

Utjecaj zobenog brašna na kvalitetu kreker

Drozdek, Antonella

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:732225>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**

REPOZITORIJ

PTF

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



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

Antonella Drozdek

UTJECAJ ZOBENOG BRAŠNA NA KVALITETU KREKERA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad, 2020.

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 VIII redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2019./2020. održanoj 25. lipnja 2020.
Mentor: prof. dr. sc *Daliborka Koceva Komlenić*
Pomoć pri izradi: *Ana Šušak*, dipl. Ing., stručna suradnica

Utjecaj zobenog brašna na kvalitetu kreker *Antonella Drozdek, 0113139494*

Sažetak:

Svrha ovog rada bila je odrediti utjecaj pšeničnog brašna s dodatkom zobenog brašna na promjene kvalitete kreker. Dobiveni krekeri proizvedeni su u laboratorijskim uvjetima. Uzorci su analizirani pri čemu je određena masa proizvoda, visina, dužina, specifični volumen i koeficijent širenja, boja te su uzorci dodatno senzorski ocjenjeni. Rezultatima je utvrđeno da se masa kreker smanjuje dodatkom zobenog brašna, dužina je veća dok je visina kreker manja, a specifični volumen širenja se smanjuje dodatkom zobenog brašna. Najveću ukupnu promjenu boje pokazali su uzorci kreker bez dodatka zobenog brašna. Rezultati senzorskog ocjenjivanja pokazali su da je najprihvatljiviji uzorak sa 60% udjela zobenog brašna.

Ključne riječi: Kreker, zob, brašno, tijesto, analiza kreker

Diplomski rad je izrađen u okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost "Razvoj održivog integriranog procesa proizvodnje biološki aktivnih izolata iz proizvodnih ostataka prehrambene industrije" (POPI-WinCEco) (IP-2018-01-1227)

Rad sadrži: 43 stranica
35 slika
1 tablica
0 priloga
17 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

- | | |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. Marko Jukić | predsjednik |
| 2. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> | član-mentor |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> | član |
| 4. izv. prof. dr. sc. <i>Krešimir Mastanjević</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 29. listopada, 2020.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food technology
Subdepartment of 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. 8th held on June 25, 2020.
Mentor: *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, prof.
Technical assistance: *Ana Šušak*, B.Sc. eng. of food technology

Influence of Oat Flour on the Quality of Crackers

Antonella Drozdek, 0113139494

Summary:

The purpose of this study was to determine the influence of wheat flour with the addition of oat flour on changes in cracker quality. The resulting crackers were produced under laboratory conditions. The samples were analyzed with a certain product mass, height, length, specific volume and coefficient of spread, color, and the samples were additionally conducted through sensory evaluation. The results showed that the mass of crackers is reduced by the addition of oat flour, the length is greater while the height of the crackers is smaller, and the specific spreading volume is reduced by the addition of oat flour. The biggest total color change was shown by cracker samples without the addition of oat flour. The results of the sensory evaluation showed that the most acceptable sample was with a 60% share of oat flour.

Key words: Cracker, oat, flour, dough, cracker analysis

Graduate thesis was supported by the Croatian Science Foundation under the project "Development of a sustainable integrated process for the production of bioactive isolates from food industry residues" (POPI-WinCEco) (IP-2018-01-1227)

Thesis contains: 43 pages
35 figures
1 tables
0 supplements
17 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|---|--------------|
| 1. <i>Marko Jukić</i> , PhD, prof. | chair person |
| 2. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, prof. | supervisor |
| 3. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> , associate prof. | member |
| 4. <i>Krešimir Mastanjević</i> , associate prof. | stand-in |

Defense date: October, 29, 2020.

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 svojoj mentorici, prof. dr. sc. Daliborki Kocevi Komlenić na velikoj pomoći, razumijevanju i strpljenju pri izradi ovog diplomskog rada kao i svima ostalima koji su sudjelovali na istom.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. KREKERI	4
2.2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU	5
2.2.1. BRAŠNO	5
2.2.2. ŠEĆERI	6
2.2.3. MASNOĆE	6
2.2.4. VODA	7
2.2.5. SREDSTVA ZA NARASTANJE	7
2.2.6. SOL	7
2.3. ZOB	8
2.4. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE KREKERA	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO	11
3.1. ZADATAK	12
3.2. MATERIJALI	12
3.3. METODE	12
3.3.1. ODREĐIVANJE MASE KREKERA PRIJE I POSLIJE PEČENJE	17
3.3.2. ODREĐIVANJE DUŽINE I VISINE	17
3.3.3. ODREĐIVANJE VOLUMENA	18
3.3.4. ODREĐIVANJE BOJE	19
3.3.5. ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA	20
3.3.6. SENZORSKA OCJENA	21
4. REZULTATI	22
4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA MASE	22
4.2. ANALIZE KREKERA NAKON PEČENJA	23
4.3. REZULTATI ODREĐIVANJA TEKSTURE	24
4.4. REZULTATI ODREĐIVANJA BOJE KOLOIMETROM	27
4.5. SENZORSKA OCJENA KREKERA	30
5. RASPRAVA	33
6. ZAKLJUČCI	39
7. LITERATURA	41

1. UVOD

Tema ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj zobenog brašna na kvalitetu krejera proizvedenog u laboratorijskim uvjetima. Kreker kao proizvod poznat je cijelom svijetu te se učestalo konzumira kao slani ili slatki dodatak uz jelo ili zasebno kao prikladan međuobrok. U nekim zemljama krekeri se koriste kao zamjena za kruh i obično se jedu uz hladno meso, sir ili maslac. Krekeri su proizvedeni na vrlo jednostavan način uz osnovni recept koji se sastoji od brašna, masti, vode i soli. Kvalitetu krejera određuje priroda korištenih sastojaka, recept te stupanj do kojeg su sastojci pomiješani (Manley, 2000.). Ovaj proizvod ima karakterističnu lisnatu i hrskavu strukturu te je dobiven pečenjem tijesta. Osnovne sirovine za zamjes tijesta su brašno, voda, šećer, sol, masnoće te sredstvo za narastanje koje može biti biološke ili kemijske prirode. U ovom radu koristit će se zobeno brašno u udjelima od 20%, 40% i 60% za proizvodnju krejera. Zobeno brašno dobije se mljevenjem zrna zobi s kojeg je prethodno uklonjena pljevica. Zob je žitarica koja pripada porodici trava (*Poaceae*). Plod zobi je karakteristične građe kao i ostale cjelovite žitarice poput raži, ječma i sl. Kao biljka vrlo je prilagodljiva okolišnim uvjetima te je iz tog razloga znatno rasprostranjena u svijetu. Zob je prehrambeno visoko vrijedna žitarica bogata proteinima, lipidima, vlaknima, mineralima i vitaminima (Manley, 2000.). Zbog svojih vrijednosti, osim što se koristi za ishranu stoke koristi se i u ljudskoj prehrani pa tako i za proizvodnju kruha i pekarskih proizvoda te finih pekarskih proizvoda, kao što je kreker.

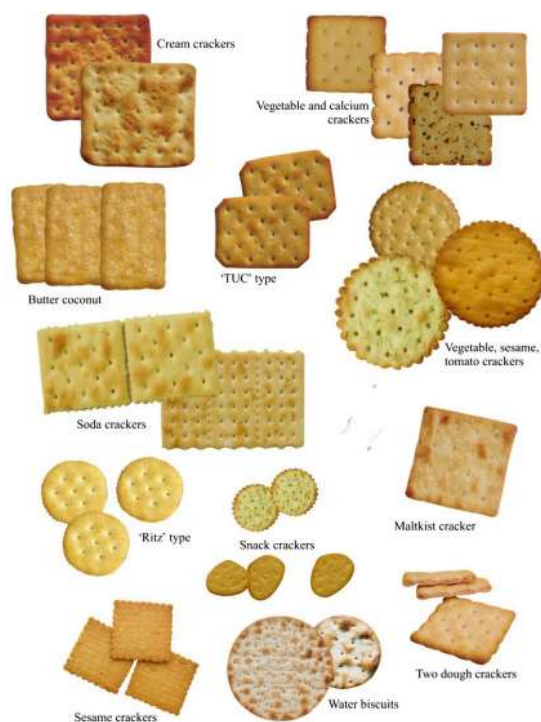
Cilj ovog rada je provesti analizu laboratorijski dobivenih uzoraka te ih međusobno usporediti. Provedena su različita mjerenja odnosno mjerena je masa proizvoda prije i nakon pečenja, dužina, visina i specifični volumen širenja. Uz to određeni su parametri boje te je analizirana tekstura proizvoda kao i ocjena senzorskih svojstva.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KREKERI

Krekeri su pekarski proizvod dobiven pečenjem tijesta koji pripada skupini finih pekarskih proizvoda. Pravilnikom su definirani kao proizvod karakteristične lisnate i hrskave strukture. Sadrže najmanje 10% masnoće računato na ukupnu masu gotovog proizvoda koji sadrži najviše 5% vode (Pravilnik NN 81/2016). Krekere karakterizira tanko i suho pečeno tijesto hrskave teksture i slanog okusa koje stvara pucanje ili pucketanje prilikom konzumiranja, a izrađuju se u raznim oblicima (Zhou, 2014.).

Široka paleta proizvoda krekeri uključuje slane krekere, krekere od sode te krekere sa raznim dodacima kao što su krekeri od povrća ili krekeri s dodatkom kalcija. Ovi proizvodi mogu se razlikovati prema tipu proizvoda, a neki od njih su TUC tip, Ritz tip ili Maltkist tip gdje pripadaju tipovi krekeri sa šećerom (**slika 1**), (Davidson, 2019.).



Slika 1: Prikaz vrste i tipova krekeri (Davidson, 2019.).

Na postupak pečenja krekeri utječu slijedeće značajke:

- tijesto se fermentira uz pomoć kvasca, amonijevog ili natrijevog bikarbonata
- tijesto ima visoki udio vode
- tijesto je često laminirano što znači da je list tijesta izrađen od više tankih slojeva
- krekeri se peku do niskog udjela vlage (Davidson, 2019.).

2.2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU

Osnovne sirovine koje se koriste za proizvodnju krekeru su brašno, šećer, masnoće, sol, voda te sredstvo za narastanje. Dodatne sirovine koje se mogu koristiti u proizvodnji uključuju razne zaslađivače, emulgatore, sladno brašno ili enzime, jaja, mlijeko u prahu te različite arome i začine (Zhou, 2014.).

2.2.1. BRAŠNO

Pšenica je jednogodišnja biljka iz porodice trava koja pripada porodice *Poaceae* (*Gramineae*) i predstavlja jedno od najvažnijih svjetskih polja (Arendt i Zannini, 2013.). Pšenica je najsvestranija žitarica zbog sposobnosti svojih proteina za pohranu i razvijanje mreže glutena što čini osnovu pekarskih proizvoda (Zhou, 2014.). Za razliku od ostalih žitarica, pšenica, odnosno pšenično brašno, posjeduje jedinstvene proteine glutena koji mogu stvarati visko-elastično tijesto potrebno za proizvodnju pekarskih proizvoda. Dodatno, pšenica i njeni derivati, poput pšeničnog slada i škrob obično se koriste kao dodaci u prehrambenim industrijama. Uz to, pšenica sadrži esencijalne aminokiseline, vitamine, minerale, korisne fitokemikalije i dijetalne prehrambene komponente važne za ljudsku prehranu kada se konzumiraju proizvodi od cjelovitih žitarica. Unatoč njihovoj važnoj ulozi u ljudskoj prehrani, hrana na bazi pšenice predstavlja zdravstvene probleme za manji broj ljudi posebno onih koji su intolerantni na pšenicu odnosno njene proteine (Arendt i Zannini, 2013.).

Prema pravilniku pšenično brašno je proizvod dobiven mljevenjem endosperma pšenice nakon izdvajanja usplođa i klice (Pravilnik NN 81/2016). Mljevenjem pšenice dobije se vrlo fini proizvod odnosno brašna različitih kvalitativnih svojstava (Arendt i Zannini, 2013.).

Brašno je glavni sastojak većine pekarskih proizvoda. Ono ne doprinosi aromi samog proizvoda ali ima ključnu ulogu kod teksture, tvrdoće i oblika proizvoda. Važno svojstvo brašna je kvaliteta i količina proteina te nastanak glutena prilikom miješanja brašna s vodom. Unatoč tome što se kod većine finih pekarskih proizvoda koristi brašno s udjelom proteina koji je manji od 9% kako bi se tijesto moglo lakše obraditi, za proizvodnju krekeru koriste se brašna koja pripadaju kategoriji srednje jakih brašna, a koja sadrže najmanje 10,5% proteina (Manley, 2000.).

2.2.2. ŠEĆERI

Šećeri su važni sastojci pekarskih proizvoda. Pružaju slatkast okus, te utječu na fermentaciju, izgled, okus, boju, strukturu i teksturu gotovih proizvoda. Odabir šećera ovisi o stupnju željene slatkoće i izgleda proizvoda. Najvažniji šećer koji se koristi u prehrambenoj industriji pa konkretno i u proizvodnji finih pekarskih proizvoda, a tako i krekeri je saharoza (Zhou, 2014.).

U fermentiranim tijestima za proizvodnju krekeri, saharoza predstavlja izvor hrane za kvasce te na taj način pojačava produkciju stvaranja plina u tijestu. Ovisno o količini prisutne vode, saharoza se djelomično ili potpuno otapa nakon čega se kristalizira u amforni oblik što uvelike utječe na krajnju teksturu pečenog proizvoda. Naime, ukoliko je udio saharoze velik te ako su kristali šećera veće veličine, kao rezultat dobiti će se tvrdi proizvod. Brzina otapanja kristala tijekom zagrijavanja tijesta utječe na širenje tijesta za vrijeme pečenja, što utječe na izgled i hrskavost proizvoda.

Hrskavost proizvoda ovisi o udjelu otopljene saharoze, koja kao takva, doprinosi tekućoj fazi tijesta i time smanjuje udio vode u tijestu na mjestu gdje je otopina saharoze zasićena. Osim navedenog, saharoza ima značajne uloge u želatinizaciji škroba gdje povećava temperaturu želatinizacije i omogućuje tijestu duže vrijeme narastanja, djeluje kao konzervans, sredstvo za povećanje volumena te kao površinski ukras proizvoda (Manley, 2000.)

2.2.3. MASNOĆE

Masti su treća najznačajnija komponenta, nakon brašna i šećera, a koje se koriste u proizvodnji pekarskih proizvoda (Manley, 2000.). U proizvodnji koriste se masnoće biljnog ili animalnog podrijetla ovisno o vrsti proizvoda (Zhou, 2014.). Biljna mast uz maslac i margarin se najčešće koristi za proizvodnju krekeri (Hill i Mamat, 2014.). Masnoće osiguravaju željenu teksturu proizvoda i omogućuju lakše rukovanje tijestom i utječu na trajnost proizvoda. Uljni dio masnoća osiguravaju vlažnost tijesta dok čvrsti dio masnoća pridonosi strukturi. Tijekom miješanja tijesta dolazi do kompeticije molekula vode i masnoća za obavljanjem čestica brašna. Kao rezultat hidratacije proteina brašna vodom nastaje rastezljiva mreža glutena. Suprotno tome, masnoće će okružiti čestice proteina i škroba te spriječiti hidrataciju i razvoj mreže glutena što će rezultirati smanjenom elastičnosti tijesta i pečenim proizvodom mekše teksture.

U laminiranim tijestima masnoće se ugrađuju u proizvod postupkom valjanja i preklapanja izmjeničnih slojeva tijesta i masti, čime se dobije slojevita struktura kakva je potrebna pri proizvodnji krekeri (Zhou, 2014.).

2.2.4. VODA

Voda je glavna komponenta svih namirnica te tako ima svoju vrlo važnu ulogu u pekarskim proizvodima, finim pekarskim proizvodima pa tako i kod proizvodnje krekeri (Manley, 2000.). Važno je napomenuti da voda koja se upotrebljava u proizvodnji mora biti zdravstveno ispravna što se prema pravilniku smatra voda koja ne sadrži tvari ili organizme koji predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi (Pravilnik NN 47/2008).

Vrlo je važna upotreba optimalne količine i temperature kvalitetne vode. Količina vode kontrolira teksturu, volumen, okus, miris i kvalitetu pekarskih proizvoda. Voda reagira s ostalim sastojcima u tijestu te isparava prilikom pečenja (Zhou, 2014.).

2.2.5. SREDSTVA ZA NARASTANJE

Sredstva za narastanje uključuju pekarski kvasac i ostala biološka sredstva, te kemijska sredstva za narastanje koji zbog svoje sposobnosti stvaranja plina pridonose postizanju volumena i hrskave strukture proizvoda što čini proizvod željenog okusa, arome, oblika i krhkosti, što je posebno važno za krekeri. Krekeri mogu biti izrađeni od fermentiranog tijesta za čiju fermentaciju i narastanje se koristi pekarski kvasac ili nefermentiranog tijesta kod kojeg se koriste kemijska sredstva (Zhou, 2014.). Pekarski kvasac koji se koristi najčešće su stanice sojeva gljivice *Saccharomyces cerevisiae*. Kvasac fermentira prisutne šećere dajući etanol i ugljični dioksid (Rose i Harrison, 1993.). Kemijska sredstva poput praška za pecivo su iznimno praktična i korisna zbog svog brzog djelovanja (Zhou, 2014.).

2.2.6. SOL

Opći pojam sol odnosi se na natrijev klorid koji se koristi kao začim u prehrambenoj industriji. Sol je jedan od četiri bitna sastojka pekarskih proizvoda. Funkcija soli je višestruka te osim za pojačavanje okusa konačnog proizvoda služi za stabilizaciju brzine fermentacije kvasca, jačanje tijesta (utječe na gluten), utječe na vrijeme miješanja tijesta. Funkcija soli u poboljšavanju okusa proizvoda dobro je poznata. Izostavljanje soli rezultira neukusnim proizvodom jer sol ne daje slani okus proizvodu, već utječe i na ostale okuse u sastavu.

Osim toga, sol pojačava sladak okus te maskira gorke i druge nepoželjne okuse. Kao što je navedeno, sol ima stabilizacijski učinak na fermentaciju što znači da tijesto koje je izrađeno bez soli je kiselo, plinovito i slabe teksture zbog pretjerane i nekontrolirane fermentacije kvasca. Sol omogućuje kontrolu fermentacije odnosno proizvodnje ugljičnog dioksida i ostalih proizvoda fermentacije (Hosenay i Miller, 2008.).

2.3. ZOB

Zob je rasprostranjena žitarica koja pripada porodici trava (Arendt i Zannini, 2013.). Podnosi loša tla i nepovoljne klimatske uvjete za razliku od ostalih žitarica. Plod je jednake građe kao i kod ostalih žitarica, izduženijeg je oblika sa izraženom brazdom. Zob razlikujemo od ostalih cjelozrnih žitarica po pljevicama koje obavijaju plod, ali nisu srasle sa zrnom (Vukšić, 2016.).

Bogata je esencijalnim aminokiselinama te je dobar izvor vlakana, minerala, nezasićenih masnih kiselina, vitamina i fitokemikalija (Arendt i Zannini, 2013.). Sadrže više lizina nego ostale žitarice (Kovačević i Rastija, 2014.). Zob sadrži visoki udio proteina i lipida, ali vrlo malo škroba u odnosu na druge žitarice koje su bogatije ugljikohidratima (Arendt i Zannini, 2013.).

Prema smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) proteini zobi su kvalitetom izjednačeni s proteinima soje te proteinima mesa, mlijeka i jaja (Kovačević i Rastija, 2014.). Zbog svojih visokovrijednih proteina koristi se u prehrani ljudi u obliku zobenog brašna, pahuljica i prerađevina, ali i životinja odnosno kao stočna hrana u obliku krmiva. Osim toga, koristi se i u industriji alkohola kao i u proizvodnji slada. Glavni skladišni proteini zobi su globulini avenalini i avenin iz skupine prolamina s time da globulini čine 80% ukupnih proteina. Zob je žitarica koja ne sadrži gluten, ali protein avenin može izazvati crijevnu upalu potaknutu mehanizmom sličnim glutenu. Unatoč tome, manje je ljudi sa celijakijom koji su osjetljivi na proteine iz zobi u odnosu na pšenicu. (Kovačević i Rastija, 2014.).

Porastom standarda zob se sve više koristi u proizvodnji prehrambenih proizvoda te je danas popularna u obliku instant zobenih pahuljica kao lako probavljiv proizvod visoke prehrambene vrijednosti (Hodak, 2015). Kao dodatak zob ili zobeno brašno koje se dobije postupkom mljevenja zrna zobi koristi se kod proizvodnje pekarskih proizvoda, proizvoda od žitarica, finih pekarskih proizvoda, kolača i mliječnih proizvoda. Zob kao dodatak u proizvodima od žitarica može produljiti njihov vijek trajanja (Kovačević, Rastija, 2014.).

Zrno sadrži minerale poput kalcija, kalija, magnezija, fosfora, cinka, željeza, bakra i mangana (Arendt i Zannini, 2013.). Bogato je vitaminom E i K te vitaminima B₁ i B₆ (Kovačević i Rastija, 2014.). Pozitivan učinak na ljudsko zdravlje pripisuje se β-glukanu kojeg zob sadrži te koji ima sposobnost snižavanja kolesterola i smanjenju sadržaja šećera u krvi. Suprotno tome, u zobi su prisutne antinutritivne komponente poput inhibitora enzima i fitinske kiseline čiji je sadržaj kao i učinak na hranjivu vrijednost zanemariv (Arendt i Zannini, 2013.). Zob sadrži različite enzime od kojih je najznačajnija lipaza koja katalizira hidrolizu triglicerida što dovodi do gorkog okusa zobi (Kovačević i Rastija, 2014.). Prosječni kemijski sastav zrna čini oko 10-12% proteina, 5% masti, 55-60% ugljikohidrata, 13% vode, 10% celuloze te 4% mineralnih tvari. Prema kemijskom sastavu i prinosu zrna nakon ljuštenja ocjenjuje se kvaliteta zrna (Gagro, 1997.).

2.4. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE KREKERA

- 1) priprema sirovina
- 2) temperiranje i odvaga
- 3) zamjes
- 4) fermentacija
- 5) kratki zamjes
- 6) laminiranje
- 7) oblikovanje
- 8) pečenje
- 9) hlađenje i pakiranje

Proces proizvodnje krekeri započinje pripremom sastojaka za zamjes tijesta. Najprije je potrebno odabrati kvalitetnu sirovinu prigodnu za početak proizvodnje. Proces započinje temperiranjem i odvagom sastojaka prema odabranoj recepturi. Temperatura sastojaka ima veliki utjecaj na svojstva tijesta pa je stoga potrebno temperirati određene sirovine. Primjerice, masnoće se temperiraju kako bi se mogle što bolje izmiješati u masi te obuhvatiti čestice brašna dok je vodu potrebno temperirati kako ne bi došlo do kuhanja i sljepljivanja mase.

Nakon odvage sastojaka slijedi miješanje kako bi se formirala masa odnosno tijesto. Tijekom miješanja neki sastojci se teško ili nedovoljno raspršuju kao što je slučaj kod prirodno grudastih materijala koji mogu stvarati nakupine ili grudice u dodiru s vodom.

Primjerice, natrijevi i amonijevi bikarbonati koji se koriste kao kemijska sredstva za narastanje tijesta su skloni stvaranju takvih nakupina u vodi pa ih je ponekad potrebno prosijavati, mljeti ili otapati u vodi prije dodavanja u miješalicu.

Najvažniji sastojak za izradu tijesta je brašno i obično se koristi brašno koje sadrži 11% proteina za koje je utvrđeno da daje krekeru najboljih svojstava (Davidson, 2019.). Krekeri se mogu dobiti od fermentiranog ili nefermentiranog tijesta. Fermentirano tijesto za izradu krekeru može se dobiti uz pomoć sredstava za narastanje, a najčešće se koriste pekarski ili suhi instant kvasac. S obzirom da se tijekom fermentacije tijesta kvascem odvijaju biološke reakcije, potrebno je obratiti pozornost na temperaturu i vlažnost prostora u kojem se odvija fermentacija. Nakon zamjesa, tijesto se stavlja na fermentaciju koja traje od 4 do 16 h za izradu krekeru. Zrelom tijestu mogu se dodavati različiti sastojci koji će u konačnici utjecati na okus proizvoda. Nakon fermentacije tijesto se premijesi nakon čega ide na laminiranje.

Za proizvodnju krekeru od nefermentiranog tijesta uzima se jednaki postupak proizvodnje osim što su drugačiji sastojci te nema fermentacije. Za zamjes tijesta dodaju se najprije masnoće, šećeri, sol, voda te proteolitički enzimi te nakon sjedinjenja naknadno se dodaje brašno te sredstvo za narastanje. Uloga proteolitičkih enzima je približna kvascu u fermentiranom tijestu.

Postupak laminiranja obuhvaća oblikovanje tijesta na laminatoru uz koji se tijestu dodaje unaprijed pripremljeno masno tijesto. Masno tijesto se priprema zamjesom vode, brašna, masnoća, soli i sredstava za narastanje te je prethodno hlađeno na određenoj temperaturi. Svrha masnog tijesta je ostvariti lisnatost pečenog proizvoda što je glavna karakteristika strukture krekeru. Postupkom laminiranja dobiju se tjestene trake iz kojih se, uz pomoć kalupa, oblikuju krekeri. Uspješna struktura krekeru ovisi o sposobnosti stvaranja tankog sloja tijesta. Tijesto mora biti mekano i rastezljivo kako bi se moglo dovoljno stanjiti.

Nakon što su dobiveni željeni oblici krekeru oni idu na pečenje u prethodno zagrijanoj pećnici te nakon toga na hlađenje i pakiranje. U konačnici, sama tehnika oblikovanja i pečenja utjecati će na kvalitetu gotovog proizvoda u obliku krekeru. (Manley, 2000.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj zobenog brašna na parametre kvalitete krepera proizvedenog u laboratorijskim uvjetima. Zadatak rada je dodavati zobeno brašno pri zamjesu tijesta za krekere u različitim udjelima te provesti analizu dobivenih uzoraka. Zobeno brašno dodavano je kao zamjena za pšenično brašno u udjelima od 20%, 40%, 60%. Provedena su mjerenja prije i nakon pečenja tijesta te analizirana određena svojstva.

3.2. MATERIJALI

Materijali koji su se koristili u ovom radu prikazani su u **tablici 1**.

Tablica 1: Sirovine za proizvodnju krepera

Sirovine za izradu osnovnog tijesta:	Sirovine za izradu masnog tijesta:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ pšenično brašno T-550 250,00 g ➤ kvasac 6,25 g ➤ kuhinjska sol 3,75 g ➤ šećer 3,125 g ➤ margarin 37,5 g ➤ zobeno brašno (20, 40, 60%) ➤ destilirana voda 100g 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ brašno T-550 52,5 g ➤ kuhinjska sol 0,94 g ➤ margarin 40 g ➤ prašak za pecivo 1 g

3.3. METODE

Potrebni sastojci za izradu osnovnog tijesta se pripreme te odvažu na tehničkoj laboratorijskog vagi. Odvagane sirovine se dodaju u posudu električne mjesilice prema recepturi kako bi se dobio zamjes. U posudu se najprije dodaju masnoće, sol i šećer koji se miješaju drugom brzinom kroz 30 sekundi nakon čega se u zamjes dodaje brašno. Brašno čini mješavinu pšeničnog i zobenog brašna u određenom udjelu nakon čega se zamjes dalje miješa otprilike jednu minutu (**slika 2**).

U proizvodnji krepera potrebno je i masno tijesto. Za pripremu masnog tijesta odvagane su potrebne sirovine koje se zamiješaju u električnoj mjesilici prema recepturi. U posudu mjesilice najprije se stavlja margarin, sol i prašak za pecivo te se ti sastojci kratko miješaju kako bi čestice masnoće mogle što bolje obaviti čestice brašna i u konačnici kako bi se formulirala što homogenija smijesa. Nakon što su se navedeni sastojci mijesili oko 30 sekundi u smijesu se dodaje brašno te se sve zajedno miješa još dvije do tri minute. Dobiveno tijesto se još jednom ručno premijesi te okruglo oblikuje nakon čega se odlaže u hladnjak do upotrebe.



Slika 2: Prikaz zamjesa sirovina

Nakon toga dodaje se kvasac prethodno otopljen u malo vode te zajedno s ostatkom vode dodaje se u zamjes te se zajedno još miješa jednu do dvije minute. Tijekom miješanja prije i nakon dodatka kvasca može doći do sljepljivanja tijesta na stjenke posude mjesilice ili na metalnim nastavcima koji vrše zamjes tijesta. U slučaju zaljepljivanja tijesta potrebno je zaustaviti mijesilicu te sastrugati tijesto kako bi se ono u potpunosti zamijesilo (**slika 3**).



Slika 3: Prikaz zamješenog tijesta

Nakon završetka mijesenja tijesto se uzima iz posude mijesilice te se dodatno ručno zamijesi i okruglo oblikuje. Takvo tijesto se odlaže u za to primijenjene posude te se prekriva plastičnom folijom i stavlja u vodenu kupelj. U vodenoj kupelji prilagođeni su uvjeti u kojoj se odvija fermentacija tijesta pri temperaturi od 30 °C tijekom 22-24 sata (**slika 4**).



Slika 4: Prikaz tijesta spremnog za fermentaciju u vodenoj kupelji

Nakon što je fermentacija završila, tijesto se izvadi iz posude te se još jednom ručno premjesi. Nakon fermentacije slijedi postupak laminiranja. Takvo tijesto se najprije pobrašni kako ne bi došlo do sljepljivanja te postavlja u laminator koji služi za oblikovanje tjestene trake. Nakon što je tijesto jednom provučeno kroz laminator na stupnju 6 dodaje mu se prethodno zamijeseno masno tijesto. Prije dodavanja masno tijesto je najprije ručno razvučeno uz pomoć valjka na tanku tjestenu traku.

Nakon što je masno tijesto postavljeno na osnovno laminirano tijesto, ona se preklope te puštaju još jednom kroz laminator postavljen na stupnju 6 nakon čega se ponovno preklope te puste dodatna tri puta kroz laminator postavljen na stupanj 4 uz to da se postupak preklapanja tijesta ponavlja nakon svakog puštanja. Preklapanje tijesta je neophodno jer se na taj način ostvaruje karakteristična lisnata struktura krekeri (**slika 5**).



Slika 5: Prikaz laminiranja tijesta na laminatoru

Kada je postupak laminiranja završen slijedi postupak oblikovanja krekeri. Iz laminiranog tijesta se vade željeni oblici krekeri uz pomoć odgovarajućeg kalupa. Oblikovani krekeri se zatim izbuše potreban broj puta. Nastale rupice na krekerima osiguravaju ravnomjeran prolaz zraka kroz tijesto. Na taj način ostvaruje se ravniya površina krekeri, slojevi koji čine lisnatu strukturu neće se razdvojiti te će sam proizvod biti svojstvene hrskave teksture (**slika 6**).



Slika 6: Prikaz krekeri okruglo oblikovanog pomoću kalupa

Kada je postupak oblikovanja završen takvo oblikovano tijesto ide na pečenje u prilagođene peči na 240 °C tijekom 6 minuta (**slika 7**).



Slika 7: Prikaz procesa pečenja kreker

Nakon pečenja gotovi proizvod odnosno krekeri se hlade minimalno 30 minuta ili dok se potpuno ne ohlade. Nakon hlađenja provodi se analiza dobivenog proizvoda. Takvi ohlađeni krekeri se pakiraju u vrećice i zatvaraju. Pakiranjem se sprječava kontakt kreker sa atmosferskim plinovima te upijanje vlage iz zraka koja bi mogla narušiti kvalitetu proizvoda (**slika 8**).



Slika 8: Prikaz pečenih i zapakiranih kreker

3.3.1. ODREĐIVANJE MASE KREKERA PRIJE I POSLIJE PEČENJE

Masa krekeri prije pečenja se određuje na način da se uzme 6 uzoraka sirovih oblikovanih krekeri te se izvaže njihova masa. Nakon pečenja tih 6 odabranih uzoraka se ponovno važe te se dobije masa nakon pečenja (**slika 9**).



Slika 9: Prikaz 6 odabranih uzoraka

3.3.2. ODREĐIVANJE DUŽINE I VISINE

Dužina krekeri određuje se na način da se odabranih 6 uzoraka krekeri označeni brojevima od 1 do 6 redom poslože jedan pored drugoga na ravnu površinu te se dužina izmjeri uz pomoć ravnala. Nakon toga, poredani krekeri se zarotiraju za 90° te se dužina ponovno izmjeri.

Visina se određuje tako da se odabrani uzorci redom poslože jedan na drugi nakon čega im se ravnalom izmjeri visina. Nakon toga se isti uzorci nasumično poslože drugačijim redoslijedom jedan na drugi te se ponovi isti postupak mjerenja.

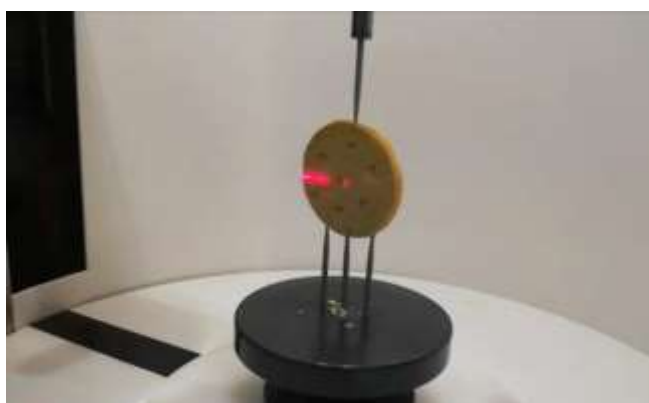
3.3.3. ODREĐIVANJE VOLUMENA

Volumen krepera mjeri se na uređaju Volscan Profiler na način da se na metalni dio unutar uređaja odnosno dva šiljka nabode uzorak te se uzorak stabilizira dodatnim metalnim šiljkom kako bi se nesmetano mogla izvršiti analiza (**slika 10**).



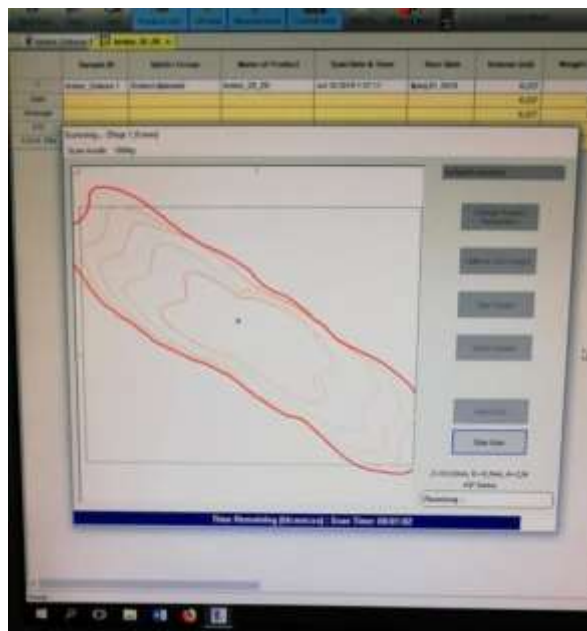
Slika 10: Uređaj za određivanje volumena Volscan profiler

Navedeni uređaj spojen je na računalo koje preko posebnog programa prikazuje rezultate analize. Pokretanjem uređaja započinje analiza, uzorak se vrti te preko njega prelazi crveni laser koji prikuplja podatke te ih šalje na računalo (**slika 11**).



Slika 11: Prikaz postupka mjerenja volumena laserskom zrakom

Uređajem se dobiju podaci o volumenu, specifičnom volumenu, gustoći i dimenziji proizvoda (slika 12).



Slika 12: Prikaz grafičkog prikaza rezultata Volscan Profiler-a na računalu

3.3.4. ODREĐIVANJE BOJE

Pomoću kolorimetra (CR-400, Konica Minolta INC., Osaka Japan) određena je boja uzoraka krekeru. Uređaj radi na principu mjerenja reflektirane količine svjetlosti sa površine osvijetljenog uzorka pri čemu mjeri trisimulusne vrijednosti boja. Kolorimetar se sastoji od jednostavnog procesora i senzora za obradu podataka.

Uređaj sadrži sondu s mjernim otvorom na koji se postavlja ispitivani uzorak kojeg obasjava svjetlost određene valne duljine. Podaci koji se dobiju na senzoru uređaja nastaju nakon što uzorak apsorbira određeni dio spektra pri čemu se ostatak spektra reflektira. Kolorimetar prikazuje rezultate mjerenja reflektirane količine svjetlosti kao L^* , a^* i b^* komponentu CIEL*a*b* sustava boja u obliku trisimulusa. Ukupna promijena boje se izračunava iz svih vrijednosti komponente CIEL*a*b* sustava boja. Prije samog postupka mjerenja boje potrebno je kalibrirati kolorimetar pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43).

CIEL^{a*b*} sustava boja sastoji se od tri komponente, dvije kromatske a* i b*, te jednu akromatsku komponentu boje L*:

- Akromatska komponenta L* naziva se i svjetlina. Njene vrijednosti se kreću u rasponu od 0 do 100, pri čemu vrijednost 0 označava crnu boju, vrijednost 100 bijelu boju.
- Kromatska komponenta zeleno-crvene boje, a* kreće se u rasponu -127 i +127, pri čemu negativne vrijednosti označavaju zelenu, a pozitivne domenu crvene boje.
- Kromatska komponenta plavo-žute boje, b* kreće se u rasponu -127 i +127, pri čemu negativne vrijednosti označavaju plavu, a pozitivne žutu boju (Lukinac Čačić, 2012.).

3.3.5. ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA

Uređaj TA.XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Velika Britanija) koristio se za određivanje teksturalnih svojstava krepera. Nakon što su prikupljeni podaci isti su analizirani pomoću softvera Texture Exponent 32 (verzija 3.0.5.0.).

Uzorci su se postavljali na bazu analizatora teksture i u potpunosti presijecali pomoću Warner Bratzler noža s ravnom oštricom prema sljedećim parametrima:

- kalibracija visine: 15 mm;
- brzina prije mjerenja: 2 mm/s;
- brzina presijecanja: 0,5 mm/s;

Iz dobivenih krivulja očitani su:

- čvrstoća (N) - maksimalna sila koja se očita pri presijecanju uzorka (visina pika);
- rad smicanja (Ns) - ukupni rad koji je potrebno uložiti za presijecanje cijelog uzorka (površina ispod krivulje);
- prosječni rad smicanja (Ns/mm) - omjer rada smicanja i visine uzorka;
- hrskavost – broj pikova (osjetljivost 50 g).

3.3.6. SENZORSKA OCJENA

Kako bi se odradila senzorska ocjena krekeri potrebni su trenirani senzorski ocjenjivači koji ocjenjuju određena svojstva proizvoda. Ocjenjuje se boja, površina, oblik, struktura, miris, teksturu, okus te ukupan dojam.

U ovom radu ocjenjivali su se uzorci krekeri dobiveni od 100 % pšeničnog brašna, te s udjelima od 20, 40, 60 % zobenog brašna (**slika 13**). Senzorska ocjena se izražavala skalom od 0-10 (0-u potpunosti neprihvatljivo do 10-u potpunosti prihvatljivo) te su se koristile liste na kojima su se označavale ocjene (**slika 14**).



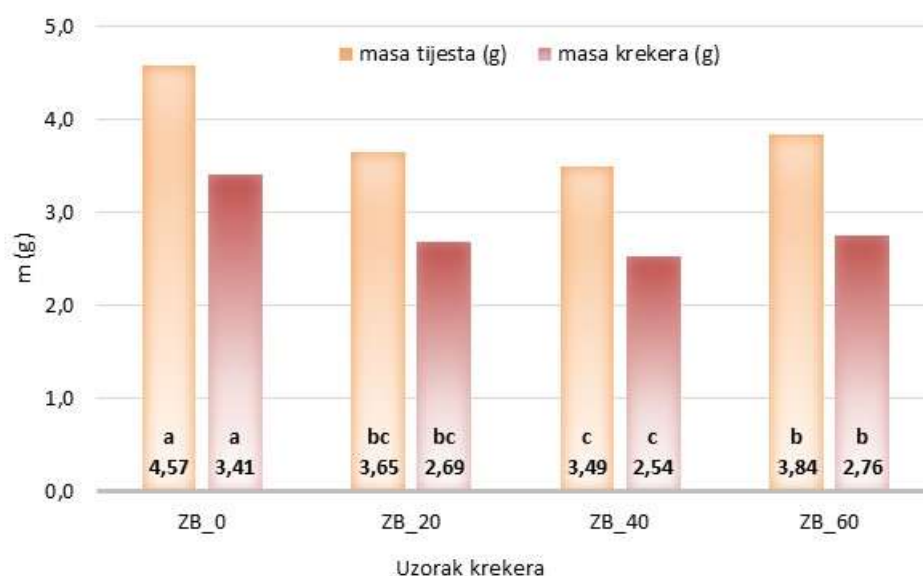
Slika 13: Prikaz uzoraka koji su posloženi za senzorsku analizu

Senzorska ocjena (skala 0 - 10) u potpunosti neprihvatljivo (0) u potpunosti prihvatljivo (10)		
Uzorak	Elementi kvalitete	ocjena
100% pšenično brašno	Miris	7
Boja	Težina	7
Površina i oblik	Okus	7
Struktura (prekora)	Ukupan dojam	7
Srednja ocjena: 7,0		
20% zobeno brašno	Miris	6
Boja	Težina	6
Površina i oblik	Okus	6
Struktura (prekora)	Ukupan dojam	6
Srednja ocjena: 6,0		
40% zobeno brašno	Miris	5
Boja	Težina	5
Površina i oblik	Okus	5
Struktura (prekora)	Ukupan dojam	5
Srednja ocjena: 5,0		
60% zobeno brašno	Miris	4
Boja	Težina	4
Površina i oblik	Okus	4
Struktura (prekora)	Ukupan dojam	4
Srednja ocjena: 4,0		
Srednja ocjena svih uzoraka: 5,5		

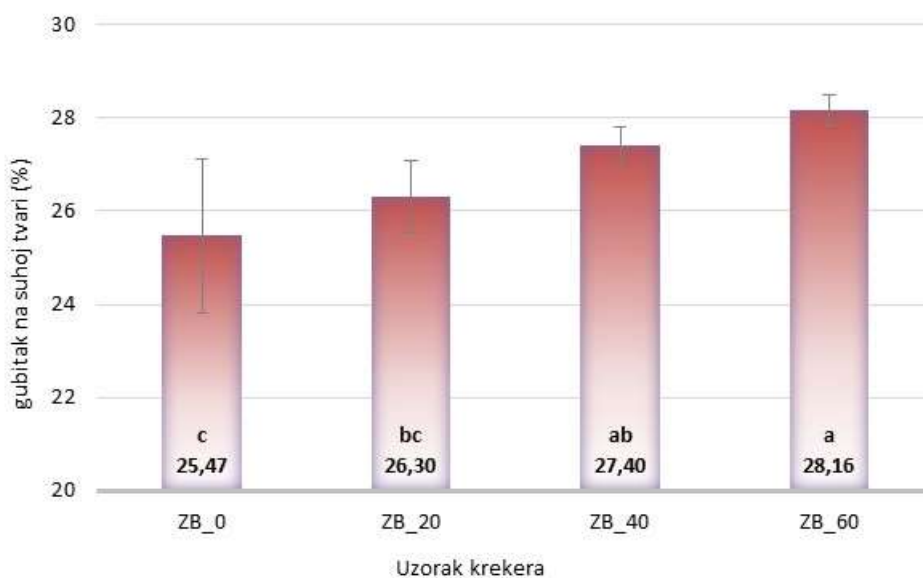
Slika 14: Prikaz primjera liste koja se koristi za senzorsko ocjenjivanje uzoraka

4. REZULTATI

4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA MASE

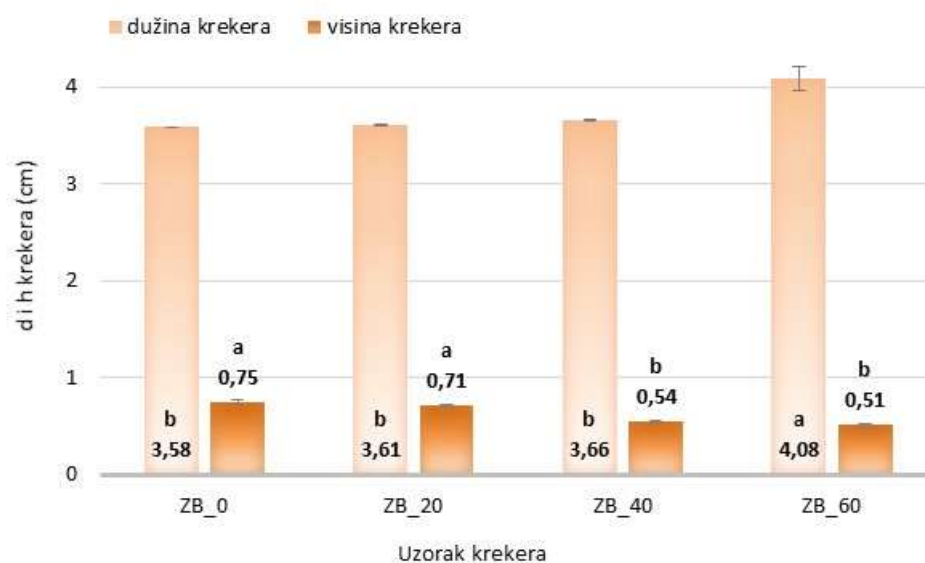


Slika 15: Prikaz odnosa mase oblikovanog tijesta za kreker i mase pečenih kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom unutar iste skupine, a koje su prikazane istom bojom, nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

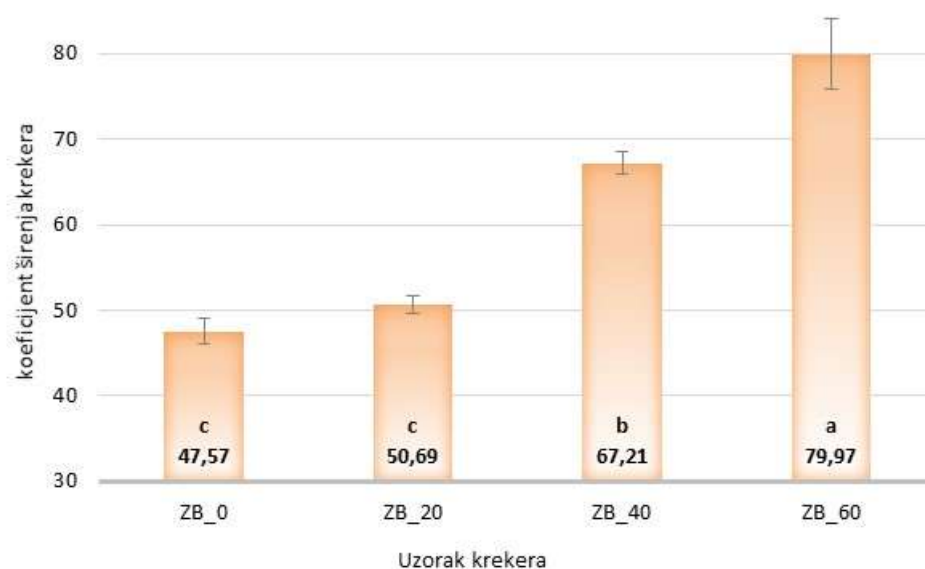


Slika 16: Gubitak mase pečenjem: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

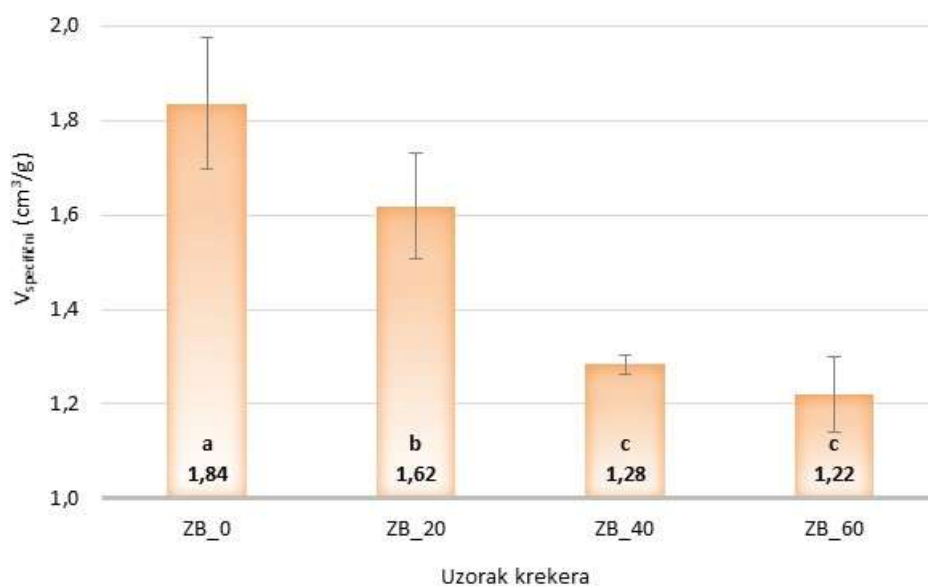
4.2. ANALIZE KREKERA NAKON PEČENJA



Slika 17: Dužina i visina krekeri: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom unutar iste skupine, a koje su prikazane istom bojom, nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

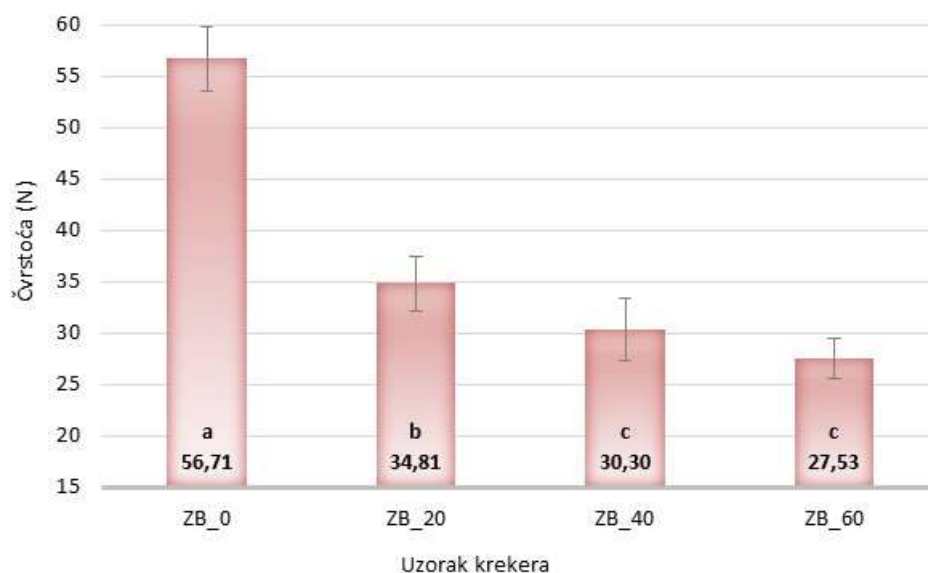


Slika 18: Koeficijent širenja krekeri: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

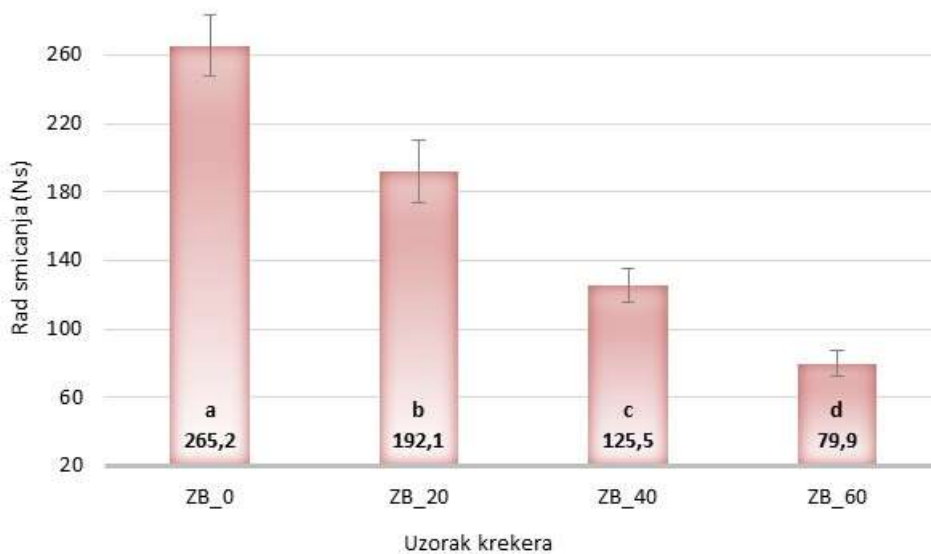


Slika 19: Specifični volumen kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

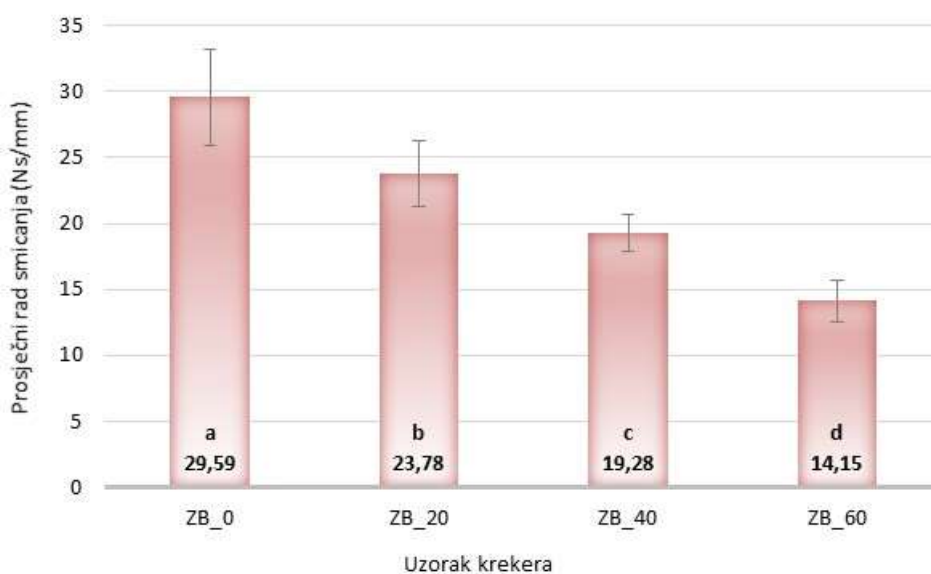
4.3. REZULTATI ODREĐIVANJA TEKSTURE



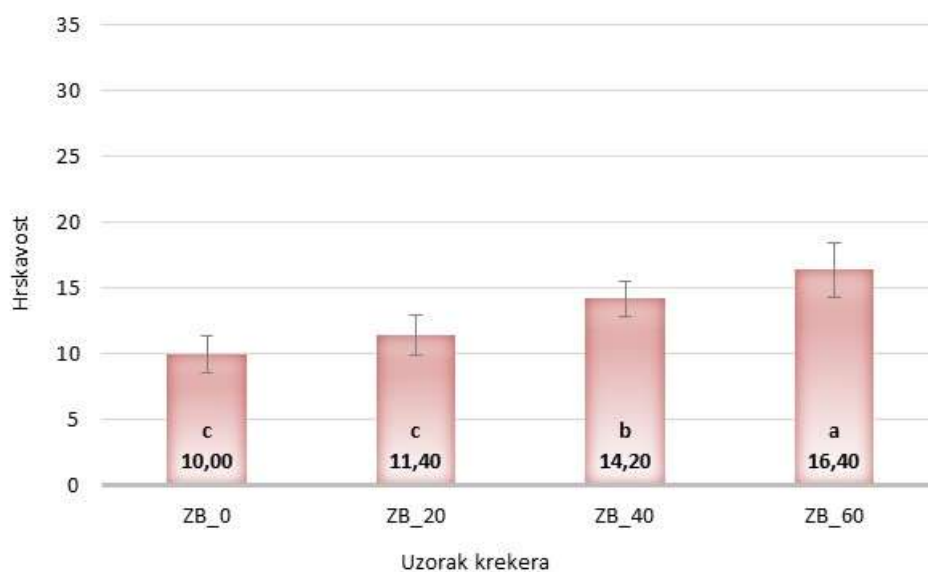
Slika 20: Čvrstoća kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



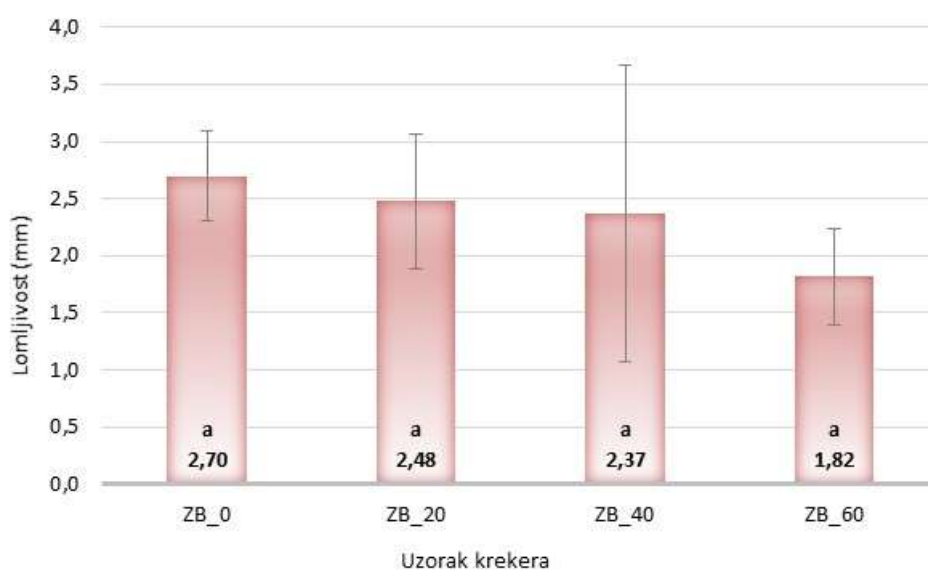
Slika 21: Rad smicanja kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 22: Prosječan rad smicanja kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

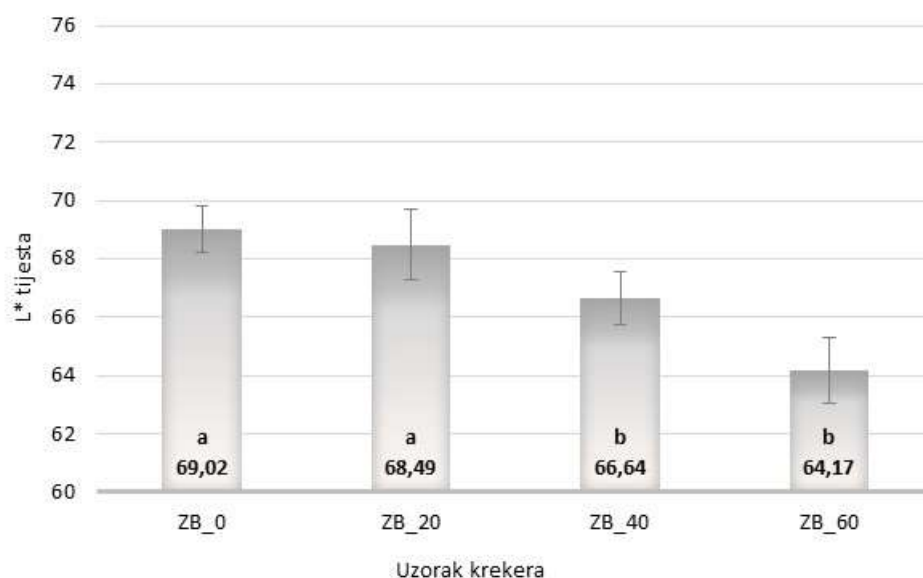


Slika 23: Hrskavost kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

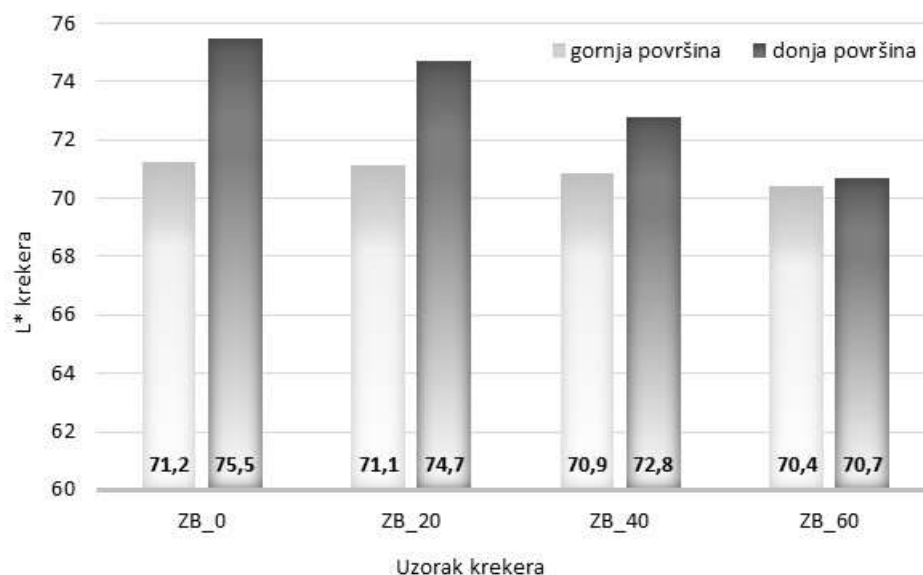


Slika 24: Lomljivost kreker: ZB_0 – kreker bez dodataka; ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

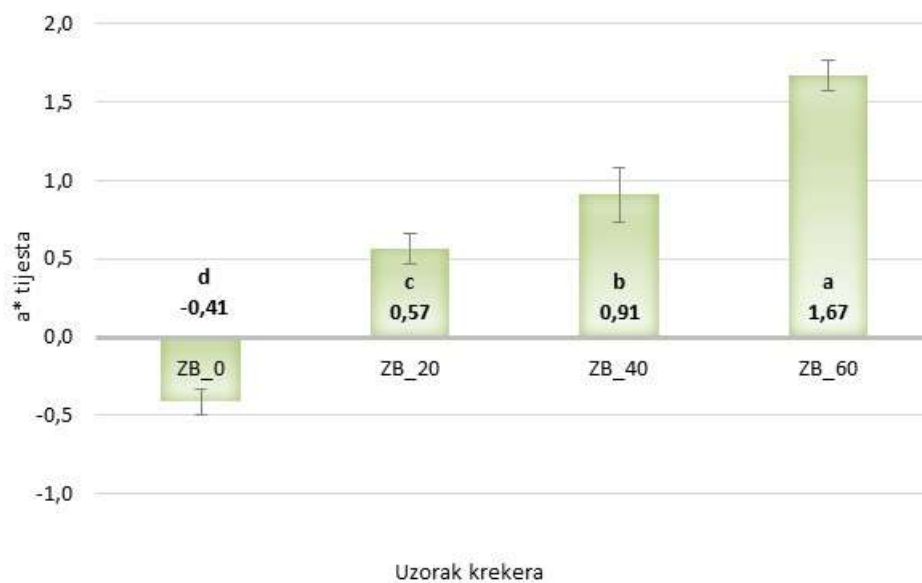
4.4. REZULTATI ODREĐIVANJA BOJE KOLORIMETROM



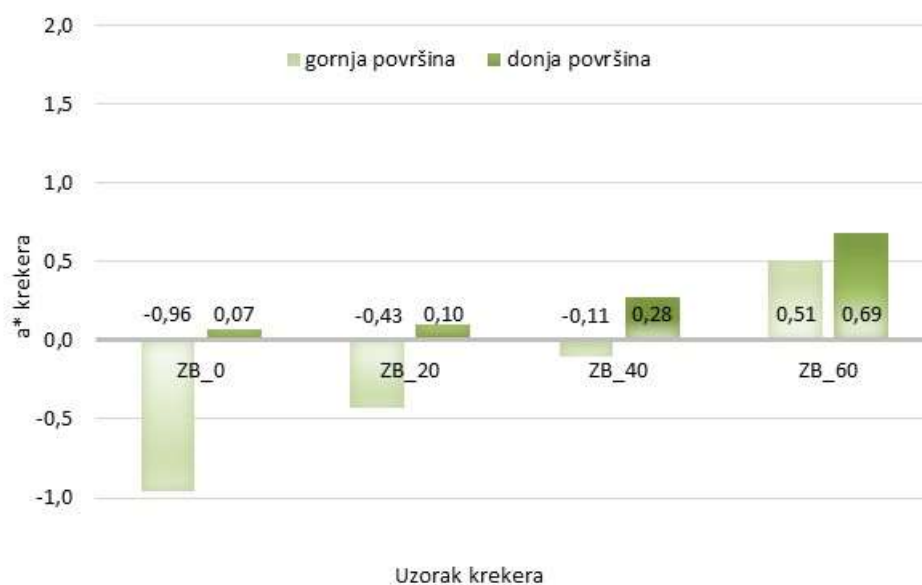
Slika 25: Vrijednosti svjetline tijesta za krekeri: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



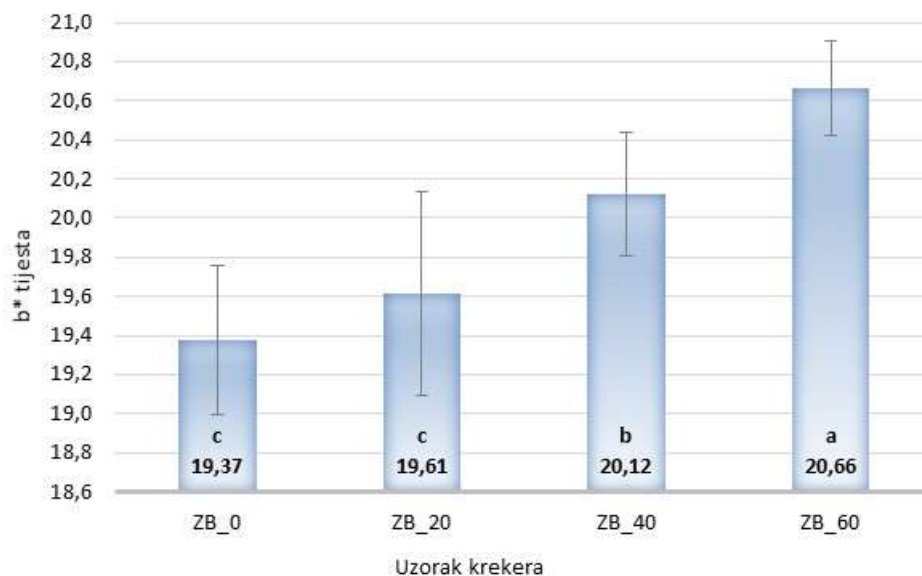
Slika 26: Vrijednosti svjetline gornje i donje površine krekeri: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom unutar iste skupine, a koje su prikazane istom bojom, nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



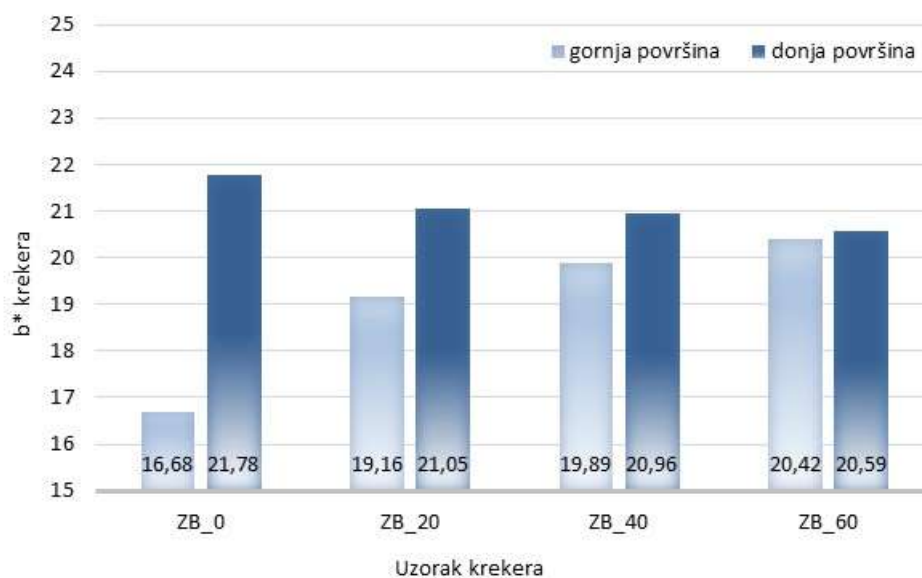
Slika 27: Vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje a^* mjerene na tijestu za krekere: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



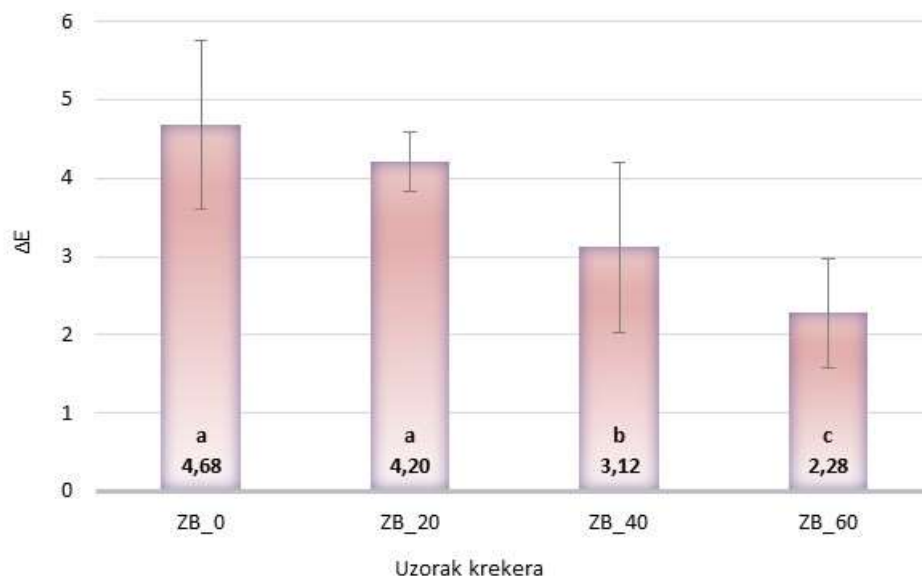
Slika 28: Vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje a^* mjerene na gornjoj i na donjoj površini krejera: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom unutar iste skupine, a koje su prikazane istom bojom, nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 29: Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje b^* mjerene na tjestu za krekere: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

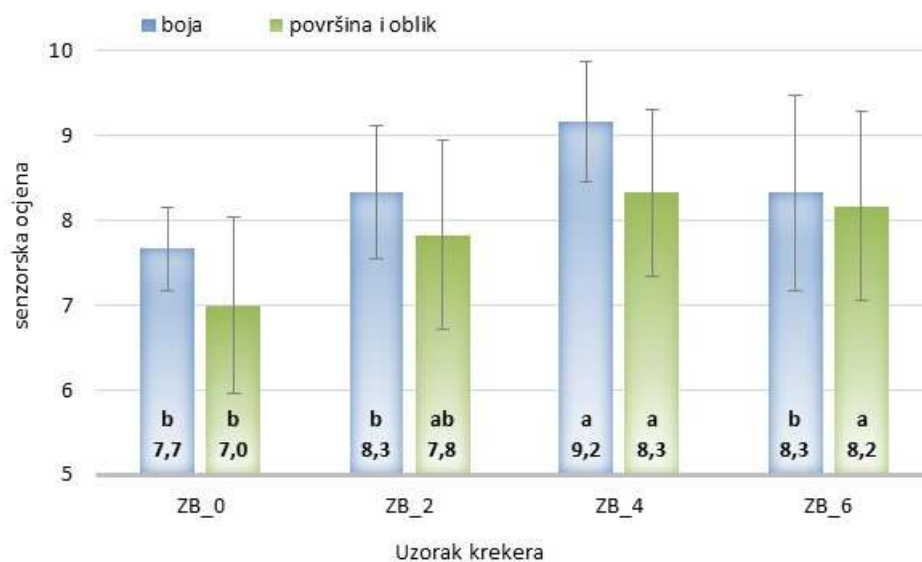


Slika 30: Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje b^* mjerene na gornjoj i na donjoj površini krejera: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom unutar iste skupine, a koje su prikazane istom bojom, nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

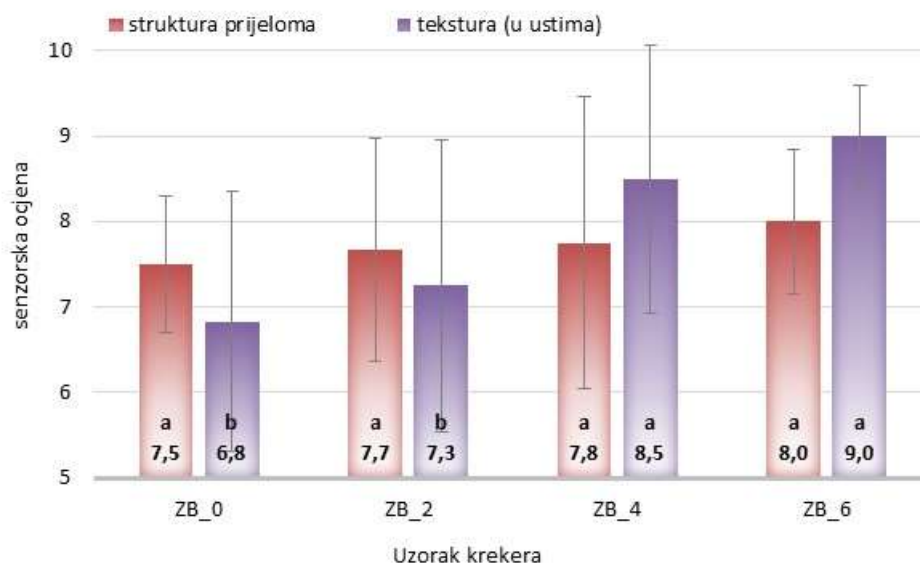


Slika 31: Ukupna promjena boje kreker: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

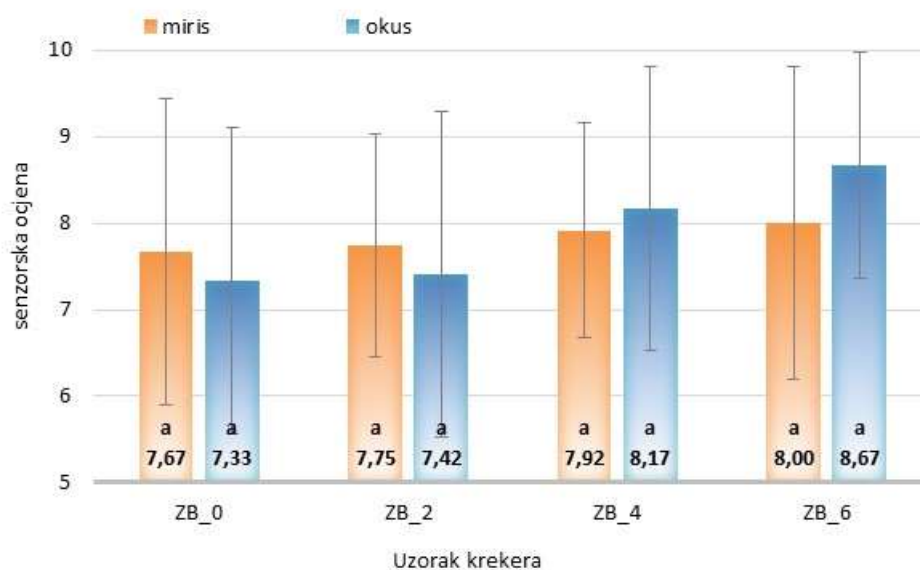
4.5. SENZORSKA OCJENA KREKERA



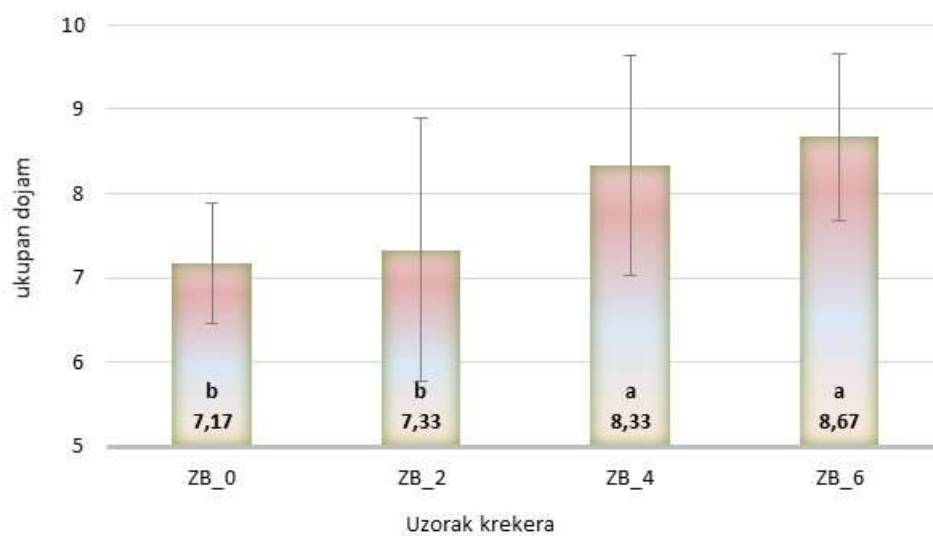
Slika 32: Ocjena boje te površine i oblika kreker: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u stupcima iste boje nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 33: Vizualna ocjena strukture prijeloma te teksture u ustima kreker: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u stupcima iste boje nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 34: Ocjena mirisa i okusa kreker: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u stupcima iste boje nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 35: Ukupan senzorski dojam kreker: ZB_20 – kreker s 20% zobenog brašna; ZB_40 – kreker sa 40% zobenog brašna; ZB_60 – kreker sa 60% zobenog brašna (prikazane su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u stupcima iste boje nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

5. RASPRAVA

Nakon prikupljenih podataka o rezultatima analize krekeru s različitim udjelima zobenog brašna, mogu se uočiti značajne razlike u odnosu na kekere bez dodatka zobenog brašna. Krekerima je određena razlika u masi, volumenu, dužini, visini, boji, teksturi te se provodilo senzorsko ocjenjivanje. Prikaz odnosa mase oblikovanog tijesta za kekere i mase pečenih krekeru (**slika 15**) ukazuje da najveću masu ima oblikovano tijesto za kekere bez dodatka zobenog brašna. Dodatkom 20 i 40% udjela zobenog brašna, masa oblikovanog tijesta se smanjuje. Dodatkom 60% zobenog brašna dolazi do porasta mase oblikovanog tijesta za kekere. Nakon pečenja oblikovanog tijesta, prema dobivenim rezultatima, najveću vrijednost mase ima pečeni kreker bez dodatka te kreker s 60% udjela zobenog brašna. Najmanju masu ima pečeni kreker s 40% udjela zobenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike uzorci tijesta i uzorci krekeru sa udjelom zobenog brašna od 20% i 40% se statistički značajno ne razlikuju ($p < 0,05$), kao ni međusobno uzorci s 20% i 60%. Suprotno tome, uzorak oblikovanog tijesta te pečenih krekeru s udjelom 0% zobenog brašna statistički se značajno razlikuju od ostalih uzoraka.

Na **slici 16** vidljivo je da porastom udjela zobenog brašna povećava se i gubitak mase. Uzorak s 60% zobenog brašna ima najveći gubitak mase dok uzorak s 100% pšeničnog brašna odnosno 0% zobenog brašna ima najmanji gubitak mase. Naime, gubitak mase tijekom pečenja posljedica je isparavanja slobodne vode iz uzorka primjenom visoke temperature odnosno tijekom procesa pečenja uzorka krekeru. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike uzorci s 0 i 20% zobenog brašna se međusobno statistički značajno ne razlikuju ($p < 0,05$), kao ni međusobno uzorci s 40 i 60% ($p < 0,05$). Dokazano je da je kod zobenog brašna povećana apsorpcija vode zbog visokog sadržaja vlakana odnosno β -glukana u zobi (Czubaszek i Karolini-Skaradzinska, 2005). Zobeno brašno u usporedbi s pšeničnim ima dobra hidratantna svojstva škroba u odnosu na pšenični škrob, a s time i bolja svojstva otpuštanja vode isparavanjem što rezultira smanjenjem mase (Tamba-Berehoiu i sur., 2019).

Analiza krekeru nakon pečenja započinje određivanjem visine i dužine pečenih uzoraka krekeru čime dobiveni rezultati prikazani na **slici 17** pokazuju da je najveća dužina krekeru izmjerena kod uzorka s dodatkom zobenog brašna u udjelu od 60%, a najmanja dužina kod uzorka krekeru bez dodatka zobenog brašna. Dobiveni rezultati nakon određivanja visine krekeru pokazuju da najveću visinu ima uzorak krekeru bez dodatka zobenog brašna, a najmanja visina je izmjerena kod uzorka krekeru s udjelom zobenog brašna od 60%. Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike između dužine uzoraka s udjelom zobenog brašna od 0, 20 i 40% nema statistički značajne razlike nema ($p < 0,05$).

Nadalje, prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike između izmjerenih visina uzoraka krekeru utvrđeno je da između uzoraka s 0 i 20% udjela zobenog brašna te između 40 i 60% udjela zobenog brašna nema statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Rezultati određivanja koeficijenta širenja krekeru prikazani na **slici 18** pokazuju da najveći koeficijent širenja ima kreker sa udjelom zobenog brašna od 60%, a najmanji bez dodatka zobenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike između uzoraka s 0 i 20% te 40 i 60% udjela zobenog brašna nema statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Provedbom mjerenja specifičnog volumena krekeru dobiveni rezultati prikazani na **slici 19** pokazuju da dodatkom zobenog brašna u udjelima od 20, 40 i 60% dolazi do smanjenja specifičnog volumena uzoraka krekeru. Prema navedenom, najveći specifični volumen ima uzorak krekeru bez dodatka zobenog brašna. Upotrebom Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike utvrđeno je da između uzoraka krekeru s udjelom zobenog brašna od 40 i 60% nema statistički značajne razlike ($p < 0,05$), dok se uzorci krekeru s 0 i 20% udjela zobenog brašna statistički razlikuju od ostalih ($p < 0,05$).

Nakon analize teksture krekeru koja uključuje čvrstoću, red smicanja, prosječni red smicanja i hrskavost krekeru dobiveni su rezultati koji potvrđuju da povećanjem udjela zobenog brašna u uzorcima dolazi do smanjenja čvrstoće prikazano na **slici 20**, rada smicanja i prosječnog rada smicanja (**slika 21**, **slika 22**). Gledajući rezultate za čvrstoću uzorka vidljivo je da uzorak sa 0% zobenog brašna ima najveću vrijednost dok uzorak s 60% zobenog brašna ima najmanju vrijednost. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 40 i 60% ($p < 0,05$) udjela zobenog brašna nema statistički značajne razlike. Prema rezultatima za određivanje rada smicanja utvrđeno je da uzorak krekeru s 0% zobenog brašna odnosno 100% pšeničnog brašna ima najveću vrijednost koja dodatkom 20, 40, 60% zobenog brašna opada. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između svih uzoraka postoji statistički značajna razlika ($p < 0,05$). Iz rezultata analize prosječnog rada smicanja vidljivo je da uzorak bez dodatka zobenog brašna ima najveću vrijednost, dok uzorak s 60% zobenog brašna ima najmanju vrijednost prosječnog rada smicanja što se može uočiti na **slici 22**. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika utvrđeno je da između svih uzoraka postoji statistički značajna razlika ($p < 0,05$).

Suprotno analizama čvrstoće, rada smicanja i prosječnog rada smicanja te rezultati određivanja hrskavosti potvrđuju da povećanjem udjela zobenog brašna u uzorcima dolazi do povećanja hrskavosti krekeru. Na **slici 23** prikazano je da najveću vrijednost hrskavosti ima uzorak s 60% zobenog brašna dok najmanju vrijednost ima kreker bez dodatka zobenog brašna.

Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 0% i 20% nema statistički značajne razlike, dok se uzorci s 40 i 60% statistički značajno razlikuju od ostalih uzoraka ($p < 0,05$). Kao što je navedeno prema istraživanjima (Tamba-Berehoiu i sur., 2019) zobeno brašno bolje apsorbira vodu ali i ona brže isparava podvrgavanjem visokim temperaturama. Takva svojstva doprinose povećanju hrskavosti što je poželjno kod proizvoda kao što su krekeri.

Prema rezultatima analize lomljivosti krekeri prikazano na **slici 24** najveću lomljivost ima uzorak krekeri bez dodatka zobenog brašna. Dodatkom zobenog brašna dolazi do smanjenja lomljivosti krekeri. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka nema statistički značajnih razlika ($p < 0,05$).

Rezultati određivanja boje kolorimetrom pokazuju da su uzorci tijesta krekeri od pšeničnog brašna bez dodatka zobenog brašna svijetliji od krekeri kojem je pšenično brašno zamijenjeno sa udjelima zobenog brašna od 20, 40 i 60%. Uzorak tijesta krekeri s 60% udjela zobenog brašna ima najmanju vrijednost svjetline kao što je prikazano na **slici 25**. Fisher-ovim LSD testom najmanje značajne razlike određeno je da između uzoraka s 0 i 20%, te 40 i 60% udjela zobenog brašna nema značajne statističke razlike ($p < 0,05$).

Na temelju analize svjetline gornje i donje površine krekeri prikazane vrijednosti na **slici 26** potvrđuju da najmanju vrijednost svjetline gornje i donje površine krekeri ima uzorak sa najvećim udjelom zobenog brašna dok uzorak krekeri bez dodatka zobenog brašna ima najveću vrijednost svjetline gornje i donje površine krekeri. S obzirom na rezultate analize uočeno je da najveću vrijednost svjetline ima uzorak donje površine krekeri s 0% dodanog zobenog brašna dok najmanju vrijednost svjetline ima uzorak gornje površine sa udjelom od 60% zobenog brašna.

Vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje a^* mjerene na tijestu za krekeri prikazane na **slici 27** potvrđuju da povećavajući udio zobenog brašna dolazi do povećanja vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje. Rezultat uzorka tijesta za krekeri bez dodatka zobenog brašna ima najmanju vrijednost dok uzorak tijesta s 60% udjela zobenog brašna ima najveću vrijednost kromatske komponente crveno-zelene boje. Fischer LSD test najmanje značajne razlike pokazuje da između svih analiziranih uzoraka tijesta postoji statistički značajna razlika ($p < 0,05$).

Vidljive vrijednosti (**slika 28**) rezultata analize kromatske komponente crveno-zelene boje mjerene na gornjoj i na donjoj površini krekeri prikazuju da dodatkom zobenog brašna dolazi do porasta vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje mjerene na gornjoj i donjoj površini krekeri.

Najmanje vrijednosti koje su negativne, izmjerene su na gornjoj površini uzoraka kreker sa udjelima od 0, 20 i 40% zobenog brašna. Nakon dodatka zobenog brašna u udjelu od 60% izmjerena je pozitivna vrijednost. Vrijednosti izmjerene za donju površinu kreker nisu negativne ali su u porastu dodatkom zobenog brašna u različitim udjelima. Gledajući rezultate analize najmanja vrijednost kromatske komponente crveno-zelene boje izmjerena je na gornjoj površini uzorka bez dodatka zobenog brašna, dok je najveća vrijednost izmjerena na donjoj površini uzorka s dodatkom zobenog brašna u udjelu od 60%.

Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje mjerene na tijestu za kekere vidljive na **slici 29** pokazuju da dodatkom zobenog brašna dolazi do porasta tih vrijednosti pa time tijesto za kekere bez dodatka zobenog brašna ima najmanju vrijednost kromatske komponente žuto-plave boje dok je za tijesto s dodatkom 60% zobenog brašna izmjerena najveća vrijednost. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između ispitivanih uzoraka s 0 i 20% nema značajnih statističkih razlika ($p < 0,05$) dok se uzorci s 40 i 60% statistički značajno razlikuju od ostalih uzoraka ($p < 0,05$).

Analizirajući vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje mjerene na gornjoj i na donjoj površini kreker najmanju vrijednost kromatske komponente žuto-plave boje na gornjoj površini kreker ima kreker bez dodatka zobenog brašna, a najveću vrijednost ima kreker s udjelom zobenog brašna od 60%. S druge strane, vrijednosti za donju površinu kreker pokazuju da najveću vrijednost ima kreker s 0% udjela zobenog brašna, a najmanju vrijednost kreker sa 60% udjela zobenog brašna što je prikazano na **slici 30**.

Ukupna promjena boje kreker prema rezultatima analize vidljivih na **slici 31**, pokazuje da je najveća ukupna promjena boje određena kod kreker bez dodatka zobenog brašna, a dodavanjem zobenog brašna u udjelima od 20, 40 i 60% vrijednosti se povećavaju pa je tako najveća ukupna promjena boje izračunata kod kreker s 60% udjela zobenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike kod uzorka s 0 i 20% udjela zobenog brašna nema statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Zobeno brašno je bogato vlaknima, a prema istraživanjima (Lee i Ha, 2011) što je veći sadržaj vlakana, manja je vrijednost ukupne boje proizvoda. Još jedan razlog zbog kojeg zobeno brašno daje svjetliji krajnji proizvod pripisuje se smanjenju količine vode dostupne za reakcije posmeđivanja (Tamba-Berehoiu i sur., 2019).

Na kraju analize provedeno je senzorsko ocjenjivanje kreker u kojem su pripadajuće ocjene nastale kao rezultat stručnog ocjenjivanja i subjektivnih dojmova. Obradom rezultata prikazanih na **slici 32** vidljivo je da je uzorak kreker s udjelom od 40% zobenog brašna senzorski najbolje ocijenjen s obzirom na vanjski izgled u kategoriji boje, površine i oblika.

Uzorak krekeru koji se prema podacima dobivenih obradom rezultata smatra najmanje prihvaćenim je uzorak bez dodatka zobenog brašna koji nosi najnižu ocjenu kako boje tako i površine i oblika. Zanimljiv podatak koji se vidi iz priloženih rezultata je da su uzorci krekeru s 20 i 60% udjela zobenog brašna jednako ocijenjeni s obzirom na boju krekeru. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika upravo uzorak krekeru s 40% udjela zobenog brašna statistički se značajno razlikuje s obzirom na boju od ostalih uzoraka ($p < 0,05$) između kojih prema Fisher-ovom LSD testu nema statistički značajnih razlika ($p < 0,05$). Rezultati Fisher-ovog testa za površinu i oblik pokazuju da između uzoraka krekeru bez dodatka zobenog brašna i dodatka zobenog brašna u udjelu od 20% nema statistički značajne razlike kao što je evidentirano i između uzoraka s udjelom zobenog brašna od 20, 40 i 60% ($p < 0,05$).

Prema obrađenim rezultatima vizualnog ocjenjivanja strukture prijeloma krekeru te teksture krekeru u ustima (**slika 33**) vidljivo je da su uzorci krekeru s 60% udjela zobenog brašna najbolje ocijenjeni s obzirom na ova svojstva, suprotno tome uzorci bez dodatka zobenog brašna imaju najniže ocjene strukture prijeloma krekeru i njegove teksture u ustima. Prema Fisher testu najmanjih značajnih razlika za strukturu prijeloma krekeru nema značajnih razlika između krekeru s obzirom na udio dodanog zobenog brašna. Nadalje, prema Fisher-ovom testu za ocjene teksture krekeru u ustima nema statistički značajne razlike između krekeru s 0 i 20% udjela zobenog brašna, kao ni između krekeru s 40 i 60% udjela zobenog brašna.

Rezultati ocjene senzorskih svojstava krekeru odnosno mirisa i okusa prikazanih na **slici 34** pokazuju da su krekeri s udjelom od 60% zobenog brašna najbolje ocijenjeni dok uzorci krekeru bez dodatka zobenog brašna imaju najmanju vrijednost ocjene za navedena svojstva. Usprkos tome, prema Fisher-ovim testom najmanje značajne razlike potvrđeno je da nema statistički značajne razlike između uzoraka krekeru kako kod svojstva mirisa tako i kod svojstva okusa.

Na kraju analize ocjena senzorskih svojstava krekeru, podaci rezultata o ukupnom dojmu krekeru vidljivih na **slici 35** pokazuju da je najbolje ocijenjen te ujedno i najprihvatljiviji kreker s dodatkom zobenog brašna u udjelu od 60%. Dodatno tome, prema Fisher-ovom testu najmanje značajne razlike između uzoraka krekeru bez dodatka zobenog brašna i krekeru s 20% udjela zobenog brašna nema statistički značajne razlike kao ni između uzoraka krekeru s 40 i 60% udjela zobenog brašna.

6. ZAKLJUČCI

Analizom uzoraka krekeru od 100% pšeničnog brašna te uzoraka krekeru od pšeničnog brašna uz dodatak zobenog brašna u udjelima od 20, 40 i 60% i obradom dobivenih rezultata zaključeno je sljedeće:

- ✓ Masa oblikovanog tijesta za kekere, kao i masa pečenog krekeru s udjelom od 100% pšeničnog brašna veća je od mase oblikovanog tijesta za pečenje krekeru s dodatkom bilo kojeg udjela zobenog brašna.
- ✓ Tijekom pečenja tijesta za kekere dolazi do statistički značajnog povećanja gubitka mase dodatkom zobenog brašna u svim ispitivanim udjelima
- ✓ Kreker s 60% udjela zobenog brašna ima najveću dužinu.
- ✓ Kreker bez dodatka zobenog brašna ima najveću visinu.
- ✓ Povećanjem udjela zobenog brašna povećava se koeficijent širenja krekeru.
- ✓ Povećanjem udjela zobenog brašna smanjuje se specifični volumen krekeru.
- ✓ Dodatkom zobenog brašna smanjuje se čvrstoća krekeru.
- ✓ Povećanjem udjela zobenog brašna smanjuju se rad smicanja i prosječni rad smicanja.
- ✓ Dodatkom zobenog brašna povećava se hrskavost krekeru.
- ✓ Dodatkom zobenog brašna smanjuje se lomljivost krekeru.
- ✓ Povećanjem udjela zobenog brašna smanjuje se vrijednost svjetline tijesta za kekere kao i vrijednost svjetline gornje i donje površine krekeru.
- ✓ Vrijednost kromatske komponente crveno-zelene boje krekeru povećava se dodatkom udjela zobenog brašna.
- ✓ Vrijednost kromatske komponente žuto-plave boje tijesta povećava se dodatkom zobenog brašna, dok se kod pečenih uzoraka krekeru povećavaju za gornju, a smanjuje za donju površinu krekeru proporcionalno s povećanjem udjela zobenog brašna.
- ✓ Uzorci krekeru s većim udjelom zobenog brašna se nalaze više u domeni žute boje.
- ✓ Najveća ukupna promjena boje izmjerena je kod uzorka krekeru bez dodatka zobenog brašna, a najmanja kod krekeru s dodatkom zobenog brašna.
- ✓ Uspoređujući sve rezultate senzorskih ocjena kod svih promatranih parametara najbolje je ocijenjen kreker s udjelom zobenog brašna od 60% osim za boju i površinu gdje je kao najprihvatljiviji kreker s 40% udjela zobenog brašna.
- ✓ Prema senzorskim ocjenama najprihvatljiviji je uzorak krekeru s 60% udjela zobenog brašna promatrajući rezultate ukupnog senzorskog dojma.

7. LITERATURA

Arendt K.E, Zannini E: Cereal grains for the food and beverage industries. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, U.K., 2013.

Czubaszek A, Karolini-Skaradzinska Z: Effects of wheat flour supplementation with oat products on dough and breadquality. *Polish journal of food and nutrition science* 14/55, 3, 281–286, Wroclaw, 2005.

Davidson I: Biscuit, Cookie and Cracker Production. Academic Press, United Kingdom, 2019.

Gagro M: Žitarice i zrnate mahunarke, Prosvjeta d.d. Bjelovar, Zagreb, 1997.

Hill S. E., Mamat H.: Effect of types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit, *Journal of Food Science*, 51(9), 1998-2005, 2014.

Hodak M: Tehnologija proizvodnje zobi (*Avena sativa L.*), *Završni rad*, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, 2015.

Hosenay R.C., Miller R.A.: Role of salt in Baking, *Cereal Food World*, 53(1), 4-6, 2008.

Kovačević V, Rastija M: *Žitarice*, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, 2014.

Lee Y-N, Ha K-Y: Quality characteristics of bread added with oat flours, *Korean journal of crop science* 56(2):107-112, 2011.

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

Manley, D.: Technology of biscuits, crackers and cookies, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Abington Hall and Corporate Blvd, New York, 2000.

Pravilnik NN 81/2016: Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica, Ministarstvo poljoprivrede

Pravilnik NN 47/2008: Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi

Rose A.H, Harrison J.S: The Yeasts, Yeast Technology. Academic Press, London, 1993.

Tamba-Berehoiu R, Cristea S, Negoita M, Popa N.C, Turtoi M.O.: Bread making potential assessment of wheat-oat composite flours. *Romanian Biotechnological Letters*. 24(3): 522-530, 2019.

Vukšić K: Nutritivna i ljekovita svojstva zobi (*Avena sativa L.*), *Specijalistički rad*, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb, 2016.

Zhou W: Bakery products science and technology, John Wiley & Sons, Ltd, U.K., 2014.