

Utjecaj dodatka različitih proteinskih koncentrata na kvalitetu krejera bez glutena

Lovrić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:260497>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

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

Ana Lovrić

UTJECAJ DODATKA RAZLIČITIH PROTEINSKIH KONCENTRATA NA
KVALITETU KREKERA BEZ GLUTENA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, travanj, 2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za prehrambene tehnologije

Katedra za tehnologije prerade žitarica

Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna

Tema rada je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća

Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023.

održanoj 22. svibnja 2023.

Mentor: prof. dr. sc. *Marko Jukić*

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

UTJECAJ DODATKA RAZLIČITIH PROTEINSKIH KONCENTRATA NA KVALITETU KREKERA BEZ GLUTENA

Ana Lovrić, 0113139928

Sažetak: Budući da se u proizvodnji bezglutenskih proizvoda često koriste brašna s relativno niskim udjelom proteina, ali i škrobni preparati koji ne sadrže proteine, često se u recepturu dodaju različiti proteini kako bi se poboljšala kvalitativna, ali nutritivna svojstva proizvoda. Stoga je cilj ovog istraživanja bio ispitati utjecaj dodatka različitih udjela (10%, 20%, 30%) koncentrata proteina sirutke, proteina bjelanjka jajeta i proteina riže na kvalitetu krekeru bez glutena. Nakon laboratorijskog pečenja provedeno je ispitivanje kvalitete dobivenih uzoraka krekeru koje je uključivalo određivanje udjela i aktiviteta vode, dimenzija i teksture te boje i senzorskih svojstava.

Rezultati istraživanja su pokazali da je dodatak proteina sirutke i bjelanjka značajno povećao udio i aktivitet vode u krekerima, dok je dodatak proteina riže rezultirao njihovim smanjenjem. Proteini sirutke i bjelanjka imali su značajan utjecaj na povećanje dimenzija krekeru, kao i na smanjenje njihove čvrstoće. Hrskavost krekeru povećavala se dodatkom proteina sirutke, a smanjivala dodatkom proteina riže. Svi proteinski dodaci značajno su utjecali na boju krekeru, čineći ih tamnijima i s tonovima smeđih komponenti što je povezano s intenzivnijim Maillardovim reakcijama tijekom pečenja. Senzorska ocjena krekeru pokazala je da previsoke koncentracije proteina bjelanjka imaju negativan utjecaj na njihova senzorska svojstva, dok je dodatak 10% proteina sirutke rezultirao najboljim ocjenama.

Ključne riječi: krekeri bez glutena, rižino brašno, koncentrati proteina

Rad sadrži: 35 stranica
19 slika
1 tablica
17 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

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

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

Datum obrane: 22. travnja 2024.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

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

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Technology of flour production and processing

Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VIII held on May 22, 2023

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

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

THE INFLUENCE OF THE ADDITION OF DIFFERENT PROTEIN CONCENTRATES ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE CRACKERS

Ana Lovrić, 0113139928

Summary: Since gluten-free products often utilize flours with relatively low protein content, as well as starch preparations devoid of proteins, various proteins are often added to the recipe to enhance both the qualitative and nutritional properties of the product. Therefore, the aim of this research was to examine the influence of adding different concentrations (10%, 20%, 30%) of whey protein concentrate, egg white protein, and rice protein on the quality of gluten-free crackers. After laboratory baking, the quality of the obtained cracker samples was assessed, including determining the moisture content and activity, dimensions and texture, as well as color and sensory properties. The research results showed that the addition of whey protein and egg white protein significantly increased the moisture content and activity in the crackers, while the addition of rice protein resulted in their reduction. Whey and egg white proteins had a significant impact on increasing the dimensions of the crackers, as well as reducing their firmness. Crispiness of the crackers increased with the addition of whey protein, while it decreased with the addition of rice protein. All protein additives significantly affected the color of the crackers, making them darker with shades of brown components, which is associated with more intense Maillard reactions during baking. Sensory evaluation of the crackers showed that excessive concentrations of egg white protein had a negative impact on their sensory properties, while the addition of 10% whey protein resulted in the highest ratings.

Key words: gluten-free crackers, rice flour, protein concentrate

Thesis contains: 35 pages
19 figures
1 table
17 references

Original in: Croatian

Defense committee:

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

Defense date: April 22, 2024

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

Zahvaljujem se

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	TEORIJSKI DIO	3
2.1.	POREMEĆAJI POVEZANI S GLUTENOM.....	4
2.2.	BRAŠNA BEZ GLUTENA	5
2.3.	ALTERNATIVNI PROTEINI KAO ZAMJENA ZA GLUTEN	6
2.4.	RAZVOJ PREHRAMBENIH PROIZVODA ZA POSEBNE PREHRAMBENE NAVIKE	8
2.5.	PROIZVODNJA KREKERA	9
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	11
3.1.	ZADATAK.....	12
3.2.	MATERIJALI	12
3.3.	METODE.....	12
3.3.1.	Laboratorijsko pečenje kreker bez glutena	12
3.3.2.	Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava kreker bez glutena	15
3.3.3.	Određivanje senzorskih svojstava	16
3.3.4.	Statistička obrada podataka	17
4.	REZULTATI.....	18
4.1.	REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA KREKERA BEZ GLUTENA ..	19
4.2.	BOJA KREKERA BEZ GLUTENA.....	22
4.3.	SENZORSKA SVOJSTVA KREKERA BEZ GLUTENA.....	24
5.	RASPRAVA.....	28
6.	ZAKLJUČCI	32
7.	LITERATURA	34

1. UVOD

Žitarice predstavljaju jednu od najvažnijih sirovina u cijelome svijetu i vrlo su rasprostranjene i zastupljene u prehrani ljudi diljem svijeta. Oslanjajući se na tu činjenicu postoji veliki izazov zadovoljenja prehrambenih potreba konzumenata hrane dobivene preradom žitarica. Pokraj prehrambenog aspekta postoji i zdravstveni koji igra sve veću ulogu i postaje važan segment odabira sirovina koje se koriste u proizvodnji konačnih proizvoda. Globalno tržište je napravilo zaokret u potražnji specifičnih proizvoda među koje spadaju i proizvodi bez glutena koji su u posljednjim desetljećima doživjeli ekspanziju među širokom populacijom, ne samo među ljudima koji iz zdravstvenog razloga ne mogu konzumirati žitarice koje sadrže gluten. Vođeni tom statistikom brojni proizvođači nastoje implementirati nove sirovinske osnove u već poznate proizvode te na taj način zadovoljiti potrebe potrošača. Jedan od većih izazova je postizanje poželjnih karakteristika proizvoda koji bi bili konkurentni već poznatim i isprobanim recepturama. Ovaj diplomski rad stoga nudi pregled utjecaja različitih vrsta i koncentracija proteinskih preparata na kvalitetu krekeru bez glutena od rižinog brašna. Budući da je tržište proizvodnje krekeru u stalnom porastu od velikog je značaja upoznati nove sirovine i njihov utjecaj na tehnološka svojstva kao i ona najvažnija potrošačima a to su senzorska.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. POREMEĆAJI POVEZANI S GLUTENOM

Jedinstvena svojstva pšeničnog brašna potječu prvenstveno od njegovog glutenskog dijela, koji ima izvanredna svojstva formiranja mreže. To je ključno za proizvode kao što su kruh, peciva i tjestenina, koji zahtijevaju kohezivno tijesto tijekom proizvodnje. Gluten je poznat po svojstvu viskoelastičnosti u tijestu jer pomaže u njegovu dizanju i stvaranju porozne strukture kruha. No, gluten može izazvati alergijske reakcije ili autoimune bolesti poput celijakije jer sadrži tvari poput prolina i glutamina koje potiču imunološki odgovor budući da prolaze kroz epitelnu barijeru. Stoga, osobe koje izbjegavaju gluten moraju paziti na mnogo proizvoda koji ga sadrže kao funkcionalni sastojak, a ne samo na hranu od žitarica (Ronie i sur., 2021).

Najpoznatiji poremećaj povezan s glutenom je celijakija. To je kompleksni poremećaj povezan s genetskim faktorima (HLA-DQ2 ili DQ8) te imunološkim i okolišnim čimbenicima. Kod celijakije unos glutena iz hrane uzrokuje trajna oštećenja tankog crijeva, što rezultira smanjenom funkcijom crijeva i simptomima malapsorpcije. Klasični simptomi poput proljeva više nisu dominantni, a netipični simptomi postaju češći. Osobe s celijakijom mogu se podijeliti u dvije grupe: sa simptomatskim i asimptomatskim oblikom bolesti. Asimptomatska celijakija se dijagnosticira na temelju promjena u crijevnoj sluznici, iako nema prisutnih simptoma.

Osim celijakije, relativno česta je i alergija na pšenicu. Pšenica je čest alergen, a alergija na pšenicu predstavlja neželjeni imunološki odgovor na njezine proteine pšenice koji mogu uzrokovati respiratorne ili gastrointestinalne simptome, pa čak i sistemske reakcije. Incidencija alergije na pšenicu varira između 0,4% i 9%. Važno je napomenuti da se alergija na pšenicu razlikuje od celijakije, jer kod alergije dolazi do alergijske reakcije na proteine pšenice, dok je celijakija autoimuna bolest koja se odnosi na gluten. Alergijske reakcije na pšenicu mogu uključivati brze i naknadne reakcije. Brze reakcije odmah nakon unosa pšenice, uključujući simptome poput urtikarije, otoka (angioedema), teškoća u disanju, mučnine, bolova u trbuhu i, u nekim slučajevima, anafilaktičkog šoka, što je ozbiljna, životno ugrožavajuća reakcija. Naknadne reakcije koje se pojavljuju više od 24 sata nakon unosa alergena iz pšenice mogu uključivati probavne smetnje i promjene na koži. Liječenje alergije na pšenicu obično uključuje izbjegavanje pšenice u prehrani kako bi se spriječile alergijske reakcije (El Khoury i sur. 2018).

Nedavno je postalo jasno da postoje ljudi koji reagiraju na unos glutena u hranu, iako nemaju dokazane alergijske ili autoimune reakcije. Ovo stanje se općenito naziva necelijakična nealergijska osjetljivost na gluten ili jednostavno osjetljivost na gluten, i razlikuje se od

celijakije i alergije na pšenicu. Incidencija ovog stanja u općoj populaciji kreće se između 0,63% i 6%. Simptomi ovog oblika intolerancije na gluten mogu podsjećati na celijakiju ili alergiju na pšenicu, uključujući probavne smetnje poput proljeva, bolova u trbuhu i nadutosti, kao i druge simptome poput slabosti i glavobolja. Simptomi se obično javljaju nakon unosa hrane koja sadrži gluten i poboljšavaju se kada se uvede bezglutenska dijeta. Ne postoje specifični testovi za dijagnozu intolerancije na gluten, i dijagnoza se često postavlja putem dvostruko slijepih testova s placebom ili glutenom, nakon što su isključene moguće dijagnoze celijakije i alergije na pšenicu (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019).

2.2. BRAŠNA BEZ GLUTENA

Pekarski proizvodi bez glutena proizvode se koristeći brašna koja ne sadrže gluten, poput brašna riže, kukuruza, heljde i brašna različitih mahunarki i pseudožitarica. Za razliku od pšeničnog brašna, ona ne sadrže glutenin i glijadin, dva ključna proteina glutena koji su odgovorni za viskoznost, elastičnost, kohezivnost te apsorpciju vode u pekarskim proizvodima. Zbog toga se brašna bez glutena često se formuliraju s različitim funkcionalnim škrobovima i probavljaju se drugačije što može dovesti do bržeg povećanja glikemijskog indeksa. Kako bi se to ublažilo, mogu se koristiti različiti sastojci i aditivi koji bi optimizirali glikemijski indeks (GI) (Arendt i Dal Bello, 2008).

Za proizvodnju pekarskih proizvoda bez glutena najčešće se koristi rižino brašno. U riži su ugljikohidrati najzastupljenija komponenta s udjelom škroba približno oko 80%. Rižin škrob, kao i drugi škrobovi, sastoji se od amiloze i amilopektina u različitim omjerima ovisno o sorti riže. Oljuštena riža ima visok udio škroba budući da se udio škroba u zrnu povećava od površine prema središtu. Proteini su sljedeća komponenta koje ima najviše u oljuštenoj riži, a koncentracija im opada od površine prema središtu zrna. U odnosu s drugim žitaricama jedinstven je omjer albumina, globulina, prolamina i glutelina, a slično kao i kod drugih žitarica rižini proteini su siromašni aminokiselinom lizinom. Iako je rižino brašno zbog svoje bijele boje, neutralnog okusa, probavljivosti hipoalergenih svojstava, niskog udjela proteina i natrija najprikladnije za proizvodnju proizvoda bez glutena, rižini proteini imaju relativno loša funkcionalna svojstva u odnosu na druge proteinske izvore biljnog podrijetla. Njihova karakteristika je da su izuzetno netopljivi zbog svoje hidrofobne prirode i ne mogu zadržavati ugljikov dioksid tijekom fermentacije budući da nizak udio prolamina u rižinom brašnu

sprječava formiranje proteinske mreže kada se rižino brašno mijesi s vodom (Zhou i sur., 2014). Osim rižinog, u proizvodnji bezglutenskih proizvoda dosta je zastupljeno i kukuruzno brašno. Kukuruzno brašno je sastavljeno od endosperma koji sadrži između 75% i 87% škroba i 6-8% proteina (Gallagher, 2009). Nešto rjeđe, zbog rizika kroskontaminacije, koristi se i zobeno brašno. Zob predstavlja važan izvor proteina, lipida, vitamina, minerala i vlakana te se konzumacija iste smatra sigurnom za pacijente oboljele od celijakije (Di Cairano i sur., 2018). U posljednje vrijeme, u recepturama za proizvodnju pekarskih proizvoda bez glutena, sve se češće koristi heljdino brašno. Heljdino brašno, osim što se odlikuje jedinstvenom koncentracijom fitokemikalija, posebno rutinom, može sadržavati antioksidacijsku aktivnost i nakon termičke obrade. Istraživanja su pokazala da, u odnosu na rižino brašno, heljdino brašno ima visoku dostupnost minerala, antioksidacijski potencijal, veću razinu fenola te povećan sadržaj rutina (Di Cairano i sur., 2018).

2.3. ALTERNATIVNI PROTEINI KAO ZAMJENA ZA GLUTEN

Proteini su esencijalni u zdravoj ljudskoj prehrani, a budući da ljudsko tijelo ne može sintetizirati 9 od 20 aminokiselina koje su gradivni element proteina, kao i drugih metabolita u ljudskom tijelu nužno ih je unositi prehranom. Otprilike 10-20% dnevno potrebne energije dolazi od proteina. Budući da oko 25% dnevnog unosa proteina dolazi od žitarica ne iznenađuje podatak kako je deficit u unosu proteina zamijećen kod pacijenata s celijakijom, posebice u razvijenim zemljama (Stantiall i sur., 2017)

Gluten je protein i razmatranje alternativnih proteina je logičan pristup u izradi bezglutenskih proizvoda. Alternativni proteini, poput onih iz leguminoza, jaja, mlijeka i žitarica bez glutena, često imaju bolji profil esencijalnih aminokiselina od glutena, što ih čini boljim izborom s nutritivnog aspekta. Osim toga, ovi proteini poboljšavaju senzorska svojstva proizvoda jer sudjeluju u Maillardovim reakcijama koje utječu na svojstva boje i okusa. (El Khoury i sur., 2018.)

Bezglutenski proteinski izvori:

- izolat sojinog proteina
- izolat proteina graška

- izolat mliječnog proteina
- izolat proteina riže
- protein sirutke
- protein iz bjelanjka jajeta
- zein
- kazein
- albumin
- kafirin
- karubin
- unicelularni protein (kvasac) (Deora i sur., 2014)

Proteini bjelanjka jaja (albumen)

Proteini bjelanjka jaja široko se koriste u proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda zbog svojih funkcionalnih svojstava. Njihova funkcionalnost u prehrambenoj industriji povezana je s promjenama u molekularnoj strukturi koje se događaju tijekom procesiranja. Svaki proces ima različit utjecaj na molekularnu strukturu ovih proteina, što rezultira različitim funkcionalnim svojstvima (Campbell i sur., 2003). Visoka funkcionalnost ovog sastojka je posljedica njegovih svojstava stabilizacije pjene, koja igraju ključnu ulogu u zadržavanju plina i stabilizaciji strukture tijesta. Albumini imaju male molekulske mase i sposobnost apsorpcije ugljikovog dioksida zbog prisutnosti kiselih aminokiselina i slobodnih sulfhidrilnih (tiolnih S-H) grupa. Ovo potiče stvaranje pjene, postavljanje tijesta i prijanjanje (Ziobro i sur., 2016).

Proteini sirutke

Proteini sirutke su globularni proteini topljivi u mlijeku koji čine oko 20% ukupnih proteina u mlijeku. Koriste se kao prirodni dodaci hrani za zgušnjavanje, slično hidrokolidima i škrobu. Koncentrati proteina sirutke koriste se za poboljšanje teksture smrznutih proizvoda od tijesta. Dodatak proteina sirutke može povećati rastezljivost tijesta i smanjiti njegovu ljepljivost. Osim što poboljšavaju nutritivnu vrijednost proizvoda, proteini sirutke pokazuju velik potencijal u razvoju proizvoda bez glutena. Međutim, korištenje proteina sirutke može biti ograničeno

činjenicom da celijakija može biti praćena intolerancijom na laktozu, kao i time da mliječni proteini mogu biti alergeni (Ziobro i sur. 2016).

Rižin protein

Proteini čine otprilike 8% sastava riže. Rižini proteini su posebno vrijedni zbog svojih jedinstvenih svojstava, kao što je hipoalergenost, te visoka nutritivna vrijednosti. Posebno su bogati esencijalnom aminokiselinom lizinom u usporedbi s drugim proteinima iz žitarica. Ova svojstva čine rižine izolate proteina konkurentnim sastojkom u prehrambenoj industriji. No, ključno je postići učinkovite metode ekstrakcije za komercijalnu proizvodnju rižinih proteina. Rižini proteini sastoje se od četiri komponente koje se razlikuju po svojoj sposobnosti otapanja u različitim otapalima: albumin (topljiv u vodi), globulin (topljiv u otopinama soli), glutelin (topljiv u alkalnim otopinama) i prolamin (topljiv u alkoholu). Najzastupljeniji su globulin (oko 12%) i glutelin (oko 80%), dok albumin čini otprilike 5%, a prolamin oko 3% ukupnog sastava (Ju i sur., 2001).

2.4. RAZVOJ PREHRAMBENIH PROIZVODA ZA POSEBNE PREHRAMBENE NAVIKE

Većina prehrambenih poduzeća provodi vlastiti proces razvoja proizvoda, obično kao dio inovacijskog procesa. Proces razvoja proizvoda često se sastoji od tri faze: konceptualizacija na početnoj razini, pilot proizvodnja te proizvodnja u punom opsegu. Politike i postupci u ovom kontekstu moraju uzeti u obzir specifične prehrambene potrebe ciljane skupine potrošača. Na primjer, dokumentacija o razvoju proizvoda trebala bi jasno definirati koje prehrambene potrebe se adresiraju, kao i koje sastojke treba uključiti ili isključiti s obzirom na ciljanu skupinu potrošača (Morley, 2016).

Morley (2016) ističe da početna faza razvoja proizvoda, iako ključna, nosi određene rizike. Naime, postoji mogućnost kontaminacije zbog upotrebe neadekvatno čišćene opreme, uključujući i onu iz domaćinstva, koju osoblje izvan razvojnog tima može koristiti za različite svrhe. To može rezultirati kontaminacijom proizvoda, što je posebno problematično u kontekstu proizvoda bez glutena namijenjenih osobama s celijakijom.

U skladu s regulativom Europske unije, prehrambene tvrdnje temelje se na hranjivim svojstvima hrane, uključujući i energijsku vrijednost te prisutnost ili odsutnost određenih hranjivih tvari. Zdravstvene tvrdnje, s druge strane, odnose se na učinak hrane, kategorije

hrane ili sastojke hrane na zdravlje ljudi. Unutar EU, regulativa koja uređuje deklaraciju prehrambenih proizvoda, kako bi se spriječila obmana potrošača i potencijalni zdravstveni rizici, uključuje Uredbu (EZ) 1924/2006 i Uredbu (EZ) 1925/2006. Temelji se na načelu da tvrdnje moraju biti točne, jasne i neobmanjujuće te se zdravstvene tvrdnje moraju podupirati općeprihvaćenim znanstvenim dokazima.

Hrana za posebne prehrambene potrebe, koja se stavlja na tržište Republike Hrvatske, mora zadovoljiti uvjete propisane od strane EU. Ova hrana može biti kategorizirana kao početna hrana za dojenčad, prerađena hrana na bazi žitarica i hrana za djecu, hrana bez glutena, hrana za osobe s poremećajem metabolizma ugljikohidrata (poput dijabetesa), hrana s niskom energetsom vrijednošću za smanjenje tjelesne mase, hrana za sportaše te hrana za posebne medicinske potrebe (NN 39/2013).

Važan aspekt u razvoju svih prehrambenih proizvoda, pa tako i proizvoda bez glutena, je provođenje analiza koje zadovoljavaju zahtjeve potrošača, deklarirane zdravstvene tvrdnje te deklaraciju proizvoda. Osim fizičkih, kemijskih i mikrobioloških analiza, potrebno je ocijeniti i senzorska svojstva proizvoda, koja bi trebala biti jednaka ili poželjnija od standardnih proizvoda na tržištu. Određivanje roka trajanja uključuje procjenu fizičkih, mikrobioloških i kemijskih promjena koje se mogu dogoditi tijekom skladištenja, kao i uvjeta skladištenja (Morley, 2016).

2.5. PROIZVODNJA KREKERA

Prema istraživanju tržišta, globalno tržište krekerima pokazalo je kontinuirani rast, dosegnuvši vrijednost od 22,5 milijarde američkih dolara u 2022. godini. Taj impresivan rast rezultat je promjenjivih prehrambenih navika potrošača diljem svijeta. Suvremeni način života potiče traženje praktičnih i brzih grickalica, a krekeri su upravo to - jednostavna, lagana i ukusna opcija za zadovoljenje trenutnih potreba. Osim toga, krekere je moguće koristiti na raznolike načine u kulinarstvu, od jednostavnih sendviča do složenijih jela, što dodatno potiče potražnju za ovim proizvodom (Research and Market, 2023).

Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica (NN 101/2022), krekeri se ubrajaju u skupinu finih pekarskih i srodnih proizvoda te moraju imati najmanje 10% masti ili ulja, računajući na ukupnu masu gotovog proizvoda, te najviše 5% vode.

Krekeri pripadaju kategoriji tankih, hrskavih i suhih proizvoda od tijesta s niskim udjelom vlage od 2-3%, što rezultira karakterističnim hrskavim zvukom prilikom konzumacije. Oni se mogu proizvoditi od fermentiranog ili nefermentiranog tijesta. Postoje tri osnovne vrste krekeri: slani fermentirani i nefermentirani te "snack" krekeri (kemijski dizani). Slani krekeri se fermentiraju tijekom razdoblja do 19 sati, što omogućava rast kvasaca i korisnih bakterija koje utječu na konzistenciju tijesta. Nakon fermentacije tijesto se miješa s drugim sastojcima te se dodaje natrijev hidrogen karbonat kako bi se kiselost vratila na pH 7.0. Kemijski dizani krekeri nisu fermentirani, ali se dižu i rahle kemijskim agensima, a konačni pH im je oko 6.5. Nakon miješenja i odležavanja 2-3 sata laminiraju se, izrezuju i bockaju kako bi se slojevi ne bi razdvajali, isto kao i fermentirani krekeri. Snack krekeri, također poznati kao slani krekeri s dodatkom okusa, široko su prihvaćeni, a tvari koje utječu na okus dodaju se izravno u tijesto ili se raspršuju po površini nakon pečenja (Lai i Lin, 2006; Miller, 2016).

Krekeri su uglavnom laminirani proizvodi koji zahtijevaju upotrebu dviju vrsta masti kako bi se postigla karakteristična struktura i tekstura. Osnovno tijesto obogaćuje se mastima koje poboljšavaju lubrikantna svojstva tijesta i pružaju osnovni okus, dok se u drugo tijesto, tzv. "masno tijesto", dodaju masti koje stvaraju laganu teksturu i omogućuju razdvajanje slojeva. Laminirani proizvodi imaju visok udio masti, obično između 10% i 40%. Ključno je da tijesto ostane kompaktno tijekom postupka laminiranja kako bi se spriječilo upijanje "masnog tijesta" u osnovno tijesto, čime bi se izgubila svojstva koja proizlaze iz laminacije (Lai i Lin, 2006).

Sva pravila za proizvodnju krekeri od pšeničnog brašna vrijede i za proizvodnju krekeri bez glutena uz razliku što se u recepturu bezglutenskih krekeri uključuje dodatak različitih hidrokoloida, poput guar gume ili ksantana, te dodatak različitih proteinskih preparata (proteini sirutke, bjelanjka i sl.) kako bi se nadomjestio gluten.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj dodatka različitih udjela koncentrata proteina sirutke, proteina bjelanjka jajeta i proteina riže na kvalitetu krekeri bez glutena.

3.2. MATERIJALI

Za proizvodnju krekeri bez glutena su korišteni:

- rižino brašno Nutrigold (Galleria Internazionale d.o.o., Zagreb, Hrvatska)
- koncentrat proteina sirutke WPC 80 (SFD Nutrition, Opole, Poljska),
- koncentrat rižinog proteina (GymBeam, Berlin-Gartenfeld, Njemačka),
- koncentrat proteina bjelanjka jajeta (GymBeam, Berlin-Gartenfeld, Njemačka),
- ksantan guma (Doves Farm Foods Ltd., Berkshire, UK),
- margarin (Zvijezda plus d.o.o., Zagreb, Hrvatska),
- prašak za pecivo (Dr. August Oetker KG, Bielfeld, Njemačka),
- šećer kristal (saharoza),
- kuhinjska sol.

3.3. METODE

3.3.1. Laboratorijsko pečenje krekeri bez glutena

Količine sirovina potrebnih za zamjes tijesta za proizvodnju krekeri bez glutena prikazane su u **Tablici 1**. Za sva probna pečenja korištena je ista receptura, a jedine promjenjive varijable bile su vrsta proteinskog koncentrata te omjer rižinog brašna i koncentrata proteina.

Tijesto je pripremano u dvije faze. Prvo se radio zamjes osnovnog tijesta gdje su se sirovine dodavale točno određenim redoslijedom u električnu mjesilicu MMC700W (Gorenje doo, Velenje, Slovenija). Nakon što su se margarin, sol i šećer miješali oko 30 sekundi dodavali su se rižino brašno, prašak za pecivo, koncentrat proteina i ksantan guma. Tijesto se zatim mijesilo na višoj brzini 60 sekundi. Na kraju se dodavala voda, a tijesto se još dodatno ručno oblikovalo. Zamjes masnog tijesta odvijalo se tako da su se u električnoj mjesilici prvo dodavali odvagani margarin, sol i prašak za pecivo, a potom nakon 30 sekundi miješanja i koncentrat proteina i brašno. Svi sastojci su se miješali još 2 minute, a svakih 30 sekundi se mjesilica zaustavljala kako bi se sa stjenki skinulo zalijepljeno tijesto. Nakon završetka miješanja tijesto

se ručno premijesilo i stavljalo u hladnjak na desetak minuta kako bi bilo što kompaktnije za postupak laminiranja. Osnovno i masno tijesto su se nakon hlađenja stanjila valjkom, međusobno preklapila te propuštala kroz laminator LMP500 (Electrolux, Štokholm, Švedska).



Slika 1 Uređaj za laminiranje













Na uređaju za laminiranje (**Slika 1**) tijesto je postupno stanjivano do broja 7 nakon čega se 3 puta preklapalo te se postupak stanjivanja ponavljao 3 puta. Nakon toga tijesto je dodatno stanjeno do broja 5 te su se oblikovali krekeri. Iz stanjene tjestene trake ručnim sjekačem izrezivani su okrugli oblici promjera 3 cm, a tijesto se još izbadalo kako bi krekeri tijekom pečenja zadržali pravilan oblik (**Slika 2**). Pečenje se provodilo tijekom 6 minuta pri 190 °C u peći Minimat Zibo (Wiesheu GmbH, Njemačka).



Slika 2 Postupak bušenja krekeri prije pečenja

Tablica 1 Receptura za proizvodnju krekeru bez glutena

Sastojci	Osnovno tijesto (g)				Masno tijesto (g)			
	100	90	80	70	25	22,5	20	17,5
Rižino brašno	100	90	80	70	25	22,5	20	17,5
Koncentrat proteina	0	10	20	30	0	2,5	5	7,5
Ksantan guma		3				-		
Margarin		15				15		
Šećer		1,25				-		
Sol		1				2		
Prašak za pecivo		1,87				1,87		
Voda		65				-		

Vrsta proteinskog koncentrata	Udio proteinskog koncentrata			
	0%	10%	20%	30%
Sirutka				
Bjelanjak				
Riža				

Slika 3 Prikaz uzoraka krekeru bez glutena s različitim vrstama proteinskih koncentrata

3.3.2. Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava krekeri bez glutena

Određivanje udjela i aktiviteta vode

Infracrveni uređaj MOC-120H (Shimadzu, Japan) korišten je za određivanje udjela vode dok je aktivitet vode određen uz pomoć uređaja Hygropalm AW1 (Rotronic, New York, SAD).

Određivanje dimenzija

Određivanje dimenzija bezglutenskih krekeri obuhvaćalo je mjerenje promjera i visine pečenih krekeri. Promjer krekeri mjerio se tako da se 6 krekeri poredalo jedan iznad drugoga te se ravnalom izmjerila ukupna širina poredanih krekeri. Kako bi se dobili precizniji rezultati, krekeri su se zarotirali za 90° i mjerenje se ponovilo 4 puta. Visina se mjerila na način da se 6 krekeri posložilo jedan na drugi te se ravnalom mjerila ukupna visina, a nakon ponovnog nasumičnog preslagivanja uzoraka postupak mjerenja se ponavljao (ukupno 4 puta). Dobivene vrijednosti dijelile su se sa 6 kako bi se dobile prosječne vrijednosti promjera i visine pojedinačnog krekeri. Omjer promjera i visine pomnožen s 10 predstavljao je faktor širenja krekeri.

Određivanje boje

Boja uzoraka bezglutenskih krekeri analizirana je korištenjem uređaja kolorimetar Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Japan). Kolorimetar je opremljen mjernom glavom s otvorom promjera 8 mm, što omogućuje precizno fokusiranje na područje interesa na uzorku. Princip mjerenja boje temelji se na analizi komponenata CIE*Lab** prostora boja. U ovom sustavu, boje su opisane korištenjem tri komponente: L^* , a^* i b^* . Komponenta L^* označava svjetlinu boje i mjeri se u rasponu od 0 (za crnu) do 100 (za bijelu). Komponenta a^* opisuje odnos između crvene (pozitivna vrijednost) i zelene boje (negativna vrijednost), dok komponenta b^* prikazuje odnos između žute (pozitivna vrijednost) i plave boje (negativna vrijednost) (Lukinac-Čačić, 2012).

Određivanje teksturalnih svojstava

Za određivanje teksture bezglutenskih krekeri koristio se uređaj TA.XT Plus (Stable Microsystems Ltd., Surrey, Velika Britanija), uz analizu dobivenih podataka pomoću Texture Exponent 32 softvera. Postupak mjerenja sastojao se od fiksiranja uzoraka krekeri na opremu za savijanje, nakon čega su podvrgnuti procesu lomljenja uzoraka i kompresije do trenutka pucanja, uz poštivanje sljedećih parametara:

- brzina prije mjerenja: 3 mm/s
- brzina mjerenja: 1 mm/s
- brzina poslije mjerenja: 10 mm/s
- sila potrebna za početni signal: 50 g
- razmak između dva oslonca: 24 mm

Nakon provedenih mjerenja, iz dobivenih rezultata očitane su čvrstoća (N) i hrskavost krekeri, što se manifestira kao broj pikova na kompresijskoj krivulji.

3.3.3. Određivanje senzorskih svojstava

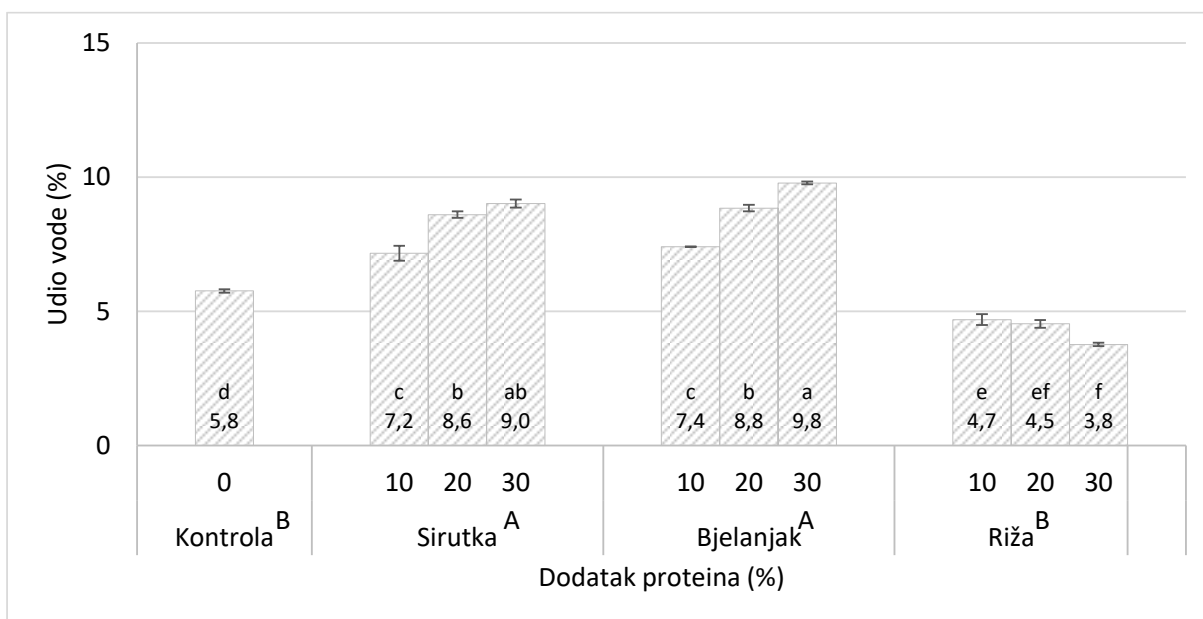
U senzorskom ocjenjivanju uzoraka bezglutenskih krekeri sudjelovalo je devet ocjenjivača. Ocjenjivači su bili studenti i djelatnici Katedre za tehnologije prerade žitarica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, s prethodnim iskustvom u senzorskoj analizi i zadovoljavajući kriterije za uključivanje u ocjenjivanje, uključujući odsustvo zdravstvenih problema kao što su anozmija i daltonizam. Za procjenu senzorskih svojstava primijenjena je hedonistička skala s 9 stupnjeva, gdje je ocjena 1 označavala "izuzetno nepoželjno", dok je ocjena 9 označavala "izuzetno poželjno". Ocjenjivana svojstva obuhvaćala su vanjski izgled, boju, teksturu, miris i okus. Ukupna senzorska ocjena dobivena je računanjem prosječnih ocjena za navedena senzorska svojstva.

3.3.4. Statistička obrada podataka

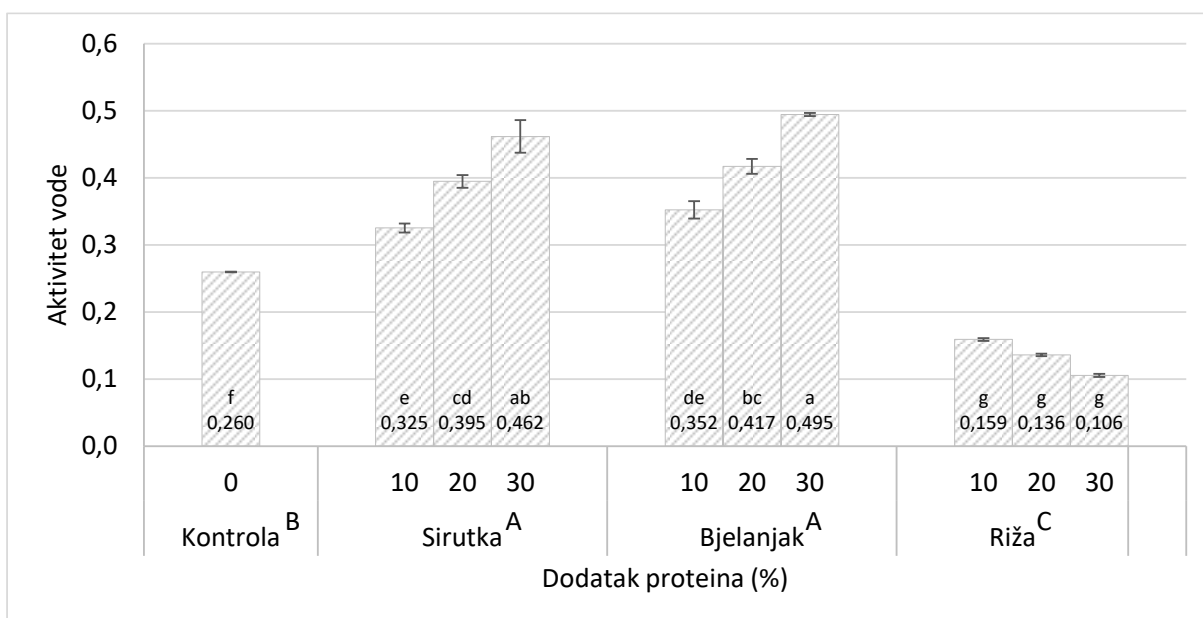
Utjecaj različitih vrsta i količina koncentrata proteina na kvalitativne parametre krekeru bez glutena ispitan je analizom varijance (one-way ANOVA) i Tukeyevim HSD testom upotrebom programa XLSTAT (Addinsoft, New York, NY, USA).

4. REZULTATI

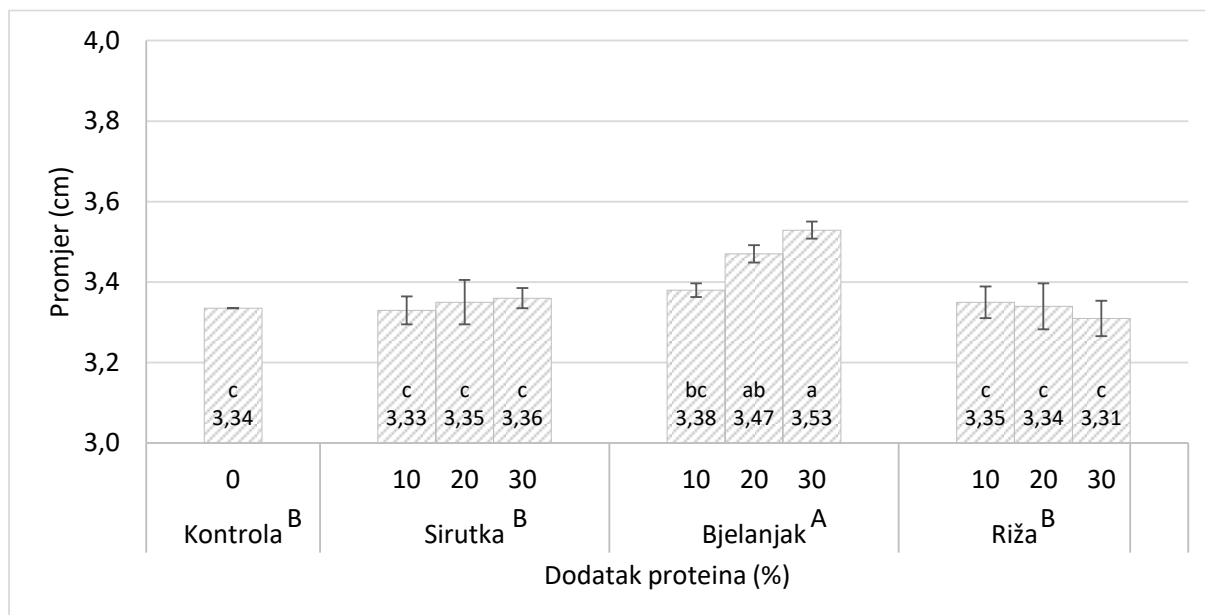
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA KREKERA BEZ GLUTENA



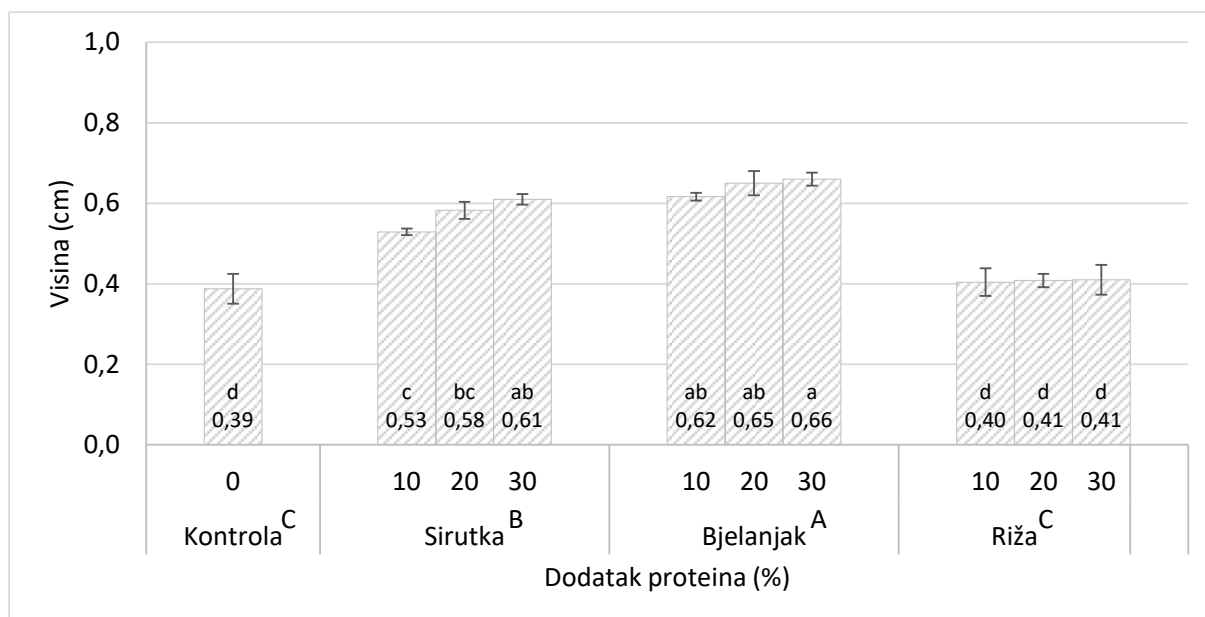
Slika 4 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na udio vode u krekerima bez glutena



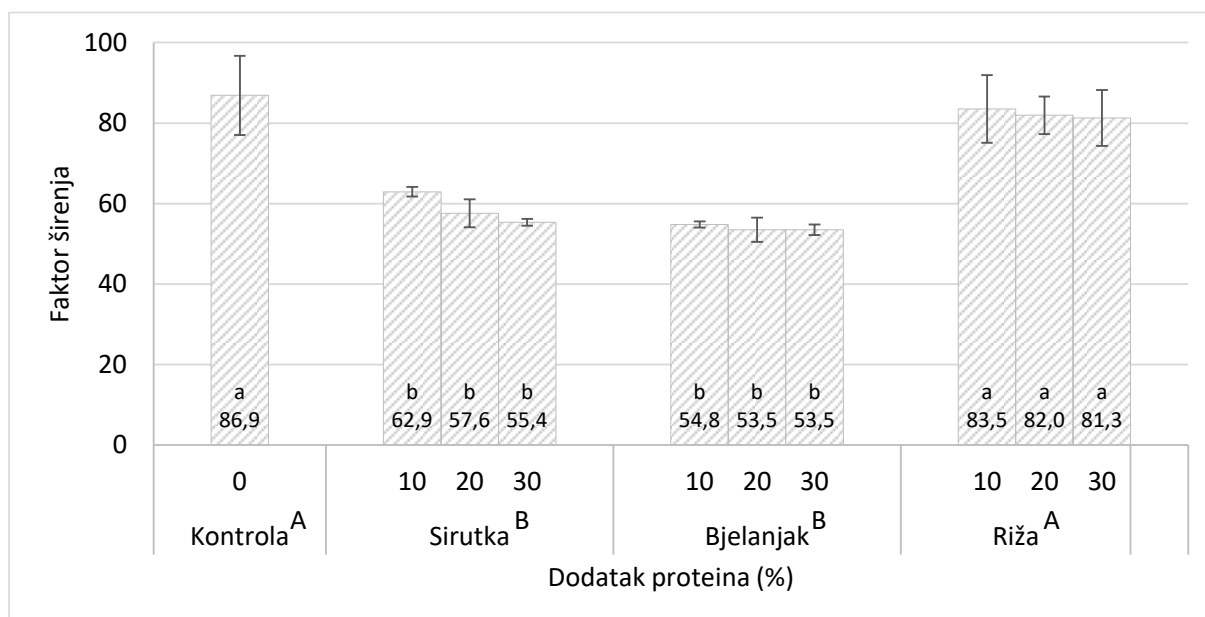
Slika 5 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na aktivitet vode u krekerima bez glutena



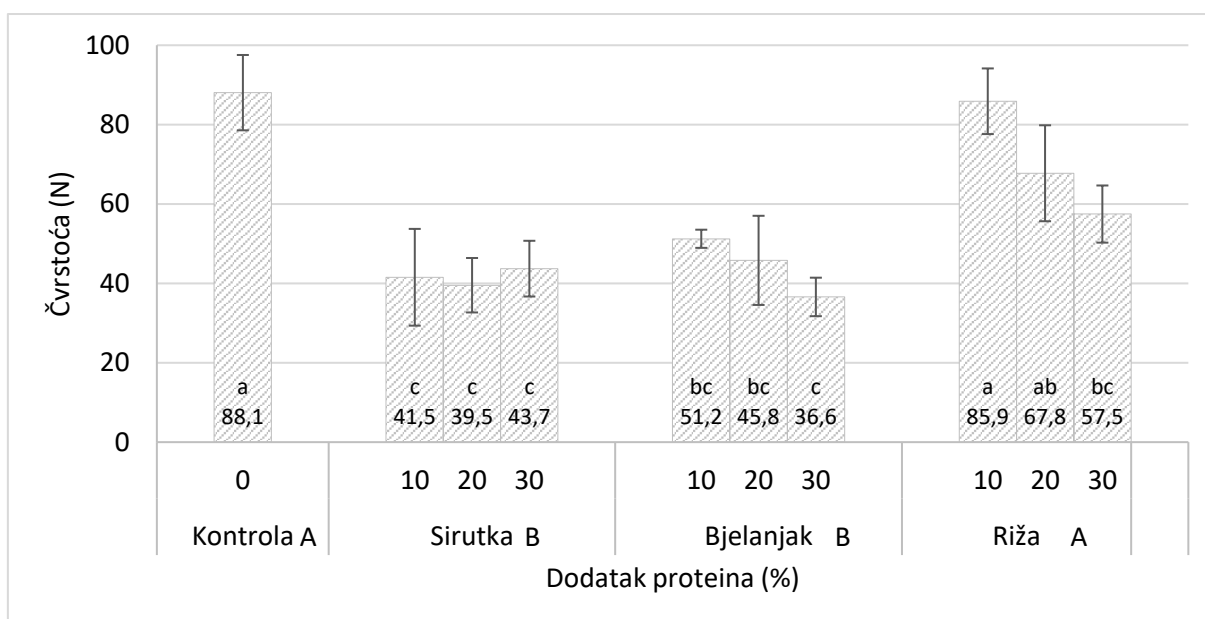
Slika 6 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na promjer krekeri bez glutena



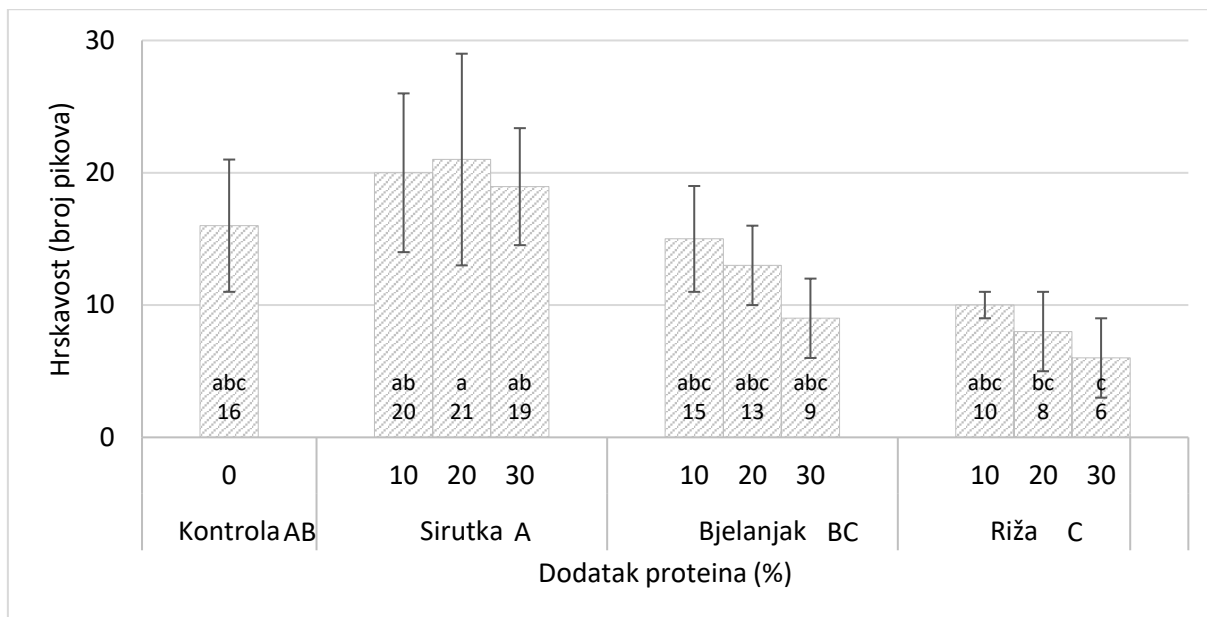
Slika 7 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na visinu krekeri bez glutena



Slika 8 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na faktor širenja kreker bez glutena

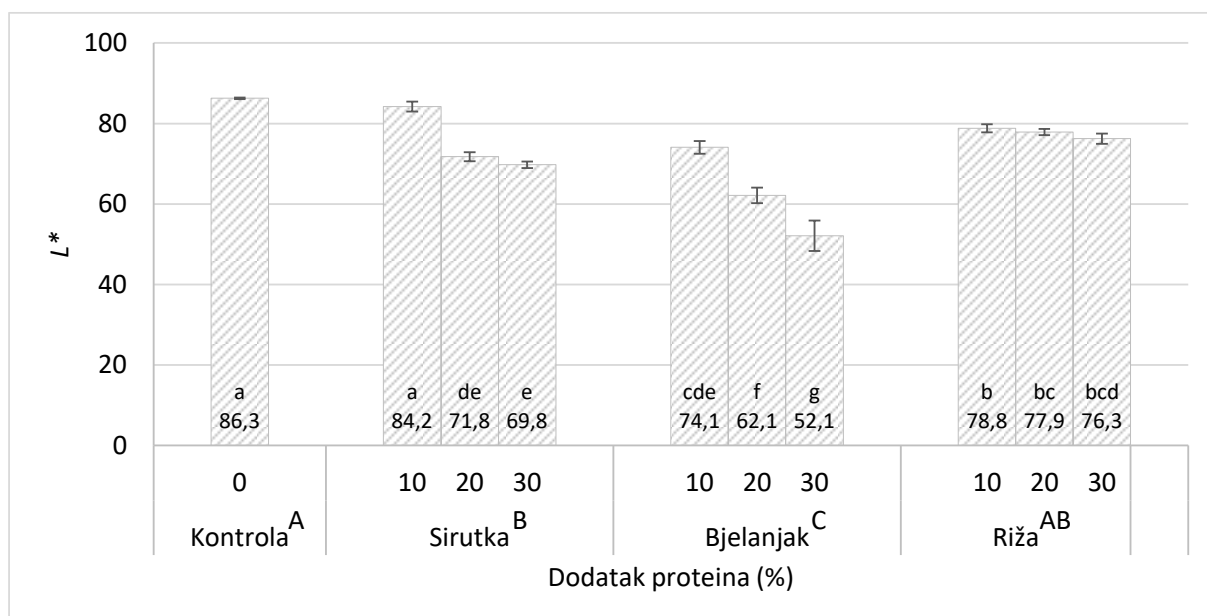


Slika 9 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na čvrstoću kreker bez glutena

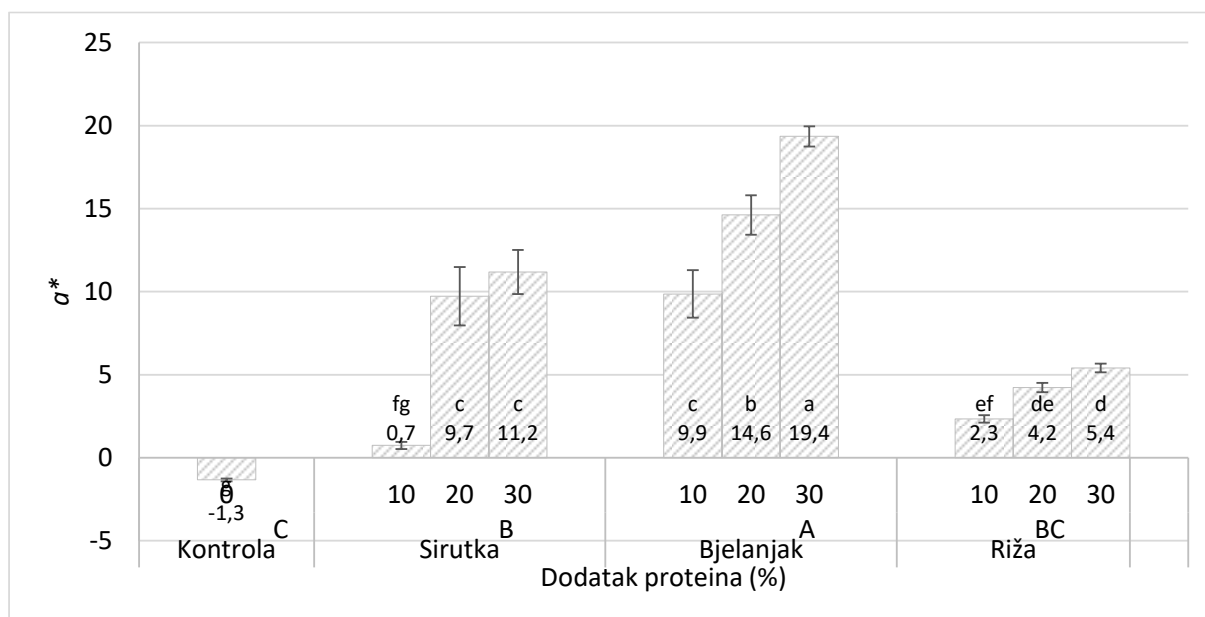


Slika 10 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na hrskavost krekeri bez glutena

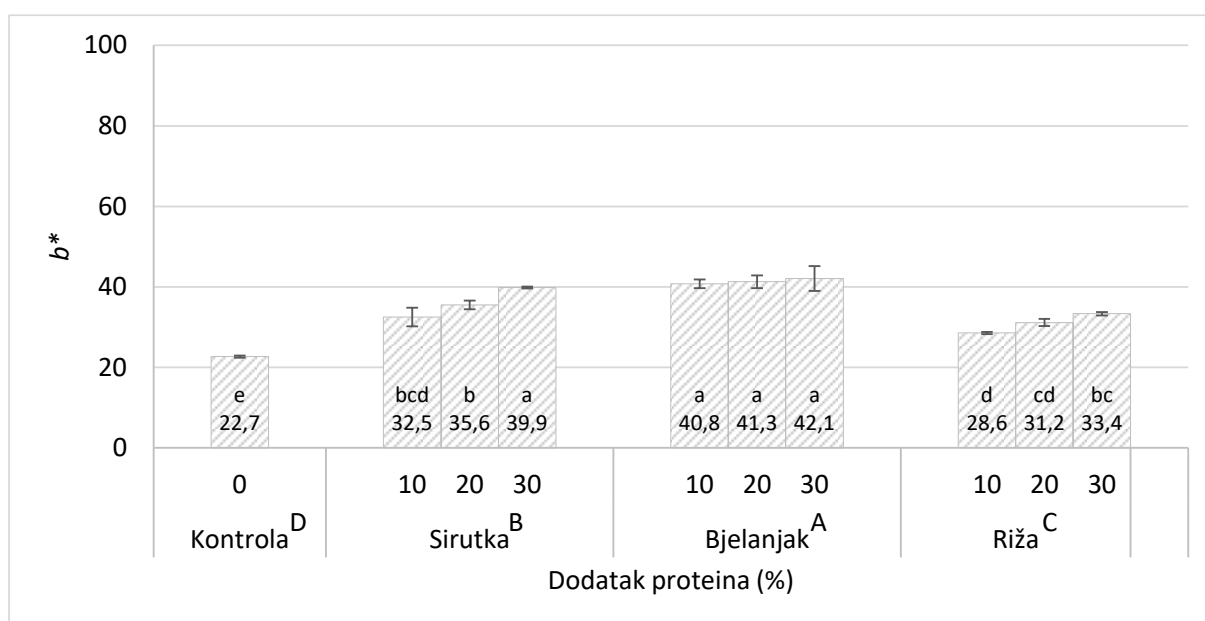
4.2. BOJA KREKERA BEZ GLUTENA



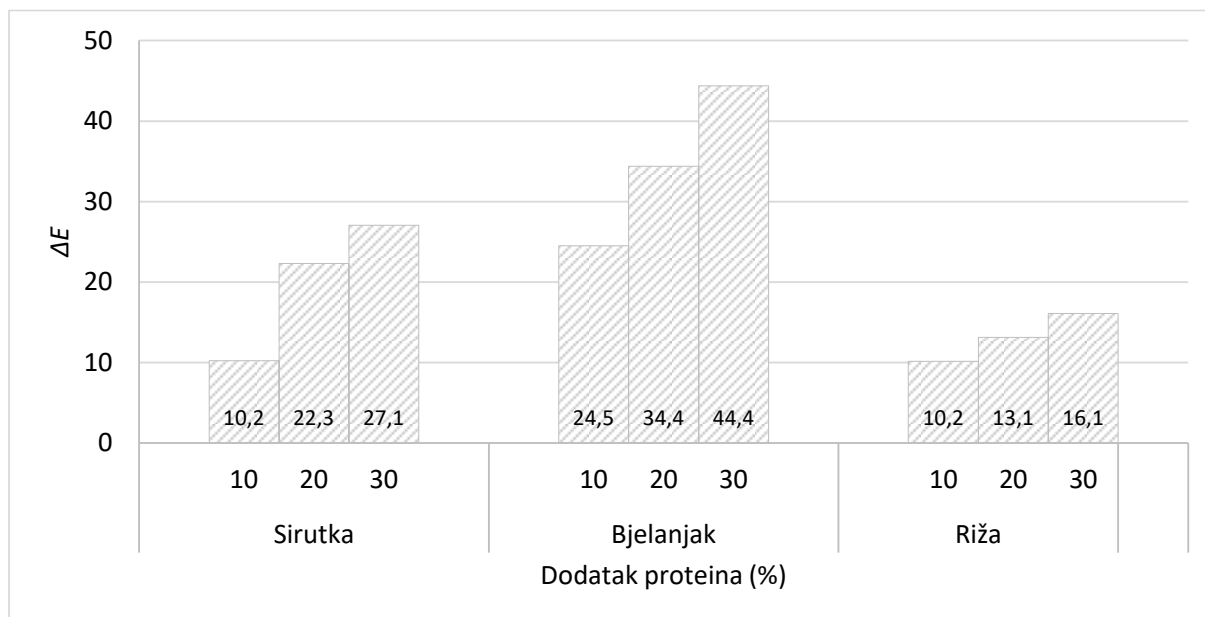
Slika 11 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na svjetlinu (L^*) krekeri bez glutena



Slika 12 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na kromatsku komponentu a^* krekeri bez glutena

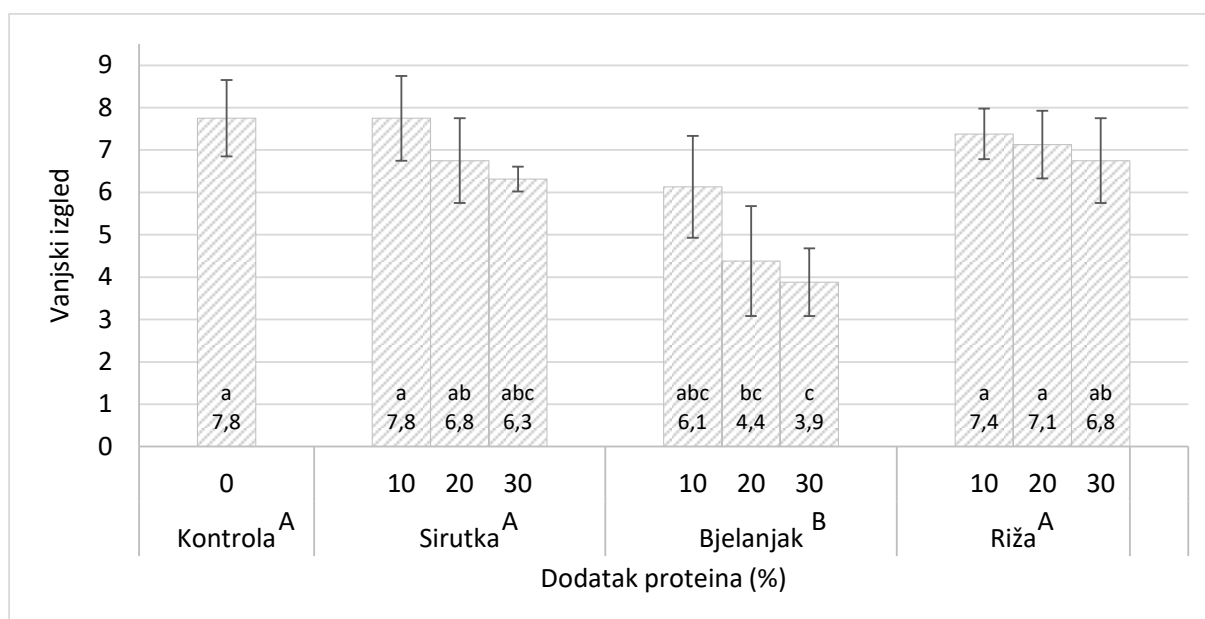


Slika 13 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na kromatsku komponentu b^* krekeri bez glutena

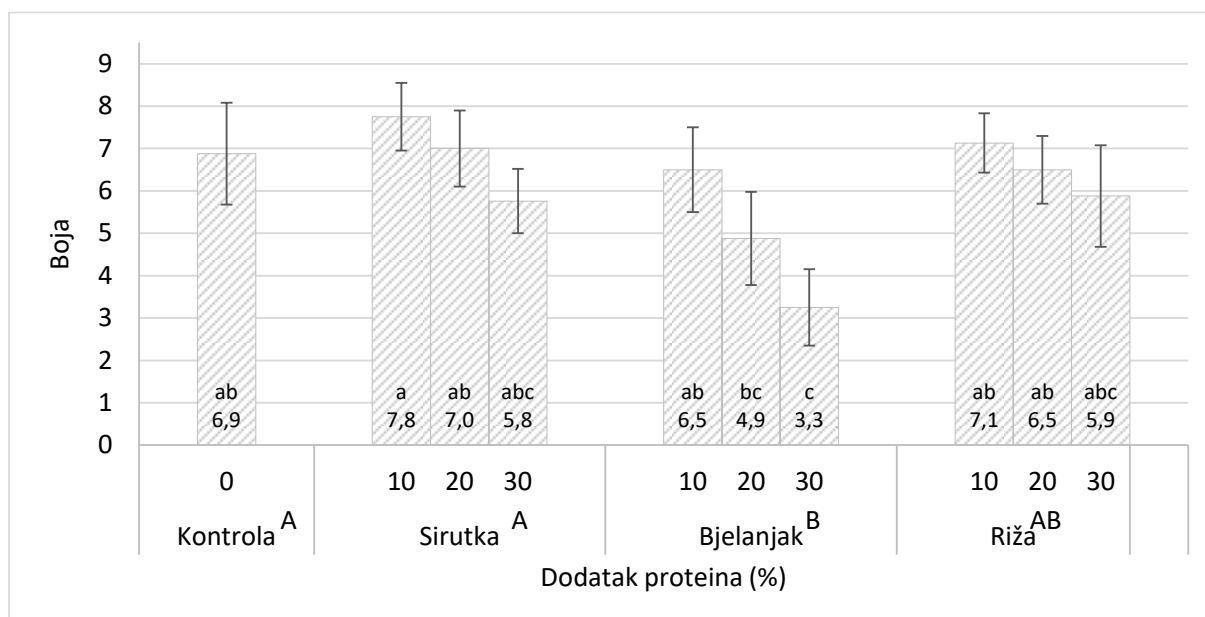


Slika 14 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na ukupnu promjenu boje (ΔE) krekeru bez glutena

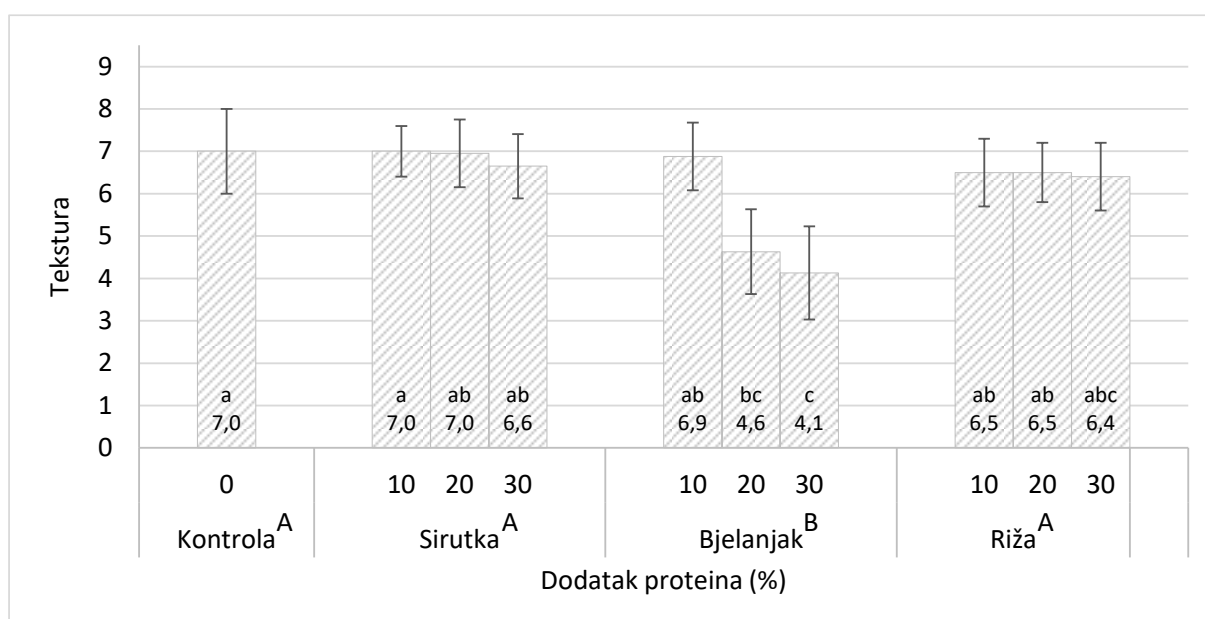
4.3. SENZORSKA SVOJSTVA KREKERA BEZ GLUTENA



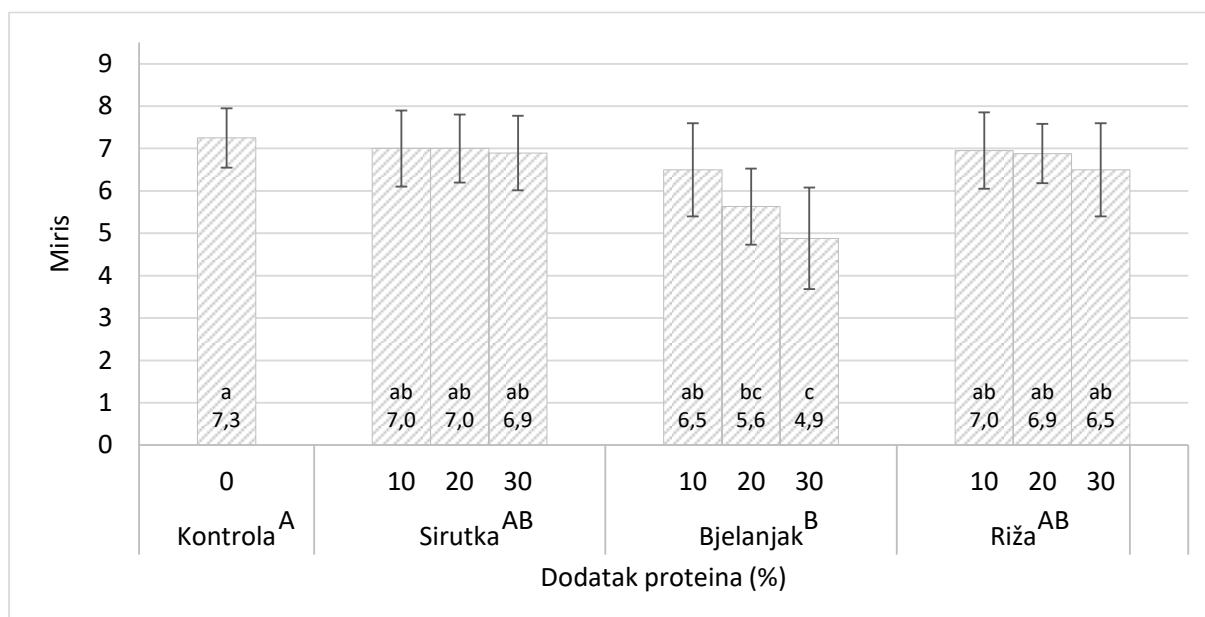
Slika 15 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na senzorsku ocjenu vanjskog izgleda krekeru bez glutena



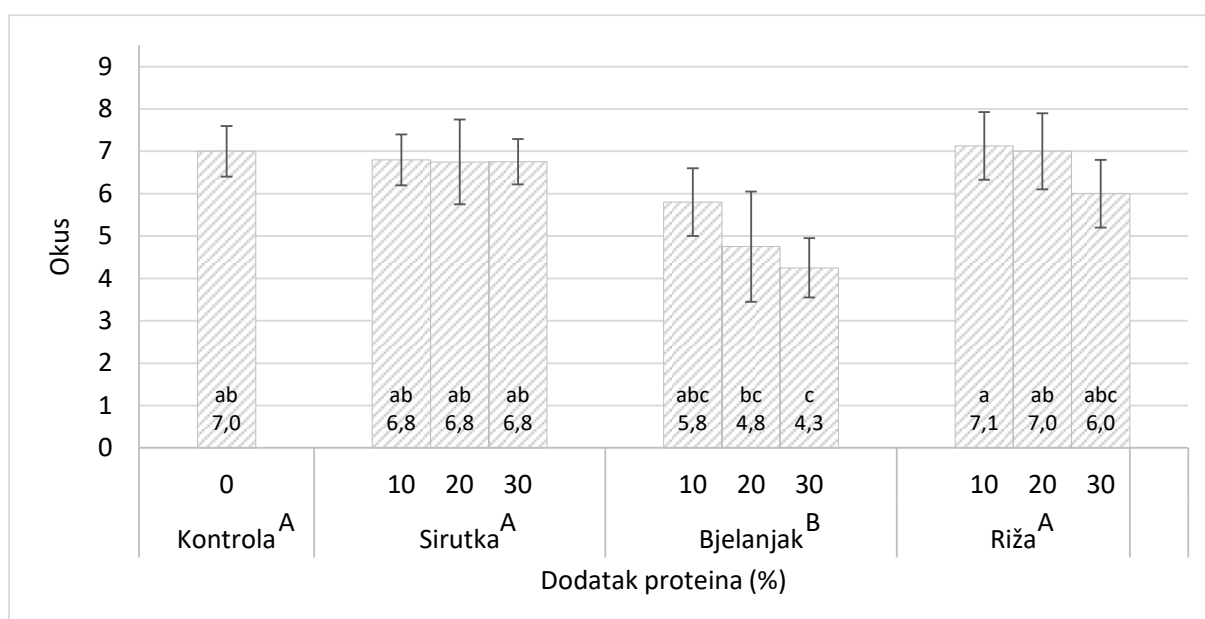
Slika 15 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na senzorsku ocjenu boje krekeri bez glutena



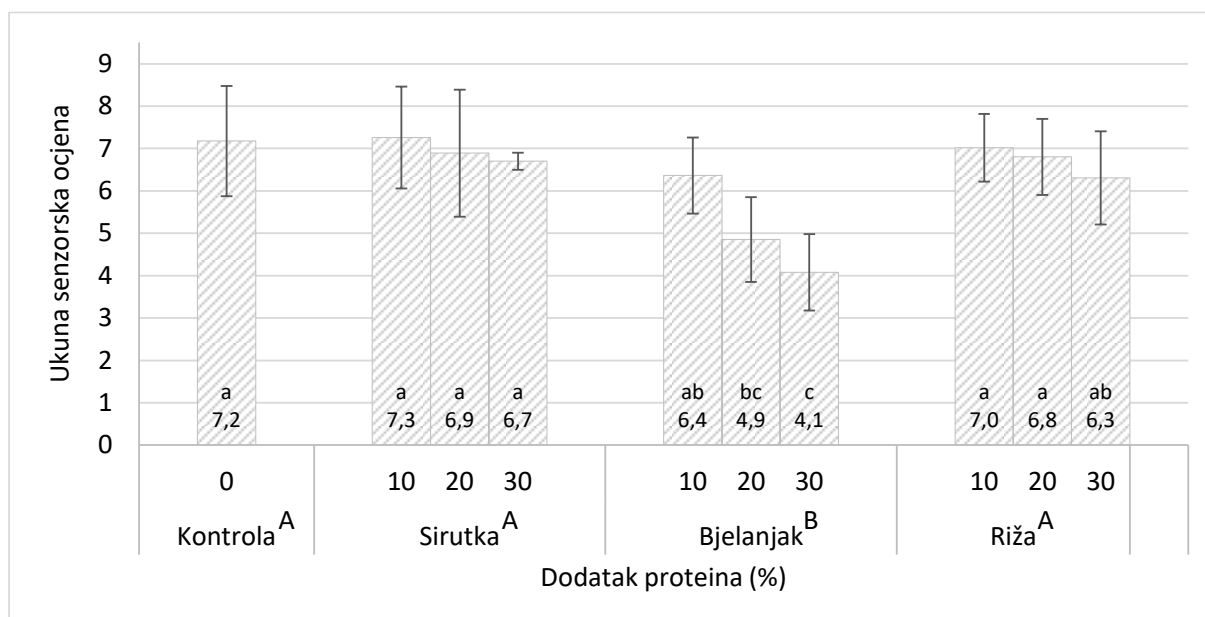
Slika 16 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na senzorsku ocjenu teksture krekeri bez glutena



Slika 17 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na senzorsku ocjenu mirisa krepera bez glutena



Slika 18 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na senzorsku ocjenu okusa krepera bez glutena



Slika 19 Utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na ukupnu senzorsku ocjenu krekeri bez glutena

5. RASPRAVA

Krekeri predstavljaju popularnu kategoriju hrane koja se široko konzumira diljem svijeta. Njihova raznolikost u sastavu i teksturi čini ih omiljenom grickalicom i sastavnim dijelom mnogih prehrambenih navika. U skladu s rastućom potražnjom za bezglutenskim proizvodima, istraživanja koja se bave unaprjeđenjem bezglutenskih krekeri postaju sve važnija u prehrambenoj industriji kako bi se dobio što širi spektar kvalitetnih opcija za potrošače koji su osjetljivi na gluten ili preferiraju bezglutensku prehranu.

U ovom istraživanju analiziran je utjecaj dodatka različitih proteinskih preparata na svojstva bezglutenskih krekeri. Proteinski dodaci kao što su koncentrat proteina sirutke, protein bjelanjka i proteini riže predstavljaju važne sastojke u formulaciji bezglutenskih proizvoda, pružajući ne samo nutricionističku vrijednost već i utječući na njihovu teksturu, boju, okus i senzorska svojstva. Kroz analizu udjela vode, dimenzija, boje i teksture krekeri bez glutena istraživanje je bilo usmjereno na dobivanje dubljeg uvida u način kako različiti koncentracije proteina mogu utjecati na kvalitetu bezglutenskih krekeri. Osim toga, provedena su i senzorska ocjenjivanja kako bi se procijenila percepcija potrošača o kvaliteti i prihvatljivosti bezglutenskih krekeri s različitim proteinskim dodacima.

Rezultati su pokazali da je dodatak proteina sirutke i bjelanjka rezultirao značajnim ($p < 0,05$) povećanjem udjela vode u krekerima bez glutena, dok se dodatkom proteina riže udio vode smanjiva u odnosu na kontrolni uzorak od rižinog brašna, ali to smanjenje nije bilo statistički značajno (**Slika 4**). Analogno udjelu vode utvrđen je i porast aktiviteta vode u uzorcima s dodatkom proteina sirutke i bjelanjka. Proteini riže uzrokovali su statistički značajno smanjenje aktiviteta vode (**Slika 5**). Povećana hidratacijska svojstva proteina bjelanjka i sirutke također su utvrdili Mancebo i sur. (2016) u svom istraživanju utjecaja dodatka proteinskih koncentrata na kvalitetu čajnih peciva. Smanjenje udjela i aktiviteta vode dodatkom proteina riže može se pripisati niskom sadržaju prolaminske frakcije (Zhou i sur., 2014).

Promjer krekeri nije značajno varirao dodatkom proteina sirutke i riže dok su proteini bjelanjka imali statistički značajan ($p < 0,05$) utjecaj na njegovo povećanje (**Slika 6**). Visina krekeri bez glutena značajno je rasla dodatkom proteina sirutke i bjelanjka. Najveću visinu (0,66 cm) imao je uzorak krekeri s dodatkom 30% proteina bjelanjka što je gotovo dvostruko više od kontrolnog uzorka (**Slika 7**). Analogno promjenama promjera i visine krekeri utvrđen je i značajan utjecaj dodatka proteina sirutke i bjelanjka na faktor širenja koji je bio značajno manji nego kod kontrolnog uzorka (**Slika 8**). Utjecaj proteina sirutke i bjelanjka na povećanje

dimenzija utvrdili su i Sahagún i Gómez (2018) u svom istraživanju kvalitete čajnog peciva bez glutena, iako je u njihovom radu utjecaj proteina sirutke bio mnogo izraženiji.

Na **Slici 9** prikazan je utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na čvrstoću kreker bez glutena. Čvrstoća kreker značajno se smanjivala dodatkom proteina sirutke i bjelanjka već pri dodatku od 10%, dok je dodatak proteina riže imao značajan utjecaj na smanjenje čvrstoće tek pri dodatku od 30%. Kao jedno od važnih teksturalnih svojstava kreker ispitana je i njihova hrskavost koja je izražena kao broj pikova na kompresijskoj krivulji tijekom lomljenja uzorka na analizatoru teksture (**Slika 10**). Iz rezultata se može zaključiti da su najhrskaviji uzorci bili uzorci kreker bez glutena s dodatkom koncentrata proteina sirutke dok je dodatak proteina riže uzrokovao značajno smanjenje hrskavosti. Proteini bjelanjka također su utjecali na smanjenje hrskavosti kreker, ali taj utjecaj nije bio statistički značajan.

Najznačajniji utjecaj dodatka proteinskih koncentrata uočen je kod promjene boje kreker. Sve vrste proteinskih koncentrata značajno su utjecale na sve parametre boje. Krekeri s dodatkom proteina bili su značajno tamniji (smanjena L^* vrijednost), a tonovi boje su se kretali u smjeru smeđih komponenti (povećanje a^* i b^* vrijednosti). Značajne promjene boje u odnosu na kontrolni uzorak vidljive su i na **Slici 14** koja prikazuje utjecaj vrste i količine dodanog koncentrata proteina na ukupnu promjenu boje (ΔE) kreker bez glutena. Vidljivo je da proteini bjelanjka imaju najveći utjecaj na tamnjenje kreker bez glutena. Ove promjene boje mogu se pripisati intenzivnijim Maillardovim reakcijama tijekom pečenja kreker s dodatkom proteina. Dodavanje proteinskih koncentrata, poput koncentrata proteina sirutke ili bjelanjka, može povećati sadržaj aminokiselina u tijestu kreker. Kada su prisutne aminokiseline, zajedno s reducirajućim šećerima, tijekom pečenja dolazi do Maillardovih reakcija koje rezultiraju tamnijom bojom proizvoda. To se može posebno primijetiti kod rižinih kreker koji su inače vrlo svijetli pa dodavanje proteinskih koncentrata dodatno povećava potencijal za ove reakcije.

Iz rezultata senzorske ocjene kreker bez glutena prikazanih **Slikama 15-19** može se zaključiti da previsoke koncentracije proteinskih dodataka imaju negativan utjecaj na senzorska svojstva kreker. Naročito negativan utjecaj na sva promatrana senzorska svojstva imali su proteini bjelanjka i to već u količini od 10% pa se može zaključiti da se dodatak ove vrste proteina može preporučiti eventualno u manjim količinama. Svi ispitivači su uočili intenzivnu aromu na jaja kod ove vrste dodatka što su smatrali negativnom karakteristikom. Koncentrat

proteina sirutke imao je najpozitivniji utjecaj na senzorska svojstva, ali se njegova upotreba treba ograničiti na 10% dodatka. Najveću ukupnu senzorsku ocjenu imao je upravo uzorak s 10% dodatka proteina sirutke (7,3), iako se može primijetiti da su ocjene za miris i okus ovog uzorka bile nešto niže nego za kontrolni uzorak jer su neki od ispitivača prijavili blagu aromu mlijeka koja im nije u potpunosti odgovarala.

Rezultati ovog istraživanja naglašavaju važnost odabira proteinskih dodataka koji neće negativno utjecati na senzorska svojstva proizvoda, a u isto vrijeme će unaprijediti tehnološka, nutritivna i funkcionalna svojstva krekeri bez glutena.

6. ZAKLJUČCI

Istraživanje utjecaja proteinskih dodataka na svojstva bezglutenskih krekeri otkrilo je nekoliko ključnih zaključaka koji su značajni za razvoj bezglutenskih krekeri:

- Dodatak proteina sirutke i bjelanjka značajno povećava udio i aktivitet vode u krekerima, dok dodatak proteina riže rezultira njihovim smanjenjem.
- Proteini sirutke i bjelanjka imaju značajan utjecaj na povećanje dimenzija krekeri, kao i na smanjenje njihove čvrstoće.
- Hrskavost krekeri povećava se dodatkom proteina sirutke, a smanjuje dodatkom proteina riže.
- Svi proteinski dodaci značajno utječu na boju krekeri, čineći ih tamnijima i s tonovima smeđih komponenti što je povezano s intenzivnijim Maillardovim reakcijama tijekom pečenja.
- Senzorska ocjena krekeri pokazala je da previsoke koncentracije proteina bjelanjka imaju negativan utjecaj na njihova senzorska svojstva, dok je dodatak 10% proteina sirutke rezultirao najboljim ocjenama.
- Rezultati ovog istraživanja naglašavaju važnost pravilnog odabira proteinskih dodataka koji će unaprijediti tehnološka i senzorska svojstva bezglutenskih krekeri, pružajući potrošačima kvalitetne i prihvatljive proizvode.

7. LITERATURA

Arendt EK, Dal Bello F: *Gluten-free cereal products and beverages*. Department of Food and Nutritional Sciences, University College Cork, Ireland, 2008.

Campbell L, Raikos V, Euston SR: Modification of functional properties of egg-white proteins. *Nahrung* 47(6):369-76, 2003 .

Di Cairano M, Galagano F, Tolve R, Caruso MC, Condelli N: Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology* 81:203–212, 2018.

El Khoury D, Balfour-Ducharme S, Joye IJ: A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients* 10: 2-25, 2018.

Gallagher E: *Gluten-Free Food Science and Technology*. Ashtown Food Research Centre, Teagasc, Dublin, Ireland, 2009.

Hrvatski sabor: *Zakon o hrani za posebne prehrambene potrebe*. Narodne novine br. 39, 2013., https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_04_39_723.html [21.9.2023.]

Ju, ZY, Hettiarachchy, NS, Rath, N: Extraction, denaturation and hydrophobic Properties of Rice Flour Proteins. *Journal of Food Science* 66(2), 229–232, 2001.

Lai HM, Lin TC: *Bakery Products: Science and Technology*, U: Bakery Products: Science and Technology (Hui, Y. H., ured.), Blackwell Publishing, Ames, str. 3-65, 2006.

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

Mancebo C, Rodriguez P, Gómez M: Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*. 67: 127-132, 2016.

Ministarstvo poljoprivrede RH: *Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica*. Narodne novine broj 101, 2022., https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2022_09_101_1495.html [21.9.2023.]

Morley W: *Differences between standard food product development and development of foods for consumers with specific dietary needs*. U: Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs, (Osborn, S., Morley, W., ured.), Woodhead Publishing, Amsterdam/ Boston/Heidelberg/London/New York/Oxford/Paris/San Diego/SanFrancisco/ Singapore/ Sydney/ Tokyo, str. 3-12, 2016.

Pozderac I, Mijandrušić Sinčić B: Poremećaji povezani s glutenom. *Medicina fluminensis* 55: 53-58, 2019.

Research and Market: Global Crackers Market Report and Forecast 2023-2028
<https://www.researchandmarkets.com/reports/5868128/global-crackers-market-report-forecast#product--methodology>

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 5: 43-54, 2021.

Stantiall SE, Serventi L: Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 69(4):427-436, 2018.

Zhou W, Hui Y, De Leyn I, Pagani M, Rosell C, Selman J, et al., editors. *Bakery products : science and technology*. 2nd ed. Chichester, UK: Wiley Blackwell; 2014.