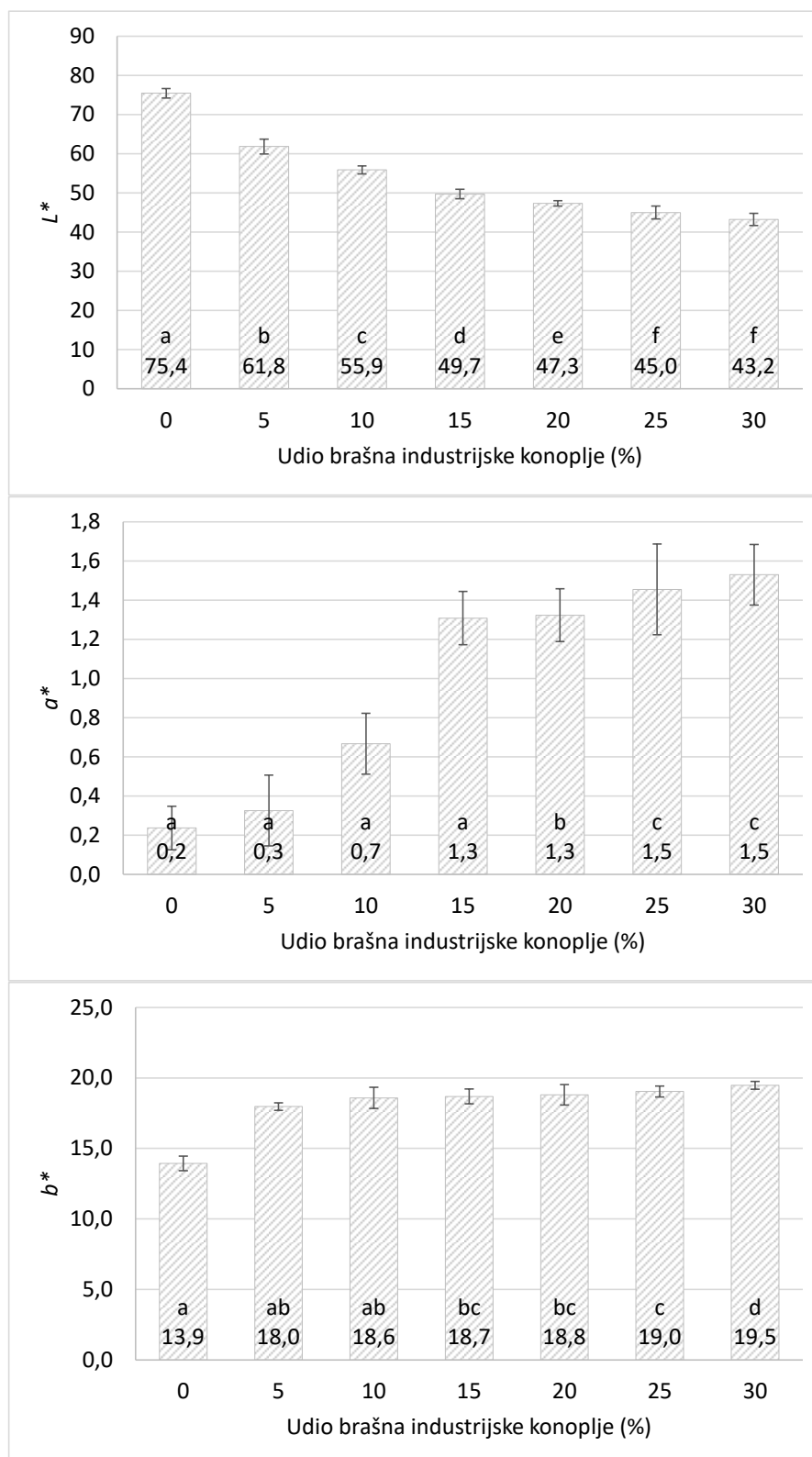


Slika 7 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na specifični volumen kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)

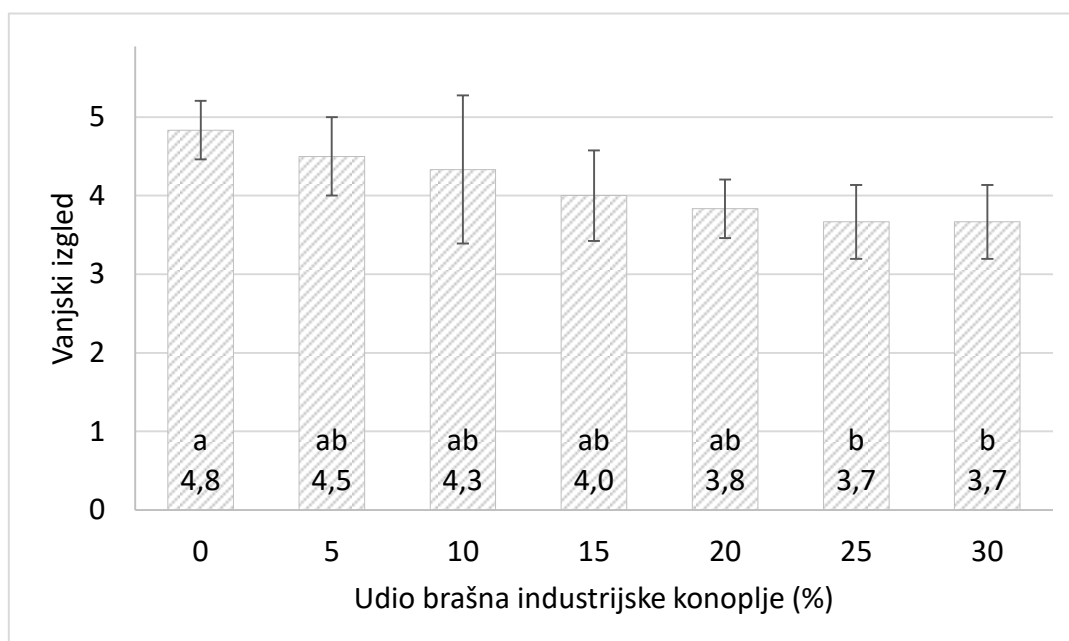
4.2. REZULTATI ISPITIVANJA BOJE I SENZORSKIH SVOJSTAVA



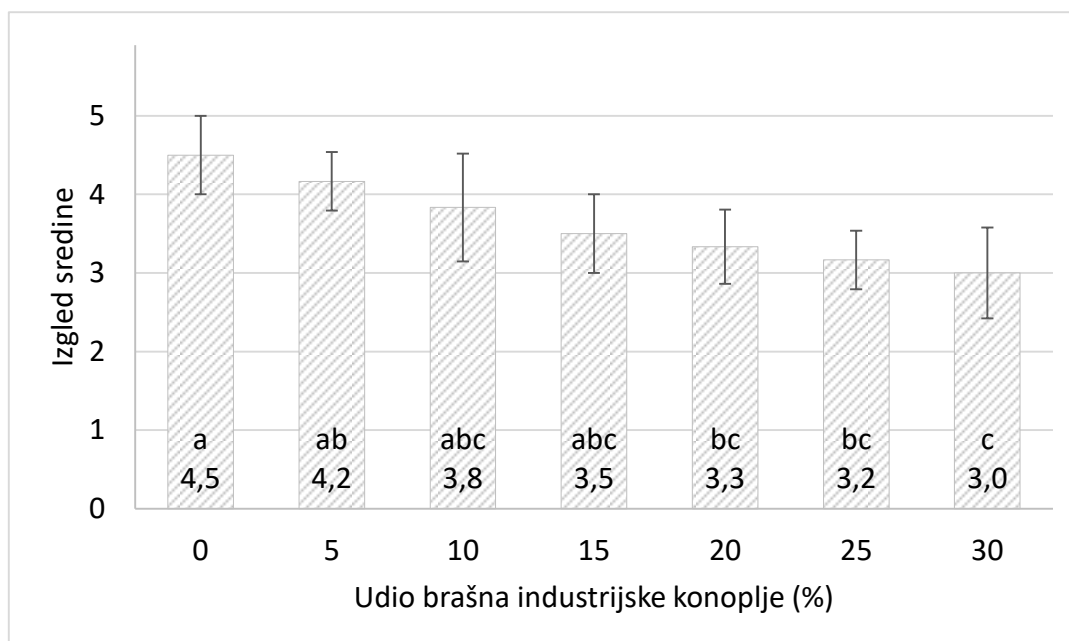
Slika 8 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na boju kore kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



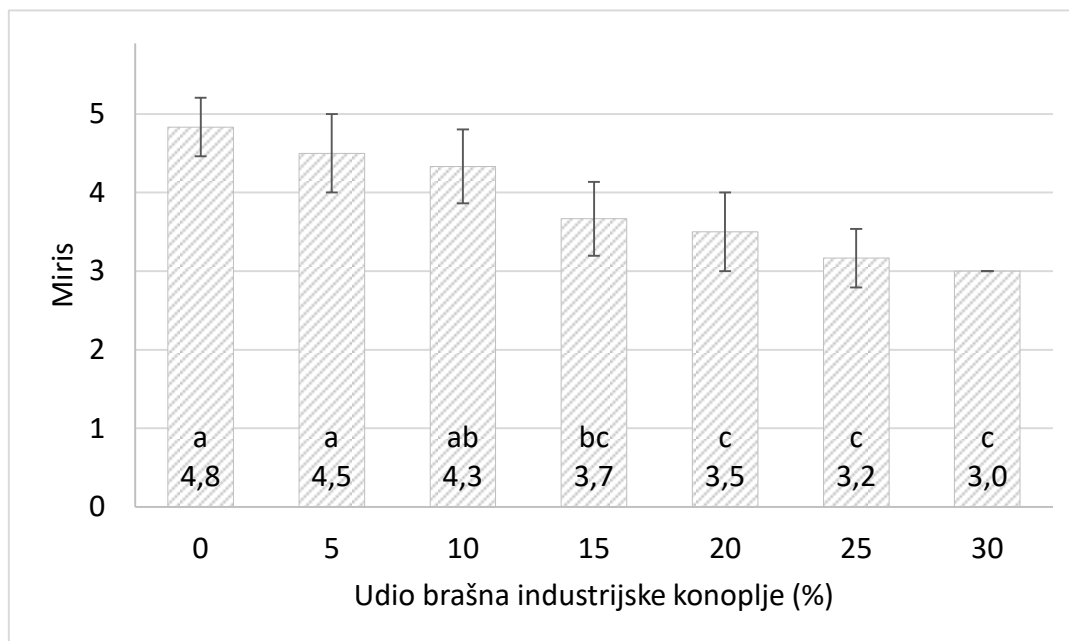
Slika 9 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na boju sredine kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



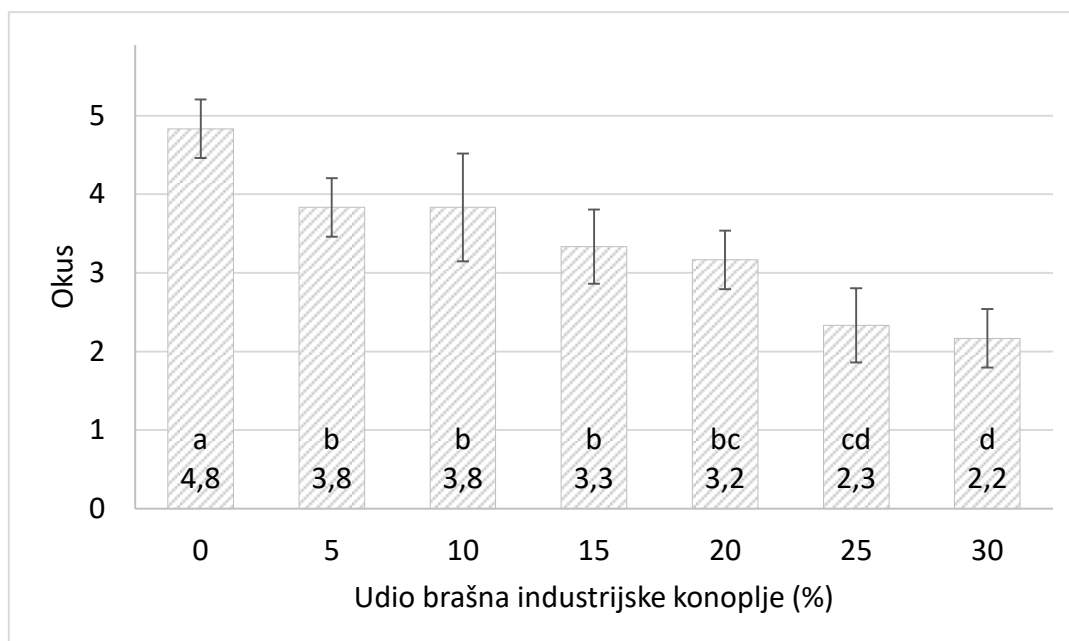
Slika 10 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na vanjski izgled kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



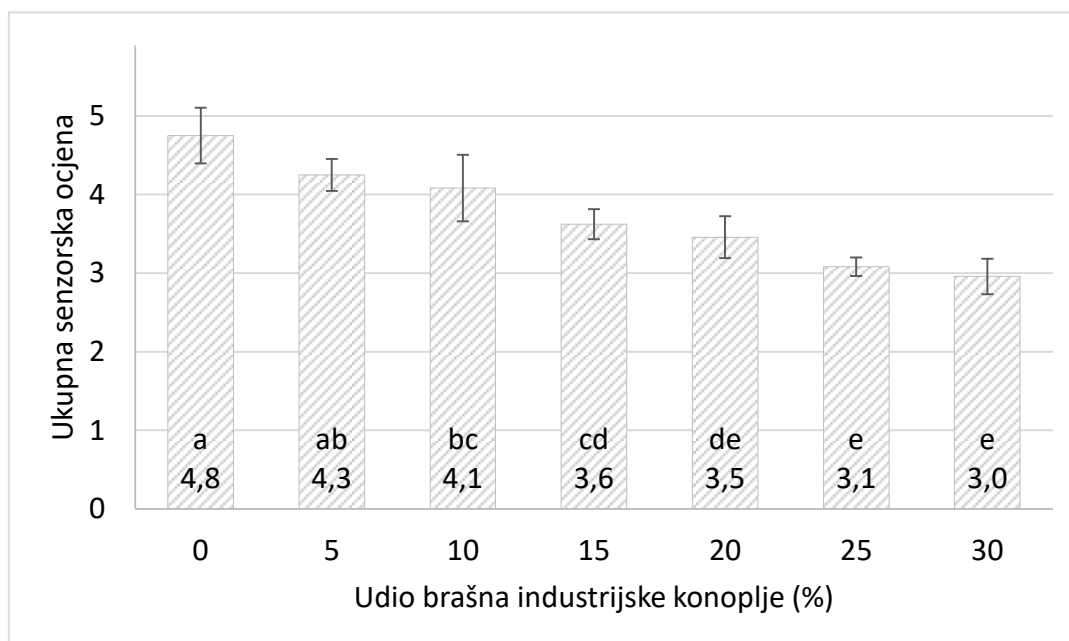
Slika 11 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na izgled sredine kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



Slika 12 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na miris kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



Slika 13 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na okus kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)



Slika 14 Utjecaj dodatka brašna industrijske konoplje na okus kruha bez glutena (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Tukeyjevom testu najmanje značajne razlike)

5. RASPRAVA

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj zamijene dijela rižinog brašna i kukuruznog škroba brašnom uljne pogače industrijske konoplje na kvalitetu kruha bez glutena. Brašno industrijske konoplje dodavalo se u količinama 5, 10, 15, 20, 25 i 30 %.

Na **Slikama 2-6** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja brašna industrijske konoplje na parametre teksture kruha bez glutena. Čvrstoća uzoraka je rasla od 17,1 N kod bezglutenskog kruha bez dodatka brašna konoplje do maksimalnih 26,5 N kod uzorka s 30 %-tnim dodatkom. Analogno tome, s povećanjem udjela dodatka brašna konoplje značajno je rastao i otpor žvakanju kruha bez glutena (**Slika 6**). Povećanje čvrstoće kruha bez glutena s dodatkom brašna industrijske konoplje utvrđeno je i u istraživanju Jagelaviciute i Cizeikiene (2021). Elastičnost kruha je rasla do udjela brašna konoplje od 15 %, da bi se daljnjim povećanjem njegovog udjela smanjivala do 0,88 kod uzorka s 30 %-tnim dodatkom (**Slika 4**). Kohezivnost (**Slika 5**), koja predstavlja povezanost strukture sredine kruha i obrnuto je proporcionalna s mrvljivošću uzoraka kruha bez glutena, se nije statistički značajno mijenjala povećanjem udjela brašna industrijske konoplje, a iznosila je od 0,63 za uzorke bez do 0,61 za uzorke s 30 % dodatka brašna industrijske konoplje. Adhezivnost, odnosno ljepljivost površine sredine kruha, rasla je povećanjem udjela brašna industrijske konoplje u recepturi, što je bilo i očekivano, s obzirom na zbijeniju strukturu sredine uzoraka s većim udjelima konoplje (**Slika 3**). Zbijenost strukture ovih uzoraka vidljiva je i iz rezultata određivanja specifičnog volumena (**Slika 7**). Najveći specifični volumen imao je kontrolni uzorak bez dodatka brašna industrijske konoplje ($1,83 \text{ cm}^3$) dok je već i dodatak od samo 5 % konopljinog brašna uzrokovao statistički značajno smanjenje ($r < 0,05$) specifičnog volumena ($1,67 \text{ cm}^3$). Ovi podaci su u skladu s istraživanjem Hruškove i sur. (2012), ali u suprotnosti s rezultatima istraživanja Korusa i sur. (2017) koji su utvrdili značajno povećanje volumena, čak i pri 20 %-tnom dodatku brašna industrijske konoplje u odnosu na kontrolni uzorak.

Dodatak brašna industrijske konoplje značajno je utjecao na boju kruha i sredine kruha bez glutena (**Slike 8 i 9**). Povećanjem udjela konopljinog brašna značajno se smanjivala vrijednost L^* i kore i sredine kruha što znači da je kruh postajao sve tamniji. Naročito je ta promjena bila vidljiva u sredini kruha kojoj je L^* vrijednost padala od početnih 75,4 kod kontrolnog uzorka do 43,2 kod uzorka s 30 % dodatka brašna industrijske konoplje. Vrijednosti parametara boje a^* i b^* su za koru kruha rasle dodatkom brašna konoplje što pokazuje da su poprimale više crveno-smeđu nijansu boje. Za razliku od kore, u sredini kruha su vrijednosti a^* i b^* kromatske

komponente padale s povećanjem udjela brašna industrijske konoplje. Razlog tomu je činjenica da su ti uzorci poprimali zelenkaste tonove boje.

Dodatak brašna industrijske konoplje značajno je pogoršao senzorske ocjene kruha bez glutena. S obzirom na vanjski izgled nije bilo statistički značajne razlike između kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom do 20 % konopljinog brašna (**Slika 10**). Ocjene za izgled sredine (**Slika 11**) su pokazale da se brašno konoplje može koristiti u količinama do 15 % bez značajnog utjecaja na prihvatljivost od strane potrošača, a ako promatramo ocjene za miris kruha tada je maksimalni prihvatljivi dio brašna konoplje 10 % (**Slika 12**). Najveći utjecaj na senzorska svojstva ispitivači su ustanovili pri ocjenjivanju okusa. Već je uzorak s 5 %-tnim dodatkom brašna konoplje uzrokovao statistički značajno smanjenje ocjene, iako su i uzorci sa do 20 % dodatka imali zadovoljavajuće ocjene (> 3) (**Slika 13**). Gledajući ukupnu senzorsku ocjenu (**Slika 14**) može se zaključiti da nije bilo statistički značajne razlike između kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom 5 % brašna konoplje, a vrlo dobru ocjenu dobio je i uzorak s 10 %-tnim dodatkom (4,1).

6. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenih ispitivanja može se zaključiti da kvalitativna svojstva kruha bez glutena značajno ovise o udjelu dodatka brašna industrijske konoplje. Kruh s dodatkom konopljinog brašna imao je povećanu čvrstoću i otpor žvakanju, smanjen specifični volumen te slabija senzorska svojstva u odnosu na kontrolni uzorak bez dodatka. Međutim, pogoršanje kvalitativnih svojstava bilo je u prihvatljivim granicama za uzorke kruha bez glutena s dodatkom brašna industrijske konoplje u količinama do 10 %, pogotovo ako se u obzir uzme činjenica da se dodatkom brašna industrijske konoplje povećava udio prehrambenih vlakana i unapređuje nutritivna vrijednost kruha bez glutena.

7. LITERATURA

- Anton AA, Artfield SD: Hydrocolloids in gluten-free breads: *International Journal of Food science and Nutrition* 59(1):11-23, 2008.
- Arendt EK, Dal Bello F: *Gluten-free cereal products and beverages*, Science Direct, Ireland, 2008
- Blades M: Food allergies and intolerances: *Nutrition Food Science* 4:146-151, 1997.
- Burton RA, Andres M, Cole M, Cowley JM, Augustin MA: Industrial hemp seed: from the field to value-added food ingredients, *Journal of Cannabis Research*, 2022.
- Callaway JC: Hemp seed production in Finland. *Journal of Industrial Hemp* 9:97–103, 2004.
- Campbell JA: Diet therapy of celiac disease and dermatitis herpetiformis. *World Review of Nutrition Dietetics* 51:189-223, 1987.
- Dolinšek J, Dolinšek J; Rižnik P; Krenčnik T, Klemenak M, Kocuvan Mijatov MA, Ornik S, Jurše M, Vidmar J, Korponay-Szabo I, Palčevski G, Milnović M, Dovnik I, Gyimesi Gallisz J, Szitanyi P, Floriankova M, Krajnc K, Stanescu Popp A, Man O, Černohorski I, Mišak Z, Piskernik M, Mearin ML, Wessels M, Dragutinović N, Pavkov V, Hauer AC, Marković M: *Vodič za život s celijakijom, CeliVita-Život s celijakijom*, Zagreb, 2021.
- Encina-Zelada CR , Cadavez V , Teixeira JA, Gonzales-Barron U: Optimization of Quality Properties of Gluten-Free Bread by a Mixture Design of Xanthan, Guar, and Hydroxypropyl Methyl Cellulose Gums, *Foods*, 2019
- Farinon B, Molinari R, Costantini L, Merendino N: The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients* 12:1–60, 2020.
- Feja M, Cortines J, Kessler A: Xanthan Gum i gluten-free bread. *Jungbunzlauer*. From nature to ingredients, 2018.
- Fratelli C, Santos FG, Muniz DG, Habu S, Braga ARC, Capriles VD: Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread. *Foods* 10(5):954, 2021.
- Gallagher E: *Gluten-Free Food Science and Technology*, Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-15915-9, 2009.

- Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK: Crust and Crumb Characteristics of Gluten Free Breads. *Journal of Food Engineering* 56:153-161, 2003a.
- Gallagher E, Kunkel A, Gormley TR, Arendt EK: The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology* 218:44-48, 2003b.
- Gan Z, Ellis PR, Vaughn JG, Gallard T: Some effects of non-endosperm components of wheat and of added gluten on whole-meal bread microstructure, *Journal Cereal Science* 10:81-91, 1989.
- He H, Hoseney RC: Gas retention of different cereal flours, *Cereal Chemistry* 68, 334–336, 1991.
- Hrušková M, Švec, Jurinová I: Composite Flours-Characteristics of Wheat/Hemp and Wheat/Teff Models, *Food and Nutrition Sciences*, Vol. 3 No. 11, 1484-1490, 2012.
- Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. (<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62106> (20.11.2022.))
- Jagelaviciute J, Cizeikiene D: The influence of non-traditional sourdough made with quinoa, hemp and chia flour on the characteristics of gluten-free maize/rice bread, *Lebensmittel-Wissenschaft+Technologie* 137, 110457, 2021.
- Kayashita J, Shimaoka I, Nakajuh M: Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol enriched diets. *Nutrition Research* 15(5):691-698, 1995.
- Kayashita J, Shimaoka I, Nakajoh M, Kishida N, Kato N: Consumption of a buckwheat protein extract retards 7,12-dimethylbenz[alpha]anthracene-induced mammary carcinogenesis in rats. *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry* 63, 1837–1839, 1999.
- Korus J, Witczak M, Ziobro R, et al. Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread, *Journal of Food Science and Technology* 84:143–150, 2017.
- Liu Z, Ishikawa W, Huang X: A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation, *Journal of Nutrition* 131, 1850–1853, 2021.

- Moore MM, Schober T J, Dockery P, Arendt EK: (2004): Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry* 81, 567–575, 2004.
- Murray JA: The widening spectrum of celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 69:354-365, 1999.
- Neumann H, Bruemmer JM: Investigations with the production of gluten free bread and roll specialities. *Getreide Mehl Brot* 51, 50–55, 1997.
- Pojić M, Dapčević Hadnađev T, Hadnađev M: Bread supplementation with hemp seed cake: a by-product of hemp oil processing. *Journal od Food Quality*. 38:431–440, 2015.
- Pozderac I, Mijandrušić Sinčić B: Poremećaji povezani s glutenom. *Medicina fluminensis* 55(1):53-58, 2019.
- Ranalli P, Venturi G: Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*. 140:1–6, 2004.
- Sanchez HD, Osella CA, De La Torre MA: Optimization of gluten free bread prepared from corn starch, rice flour and cassava starch. *Journal of Food Science* 67 416–419, 2002.
- Thompson T: Do oats belong in a gluten-free diet? *Journal of Academy of Nutrition and Dietetics* 97:1413-1416, 1997.
- Wang Q, Xiong YL: Processing, nutrition, and functionality of hempseed protein: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 18(4): 936-952, 2019.
- Žilić S, Hadži-Tašković Šukalović V, Milašinović M, Ignjatović-Mićić D, Maksimović M, Semenčenko V: Effect od Micronisation on the Composition and Properties od the Flour from White, Yellow and Red Maize. *Food Technology and Biotechnology* 48(2):198-206, 2010.
- Web 1. <https://www.planetzdravlja.eu/blog/sto-je-gluten-zapravo>