

# Utjecaj ječmenog brašna na kvalitetu krejera

---

**Hojka, Martina**

**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:109:282175>

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

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

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**

Martina Hojka

**UTJECAJ JEČMENOG BRAŠNA NA KVALITETU KREKERA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2020.

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 tjestenine i keksarskih proizvoda**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., stručni suradnik**Utjecaj ječmenog brašna na kvalitetu kreker***Martina Hojka, 0113141585*

**Sažetak:** Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj zamjene pšeničnog brašna s dodatkom ječmenog brašna, u različitim udjelima (20, 40, 60 i 80%), na promjenu kvalitete uzoraka kreker. Uzorci su proizvedeni i pečeni u laboratorijskim uvjetima te potom podvrgnuti analizama. Analizirani su gubitak mase tijekom pečenja, volumen, specifični volumen, visina, dužina, koeficijent širenja i boja. Također, provedeno je i senzorsko ispitivanje uzoraka kreker. Dobiveni rezultati pokazali su da je povećanjem udjela ječmenog brašna došlo do značajnog gubitka mase uzoraka te smanjenja volumena (neovisno o udjelu ječmenog brašna). Nadalje, najveću dužinu imali su uzorci kreker s dodatkom 80% ječmenog brašna. Rezultati mjerenja boje pokazali su da uzorci kreker s dodatkom 80% ječmenog brašna imaju najveću promjenu boje, odnosno najmanju vrijednost svjetline na površini uzorka.

**Ključne riječi:** Kreker, ječmeno brašno, tekstura kreker, senzorska ocjena

*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:** 41 stranica  
28 slika  
3 tablica  
0 priloga  
20 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. Daliborka Koceva Komlenić  | član-mentor   |
| 3. izv. prof. dr. sc. Jasmina Lukinac Čačić | član          |
| 4. izv. prof. dr. sc. Krešimir Mastanjević  | zamjena člana |

**Datum obrane:** 21. srpanj 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 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. 8<sup>th</sup> held on June 25, 2020.

**Mentor:** *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, prof.

**Technical assistance:** *Ana Šušak*, B.Sc. eng. of food technology

### Influence of Barley Flour on the Quality of Crackers

*Martina Hojka, 0113141585*

Summary: Aim of this graduate thesis was to determine the influence of different content of barley flour in change of quality of crackers. The examination was conducted with the addition of barley flour in portions of 20,40 60, 80%. The baked samples were then subjected to analyses. It were analyzed volume, specific volume, height, length, spread coefficient, color. Sensory evaluation was conducted as well. With the increase in the proportion of barley flour, there was a significant weight loss and a decrease in volume. Likewise, the 80% barley flour cracker has the longest length. When the color change was measured, it was also shown that a cracker with a content of 80% barley flour has the largest color change or the lowest value of brightness on the surface of the cracker.

**Key words:** Crackers, barley flour, texture of crackers, sensory evaluation

**Thesis contains:** 41 pages  
28 figures  
3 tables  
0 supplements  
20 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:** July 21, 2020

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

Veliku zahvalnost dugujem svojoj mentorici, prof. dr. sc. Daliborki Koceva Komlenić na velikoj pomoći pri izradi ovog rada, na utrošenom vremenu i strpljenju te stručnom vodstvu prilikom izrade ovog rada. Također zahvaljujem se svima ostalima koji su sudjelovali u izradi ovog rada.

Veliku zahvalnost htjela bih izraziti obitelji i prijateljima na potpori i strpljenju tijekom cijelog studiranja.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1 KREKERI .....	4
2.2 SIROVINE ZA PROIZVODNJU KREKERA .....	4
2.2.1 BRAŠNO .....	4
2.2.2. VODA .....	5
2.2.3 ŠEĆER.....	5
2.2.4 MASNOĆE .....	5
2.2.5 SREDSTVA ZA NARASTANJE .....	6
2.2.6 SOL.....	6
2.3 JEČAM.....	6
2.4 TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE KREKERA .....	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	9
3.1 ZADATAK .....	10
3.2 MATERIJALI.....	10
3.3 METODE .....	10
3.3.1 ODREĐIVANJE MASE KREKERA PRIJE I POSLIJE PEČENJE .....	15
3.3.2 ODREĐIVANJE DUŽINE I VISINE .....	15
3.3.3 ODREĐIVANJE VOLUMENA .....	15
3.3.4 ODREĐIVANJE BOJE.....	16
3.3.5 ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA.....	17
3.3.6 SENZORSKA OCJENA.....	18
4. REZULTATI .....	19
4.1 ODREĐIVANJE GUBITKA MASE PEČENJEM.....	20
4.2 ODREĐIVANJE DUŽINE, VISINE I KOEFICIJENTA ŠIRENJA KREKERA.....	20
4.3 ODREĐIVANJE VOLUMENA I SPECIFIČNOG VOLUMENA.....	22
4.4 ODREĐIVANJE BOJE.....	22
4.5 ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA.....	26
4.6 SENZORSKA OCJENA.....	28
5. RASPRAVA .....	29
6. ZAKLJUČCI.....	35
7. LITERATURA.....	37

## **1. UVOD**

Kreker je proizvod koji se konzumira u cijelom svijetu. Prema pravilniku kreker je proizvod dobiven pečenjem tijesta, karakteristične lisnate/hrskave strukture, a sadrži najmanje 10% masnoće, računato na ukupnu masu gotovog proizvoda i sadrži najviše 5% vode (Pravilnik NN 81/2016). Odlika kreker je ako se skladište u odgovarajućim uvjetima njihova trajnost se može produžiti. U proizvodnji kreker često se dodaju različiti dodaci i arome koji im mogu poboljšati nutritivna svojstva i kvalitativne parametre. Osnovne sirovine potrebne za zamjesivanje tijesta kreker su brašno, šećer, sol, voda, masnoća, sredstvo za narastanje. Sirovine se na odgovarajući način pripreme i odvažu prema recepturi.

Ječam (*Hordeum vulgare* L.) je jednogodišnja biljka iz porodice trava (*Graminae/Poaceae*) koja se odavnina uzgaja. Koristi se u ljudskoj prehrani, prehrani životinja te kao sirovina za pripremu slada koji je temeljna sirovina u proizvodnji piva .

Cilj ovog rada je proizvodnja kreker u laboratorijskim uvjetima s dodatkom ječmenog brašna u udjelima 20%, 40%, 60%, i 80%. Dobiveni uzorci su analizirani i međusobno uspoređeni. Na uzorcima su provedena mjerenja mase prije i poslije pečenja, volumena, specifičnog volumena, dužine, visine, teksture, boje, te su analizirana i senzorska svojstva.



## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1 KREKERI

Krekere pripadaju u skupinu finih pekarskih proizvoda. Prema pravilniku definiraju se kao proizvod dobiven pečenjem tijesta, karakteristične lisnate/hrskave strukture, a sadrže najmanje 10% masnoće, računato na ukupnu masu gotovog proizvoda koji sadrži najviše 5% vode (Pravilnik NN 81/2016). Tijesto za krekere može biti fermentirano i nefermentirano.

## 2.2 SIROVINE ZA PROIZVODNJU KREKERA

Osnovne sirovine za proizvodnju krekeru su brašno, masnoće, voda, sol, šećer, sredstvo za narastanje. U proizvodnji se mogu koristiti i dodatne sirovine poput različitih aroma i začina, mlijeka u prahu, sladnih ekstrakata itd.

### 2.2.1 BRAŠNO

Pšenica (*Triticum species*) je jednogodišnja biljka iz porodice trava (*Poaceae*). Prema klasifikaciji pšenica je prava ili strna žitarica (Bayles, Clark, 1954.) Brašno je najvažnija sirovina u proizvodnji krekeru. Brašno nema veliki utjecaj na okus, ali utječe na tvrdoću, teksturu i oblik gotovih krekeru. Prema pravilniku pšenično brašno je proizvod koji se dobiva mljevenjem endosperma pšenice nakon izdvajanja usplođa i klice (Pravilnik NN 81/21016). Za proizvodnju krekeru koriste se srednje jaka brašna kategorije B2 ili C1 koja sadrže minimalno 10,5% proteina ili više. Ako je u brašnu veći udio mineralnih tvari tijekom pečenja dolazi do oslabljenja glutena te može doći do posivljenja krekeru (Manley, 2000.). Za razliku od pšeničnog brašna, ječmeno brašno ne sadrži gluten. Brašno ima najvažniju ulogu od svih sirovina. Održava tijesto u viskoelastičnom obliku, zadržava sve sastojke unutar strukture tijesta, odgovorno je za teksturu, tvrdoću i oblik proizvoda (Chavan et al., 2016.). U **tablici 1** prikazan je prosječni sastav pšeničnog brašna (Manley, 2000.). Najvažniji sastojak u sastavu brašna je gluten koji je odgovoran za elastičnost tijesta i zadržavanje plinova unutar fermentacije (Wieser, 2007.)

Tablica 1: Prosječni sastav pšeničnog brašna (Wieser, 2007.)

Komponenta	Udio (%)
Proteini	73
Škrob	16
Lipidi	1,0
Mineralne tvari	1,2
Vlakna	0,8
Vlaga	8,0

### 2.2.2. VODA

U proizvodnji bilo kojih proizvoda, a ne samo krekeri, voda mora biti zdravstveno ispravna. Prema pravilniku voda za piće jest sva voda koja je u svojem izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje, pripremu hrane ili druge kućanske namjene. Zdravstveno ispravnom vodom za piće smatra se voda koja ne sadrži mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji predstavlja opasnost za zdravlje ljudi, te ne sadrži tvari u koncentracijama koje same ili zajedno s drugim tvarima predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi (Pravilnik NN 47/2008).

### 2.2.3. ŠEĆER

Kao šećer u proizvodnji krekeri koristi se saharoza. Značajnu ulogu šećer ima u fermentiranom tijestu krekeri. Šećer služi kao hrana za kvasac i poboljšava sposobnost proizvodnje plinova u tijestu. Saharozu je topljivi šećer te se djelomično ili potpuno otapa u vodi, a zatim kristalizira u amorfni oblik. Ukoliko se u tijestu nalazi veća količina šećera, gotovi proizvod će biti tvrdi. Zbog svoje topljivosti kada se tijesto stavi u zagrijanu pećnicu i tijesto se počne zagrijavati početi će se širiti. Isto tako šećer ima veliki utjecaj na želatinizaciju škroba tako što povećava temperaturu želatinizacije i omogućuje da tijesto u pećnici raste duže vrijeme prije potpune želatinizacije škroba (Manley, 2000.). Također, neizostavnu ulogu ima u povećanju volumena, teksturi proizvoda i djeluje kao konzervans (Mamat and Hill, 2018.).

### 2.2.4. MASNOĆE

Masnoće imaju izravan utjecaj na teksturu tijesta. Mogu se koristiti masnoće animalnog ili biljnog podrijetla. Ukoliko se masnoće dodaju u većoj količini ponekad nije ni potrebno ni dodavati vodu, a dobije se tijesto odgovarajuće konzistencije. Masnoće obavijaju čestice brašna i tako omogućuju smanjenje čvrstoće glutena i daju tijestu elastično-plastična

svojstva. Masnoće daju gotovom proizvodu odgovarajuću teksturu. U ovisnosti koju masnoću se dodaje dobije se više ili manje kvalitetan proizvod. U proizvodnji krekeri i ostalih keksarskih proizvoda koriste se biljna mast, margarin i maslac. Biljna mast sadrži 100% masti dok maslac sadrže otprilike 80% masti. Biljna mast je najupotrebljavanija masnoća u industriji (Mamat and Hill, 2014.).

### 2.2.5 SREDSTVA ZA NARASTANJE

Sredstva za narastanje koriste se kako bi se povećao volumen gotovog proizvoda. Ovisno o tome od kakvog tijesta se rade koriste se kemijska sredstva poput praška za pecivo ili biološka sredstva poput pekarskog kvasca. Kada je riječ o krekerima, krekeri se mogu raditi od fermentiranog i nefermentiranog tijesta. Ukoliko se radi o fermentiranom tijestu tada se koristi pekarski kvasac, a ako se radi o nefermentiranom tijestu koriste se kemijska sredstva kao što je prašak za pecivo. Pekarski kvasac je aktivna kvašćeva biomasa koja se u komercijalnoj proizvodnji proizvodi u obliku dehidriranih stanica jednog ili više sojeva gljivice *Saccharomyces cerevisiae* (Akbar et al., 2012.). Uloga kvasca u tijestu je da utječe na porast volumena tijesta i stvaranje plinova prije svega CO<sub>2</sub>, također ima ulogu u stvaranju željene arome i strukture proizvoda (Rollini et. al., 2007.).

### 2.2.6 SOL

Sol je začim dobiven postupkom dehidracije u vakuumu iz morske vode kako bi se dobili željeni kristali određene veličine (morska sol) te iskapanjem i pročišćavanjem kamene soli u rudnicima soli. Sol u proizvodnji krekeri ima više uloga. Jedna od uloga je da utječe na okus gotovog proizvoda. Više značajnije je da učvršćuje tijesto i stabilizira tijekom fermentacije. Ukoliko je veća količina soli u tijestu ono može narušiti tijek fermentacije onemogućujući kvascu razmnožavanje (Hosenay and Miller, 2008).

## 2.3 JEČAM

Ječam je jednogodišnja biljka iz porodice trava. Koristi se u ljudskoj prehrani, prehrani životinja i kao temeljna sirovina za dobivanje ječmenog slada koji se koristi u pivarstvu. U ljudskoj prehrani ječam se najviše konzumira u obliku pahuljica, juha od ječmene kaše,

Dodatak ječmenog brašna za obogaćivanje drugih proizvoda (Baik, Ullrich, 2008.). Određene vrste ječma sadrže pljevicu koja je čvrsto građena uz zrno, a potrebno ju je maknuti prije početka obrade. Pljevica je bogata lizinom i ligninom, a uklanjanjem pljevice znatno se nutritivno osiromašuje zrno. Danas se više sade vrste koje ne sadrže pljevicu kako bi se izbjegao proces ljuštenja pljevice sa zrna (Pitzer, 2009.). Najvažniji protein ječma je hordein. Hordein se nalazi u zrnu ječma u rasponu od 30-50% u odnosu na ostale proteine (Eagles H. A., 1996.). Ječmeno brašno dobiva se mljevenjem cijelog zrna. Ječmeno brašno se ne koristi kao temeljno brašno u proizvodima već se koristi kao dodatak u obogaćivanju primjerice pšeničnog brašna. Istraživanja su pokazala da ako se ječmenog brašna doda u koncentracijama 15-20% dobije se odgovarajuća struktura, izgled i aroma. Međutim, doda li se veća koncentracija ječmenog brašna doći će do smanjenja volumena proizvoda, bezlične smeđe boje i korica će imati tvrdnu hrskavu teksturu (Collar, Angioloni, 2014.). Ječam sadrži  $\beta$ -glukan koji ima pozitivne učinke u ljudskoj prehrani.  $\beta$ -glukan pridonosi smanjenju kolesterola i smanjenju šećera u krvi, te je prepoznat kao bogat izvor nekih esencijalnih aminokiselina (Björn et al., 2008.). Uspoređujući izgled i dobivanje pšeničnog brašna, u proizvodnji ječmenog brašna problem predstavljaju ječmene posije koje su lomljivije od onih pšeničnih te je tijekom procesa mljevenja otežan proces i treba se paziti na odvajanje posija iz brašna ukoliko se želi dobiti čisto bijelo brašno (Klamczynski A.P, Czuchajowska Z., 1999.). Uobičajeno ječmeno brašno sadrži vidljive mrvice posija koje kasnije potamne te ječmeno brašno sadrži veći udio mineralnih tvari nego standardno pšenično brašno T-550. Ječmeno brašno dobiveno pomoću mlina s valjcima postiže se 70% iskorištenja iz zrna i sadrži više od 1% mineralnih tvari (pepela), dvostruko više nego što je udio mineralnih tvari kod standardnog bijelog pšeničnog brašna T-550. Prema istraživanjima dobivenim na farinografu ječmeno brašno ima kraće vrijeme razvijanja tijesta (2 minute). Razlog tome je što ječmeno brašno brže upija vodu od pšeničnog, za što se pretpostavlja da je razlog to što ječmeno brašno sadrži veće udjele proteina,  $\beta$ -glukana i pentozana. Međutim, broj padanja pokazuje da je gel koji tvori ječmeno brašno manje stabilan od gela pšeničnog brašna. Granule škroba u ječmenom brašnu su više osjetljive odnosno krhkije od granula škroba pšeničnog brašna te hlađenjem na 50°C tvore viskoznu pastu. Kada se vruća škrobna pasta počne hladiti, dolazi do retrogradacije (napuštanje vode iz sustava gela i kristalizacija molekula škroba). Takvi rezultati pokazuju da se škrob u ječmu teško može želatinizirati (Bhatty, 1993.). Iz takvih rezultata se vidi da se ječmeno brašno može

koristiti samo kao dodatak u postizanju povećanja nutritivne kvalitete proizvoda, ali nema svojstva da bude korišten kao samostalno brašno u mnogim proizvodima na bazi brašna.

## 2.4 TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE KREKERA

Proizvodnja krekeri počinje pripremom sirovina. Potrebno je osigurati da brašno bude bez grudica i primjesa. Masnoće je potrebno temperirati kako bi se mogle dobro razmiješati i obuhvatiti čestice brašna. Voda treba biti zdravstveno ispravna. Da bi se napravio dobar zamjes potrebno je napraviti odvagu sirovina prema recepturi. Ukoliko se rade krekeri od fermentiranog tijesta moguće je napraviti na više načina. Prvi je da se sve sirovine (brašno, masnoća, kvasac, sol, šećer voda) zamjese u mjesilici. Za krekeri od fermentiranog tijesta kao sredstvo za narastanje koristi se svježiji pekarski kvasac ili suhi instant kvasac. Treba biti oprezan kod suhog kvasca jer se on dodaje u 50% manjoj količini od svježeg kvasca. Ako se želi postići neka određena aroma i/ili okus dodaju se različiti dodaci poput začina, aromatičnog bilja itd. Zamješeno tijesto se stavlja na fermentaciju na određeno vrijeme (4-16) sati. Poslije fermentacije tijesto se lagano premijesi te se oblikuje na laminatoru. U postupku laminiranja dodaje mu se masno tijesto koje je zamješeno od brašna, masnoće, soli i sredstva za narastanje (praška za pecivo). Takvo tijesto se dodaje kako bi se dobila lisnatost proizvoda koji su odlika krekeri. Iz dobivenih tjestenih traka pomoću kalupa se vade krekeri iz tjestene trake. Drugi način pripreme krekeri je da se prvo napravi kvasno tijesto od kvasca, brašna, vode i soli te se to tijesto fermentira. Po završetku fermentacije u kvasno tijesto se dodaju ostatak brašna i ostalih sirovina. Takvo tijesto se stavlja na međudmaranje nekoliko sati, potom se oblikuje na laminatoru u tjestene trake iz kojih se vade pomoću kalupa željeni oblici. Ukoliko se rade krekeri od nefermentiranog tijesta, prvo se zamjese sol, šećer, proteolitički enzimi, masnoće, sladni ekstrakt i voda kako bi se postigla homogenost smjese, a potom se dodaje brašno i sredstvo za narastanje. Proteolitički enzimi omekšavaju gluten i zamjenjuju ulogu kvasca u fermentaciji. Takvo tijesto se također oblikuje na laminatoru i pomoću kalupa izvlače oblici koji se žele postići. Pečenje se odvija u prethodno zagrijanoj pećnici između 4,5 do 5 minuta. Hlađenje se može odvijati prirodno, umjetno ili kombinirano (Manley, 2000.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1 ZADATAK

Zadatak ovog rada je praćenje utjecaja dodatka ječmenog brašna u proizvodnji krekeru u laboratorijskim uvjetima. Ječmeno brašno dodavano je pri zamjesu tijesta za kekere kao zamjena za pšenično brašno u udjelima 20, 40, 60, 80%.

### 3.2 MATERIJALI

Sirovine za izradu osnovnog tijesta:

- 250,00 g pšenično brašno T-550, Tena,
- 6,25 g kvasac, Digo,
- 3,75 g kuhinjska sol,
- 3,125 g šećer,
- 37,5 g margarin, Zvijezda,
- Ječmeno brašno (u udjelima 20, 40, 60, 80 %),
- 100 g voda (destilirana).

Sirovine za izradu masnog tijesta:

- 52,5 g brašno T-550, Tena,
- 0,94 g kuhinjska sol,
- 40 g margarin, Zvijezda,
- 1 g prašak za pecivo, Dr.Oetker.

### 3.3 METODE

Sirovine se odvažuju na tehničkoj laboratorijskoj vagi, a zamjes se provodi metalnim nastavcima za zamjes tijesta u posudi električne mjesilice. U posudu mjesilice se prvo doda masnoća, šećer, sol odvagani prema recepturi. Sastojci se miješaju drugom brzinom otprilike 30 sekundi. Nakon 30 sekundi dodaje se brašno (mješavina ječmenog i pšeničnog) te se nastavi miješati na drugoj brzini jednu minutu (**slika 1**).





Slika 1: Prikaz zamjesa masnoća s brašnom

Ponekad je potrebno zaustaviti mjesilicu i s nastavka, te stijenki i dna posude skinuti sirovine koje su se zalijepile . Poslije minute dodaje se kvasac koji je otopljen u maloj količini vode uzete od odvagane vode. Uz kvasac dodaje se i preostala količina odvagane vode te se sve zajedno miješa još otprilike jednu minutu i 30 sekundi ( **slika 2** ). Također, ponekad je opet potrebno skidati zalijepljeno tijesto s nastavaka, stijenki i dna posude.



Slika 2: Zamjes tijesta sa svim sirovinama

Dobiveno se tijesto ručno domijesi i okruglo oblikuje, stavi se u plastične posudice i prekrije plastičnom folijom i stavi u vodenu kupelj na fermentaciju (**slika 3**). Fermentacija se provodi 22—24 sata pri temperaturi od 30 °C.



Slika 3: Tijesto u vodenoj kupelji stavljeno na fermentaciju

Nakon završetka fermentacije tijesto se izvadi iz posudice, lagano se ručno premijesi te se postavlja u laminator na oblikovanje tjestene trake. Kroz laminator se provodi jednom na stupnju 6 te se zatim dodaje masno tijesto.

Masno tijesto se zamjesuje u električnoj mijesilici. Najprije se stavi odvagani margarin, sol, prašak za pecivo kako bi se postigla što homogenija struktura i kako bi čestice margarina mogle što bolje obaviti čestice brašna. Sirovine se miješaju otprilike 30 sekundi, te se potom dodaje brašno te se sve miješa još otprilike još 2,5 minute. Dobiveno tijesto je potrebno još ručno premjesiti. Masno tijesto se ručno razvuče pomoću valjka na što tanju tjestenu traku, te se stavi na jednom laminirano osnovno tijesto za kreker. Bitno je da masno tijesto pokrije više od polovice tjestene trake osnovnog tijesta. Tako spojena 2 tijesta se preklope i puste kroz laminator jednom na stupnju 6 te 3 puta kroz 4. stupanj (**slika 4**). Iza svakog propuštanja kroz laminator potrebno je preklopiti tijesto kako bi se dobila lisnatost karakteristična za kreker.



Slika 4: Laminiranje tijesta

Iz takvog laminiranog tijesta se pomoću kalupa vade željeni oblici krekeri (**slika 5**). Prije pečenja tijesto je potrebno izbušiti kako bi zrak mogao ravnomjerno prolaziti kroz tijesto i kako bi se dobili krekeri što ravnije površine te kako se slojevi ne bi razdvojili. Tako oblikovano tijesto peče se 6 minuta na 240 °C (**slika 6**). Nakon hlađenja od minimalno 30 minuta provodi se analiza.



Slika 5: Oblikovanje krekeri pomoću kalupa



Slika 6: Pečenje kreker

Nakon što se krekeri ohlade kako bi se spriječilo njihovo upijanje vlage iz zraka i utjecaj s atmosferskim plinovima te pakiraju se u plastične vrećice sa zip zatvaračem (slika 7).



Slika 7: Pečeni uzorci kreker

### 3.3.1 ODREĐIVANJE MASE KREKERA PRIJE I POSLIJE PEČENJE

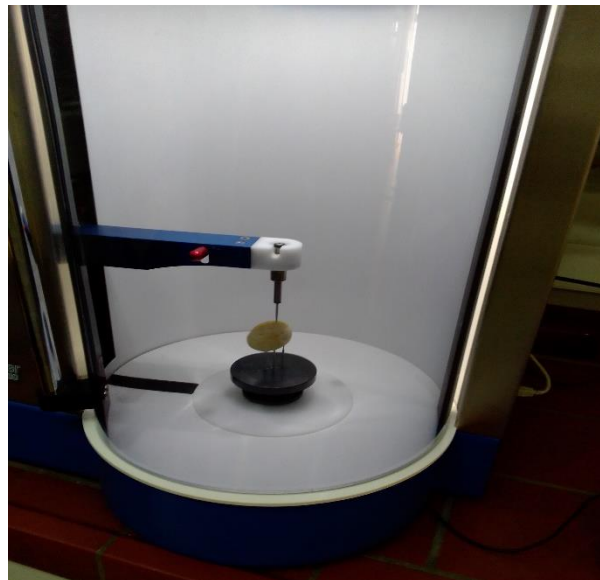
Odabere se 6 uzoraka oblikovanih krekeri sirovog tijesta i izvaže se njihova masa prije i poslije pečenja. Važno je obratiti pozornost na redoslijed na limu kod pečenja kako bi se dobili dobri rezultati.

### 3.3.2 ODREĐIVANJE DUŽINE I VISINE

Dužina se određuje tako da se komadi pečenih krekeri poredaju jedan do drugoga, te im se uz pomoć ravnala izmjeri dužina. Nakon toga svaki kreker se zarotira za 90° i ponovi se postupak mjerenja dužine. Kod određivanja visine uzorci krekeri (6 krekeri) se poredaju jedan na drugi i izmjeri se visina ravnalom. Nakon toga 6 krekeri se slučajnim redoslijedom ponovo slažu jedna na drugi, te se na isti način izmjeri visina.

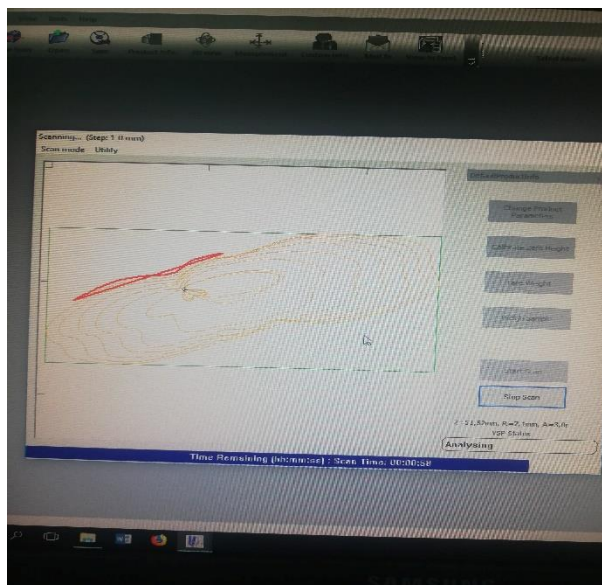
### 3.3.3 ODREĐIVANJE VOLUMENA

Volumen krekeri mjerio se na uređaju Volscan Profiler (**slika 8**). U uređaj se na male metalne šiljke nabode kreker i na vrh krekeri se zabode metalni šiljka koji održava da se kreker ne pomiče tijekom analize. Kada analiza započne laser prelazi preko krekeri i na računalo šalje podatke o volumenu, specifičnom volumenu, gustoći i dimenziji čvrstih proizvoda (**slika 9**).



Slika 8: Prikaz uređaja za određivanje volumena Volscan profiler





Slika 9: Grafički prikaz rezultata Volscan Profiler-a na računalu

### 3.3.4 ODREĐIVANJE BOJE

Boja uzoraka krekerja određena je pomoću kolorimetra (CR-400, Konica Minolta INC., Osaka Japan) koji se sastoji od senzora i jednostavnog procesora za obradu podataka. Kolorimetar mjeri tirsimulusne vrijednosti boja, a radi radi na principu mjerenja reflektirane količine svjetlosti sa površine osvijetljenog uzorka. Ispitivani uzorak postavlja se na mjerni otvor sonde uređaja, te ga obasjava svjetlost određene valne duljine. Uzorak apsorbira određeni dio spektra, dok se ostatak reflektira i očitava na senzoru uređaja. Rezultat mjerenja reflektirane količine svjetlosti uređaj prikazuje direktno u obliku trisimulusa, kao  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  komponentu CIEL\*a\*b\* sustava boja. Kromatska komponenta boje  $a^*$  označava raspon od zelene do crvene boje. Negativne vrijednosti parametra  $a^*$  označavaju područje zelene boje, a pozitivne vrijednosti  $a^*$  područja crvene boje. Kromatska komponenta boje  $b^*$  označava raspon od žute do plave boje. Pozitivne vrijednosti označavaju područje žute boje, dok negativne vrijednosti označavaju područje plave boje. Akromatska komponenta  $L^*$  označava svjetlinu uzorka, te se kreće u rasponu od 0 do 100, pri čemu vrijednost 0 označava crnu, a vrijednosti 100 bijelu boju. Iz svih vrijednosti ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) se izračunava ukupna promjena boje (Lukinac Čačić, 2012.). Prije postupka mjerenja boje, kolorimetar je kalibriran pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR- A43).

### 3.3.5 ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA

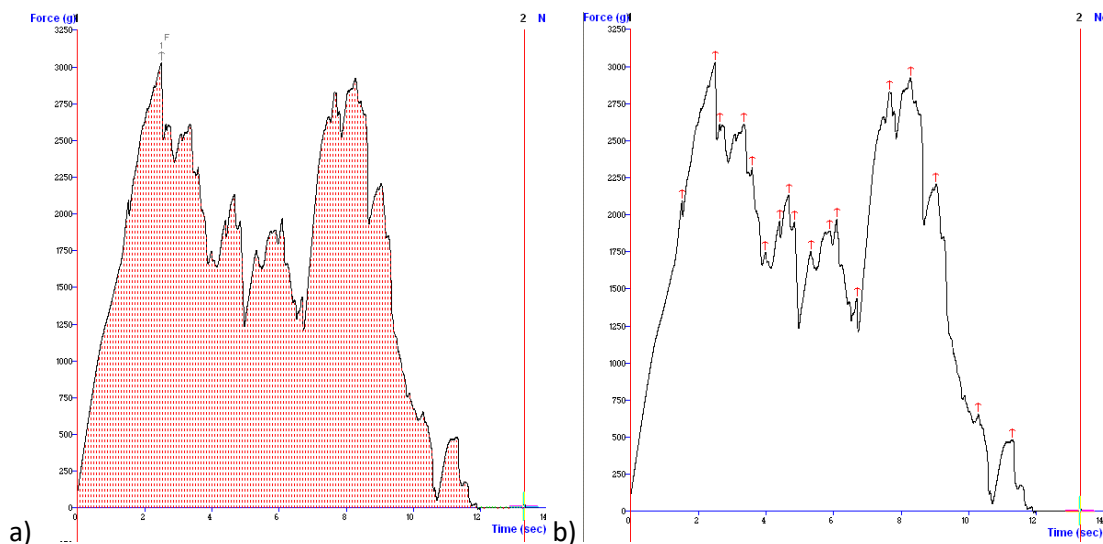
Za određivanje teksturalnih svojstava krekeri koristio se uređaj TA.XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Velika Britanija), a dobiveni podaci su analizirani s Texture Exponent 32 softverom (verzija 3.0.5.0.).

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 očitava 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).



Slika 10: Karakteristična krivulja nakon presijecanja uzorka: a) površina ispod krivulje (rad smicanja), b) broj pikova (hrskavost)

### 3.3.6 SENZORSKA OCJENA

Senzorska ocjena krepera provodi se tako da trenirani senzorski ocjenjivači ocjenjuju boju, površinu i oblik, strukturu (prijelom), miris, teksturu u ustima, okus te ukupan dojam. Ocjenjivali su se uzorci krepera od 100 % pšeničnog brašna, te s udjelima od 20, 40, 60, 80 % ječmenog brašna (**slika 11**). Senzorska ocjena se izražavala skalom od 0-10 (0-u potpunosti neprihvatljivo do 10-u potpunosti prihvatljivo) (**slika 12**).



Slika 11: Prikaz pripremljenih uzoraka za senzorsku analizu

SENZORSKA OCJENA (ocjene 0 - 10, 0 = u potpunosti ne prihvatljivo, 10 = izuzetno prihvatljivo)

Uzorak 0%		Elementi kvalitete		ocjena	
Elementi kvalitete (vizualno)	ocjena	Miris		10	
Boja	7	Tekstura		4	
Površina i oblik	7	Okus		4	
Struktura (prijelom)	5	Ukupan dojam		4	

Uzorak 20%		Elementi kvalitete		ocjena	
Elementi kvalitete (vizualno)	ocjena	Miris		5	
Boja	10	Tekstura		7	
Površina i oblik	10	Okus		3	
Struktura (prijelom)	7	Ukupan dojam		7	

Uzorak 40%		Elementi kvalitete		ocjena	
Elementi kvalitete (vizualno)	ocjena	Miris		5	
Boja	8	Tekstura		5	
Površina i oblik	8	Okus		5	
Struktura (prijelom)	8	Ukupan dojam		5	

Uzorak 60%		Elementi kvalitete		ocjena	
Elementi kvalitete (vizualno)	ocjena	Miris		4	
Boja	7	Tekstura		4	
Površina i oblik	7	Okus		4	
Struktura (prijelom)	4	Ukupan dojam		4	

Uzorak 80%		Elementi kvalitete		ocjena	
Elementi kvalitete (vizualno)	ocjena	Miris		4	
Boja	4	Tekstura		2	
Površina i oblik	4	Okus		2	
Struktura (prijelom)	2	Ukupan dojam		2	

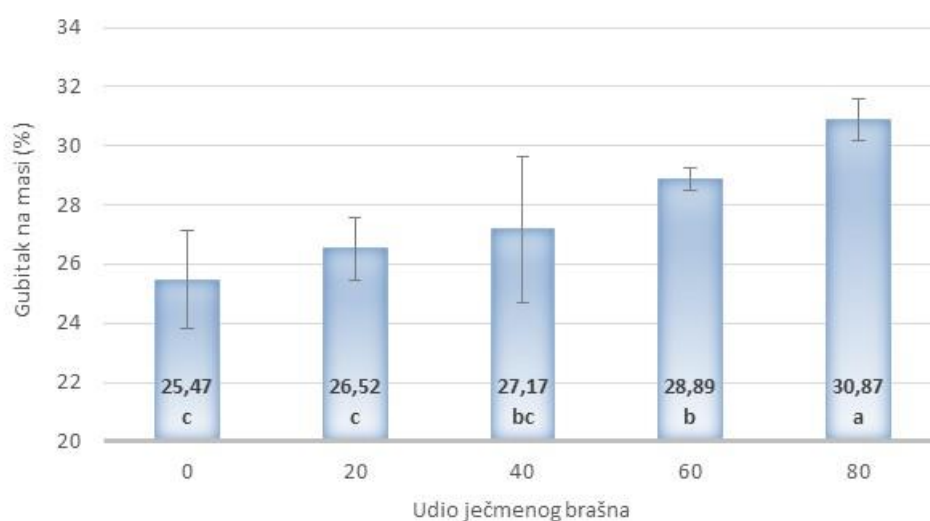
Uzorak		Elementi kvalitete		ocjena	
Elementi kvalitete (vizualno)	ocjena	Miris			
Boja		Tekstura			
Površina i oblik		Okus			
Struktura (prijelom)		Ukupan dojam			

Slika 12: Primjer lista za senzorsko ocjenjivanje uzoraka



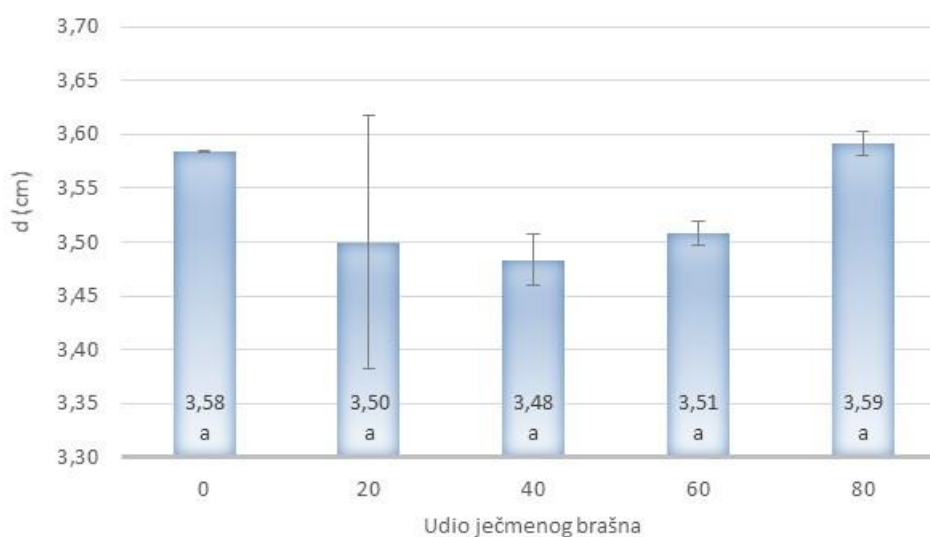
## **4. REZULTATI**

#### 4.1 ODREĐIVANJE GUBITKA MASE PEČENJEM

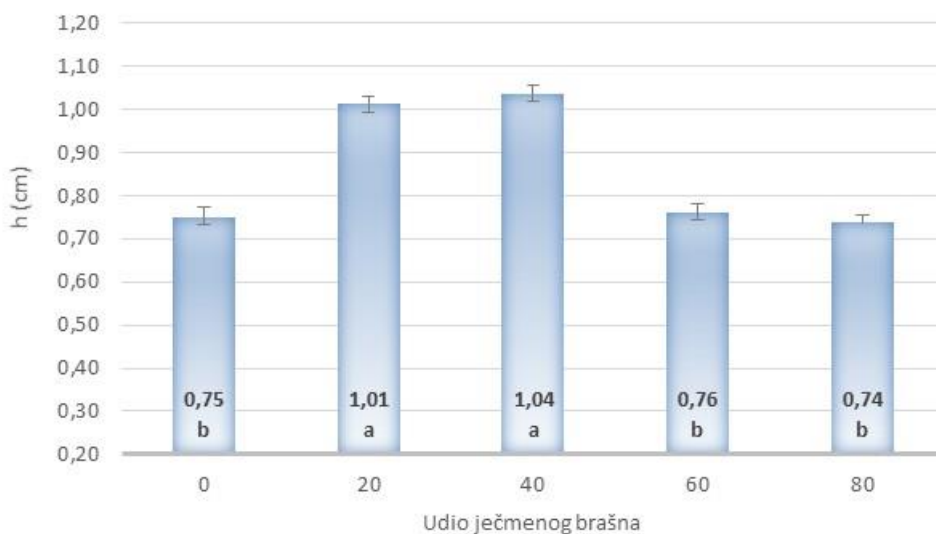


Slika 13: Prosječni gubitak mase tijekom pečenja kreker s različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)

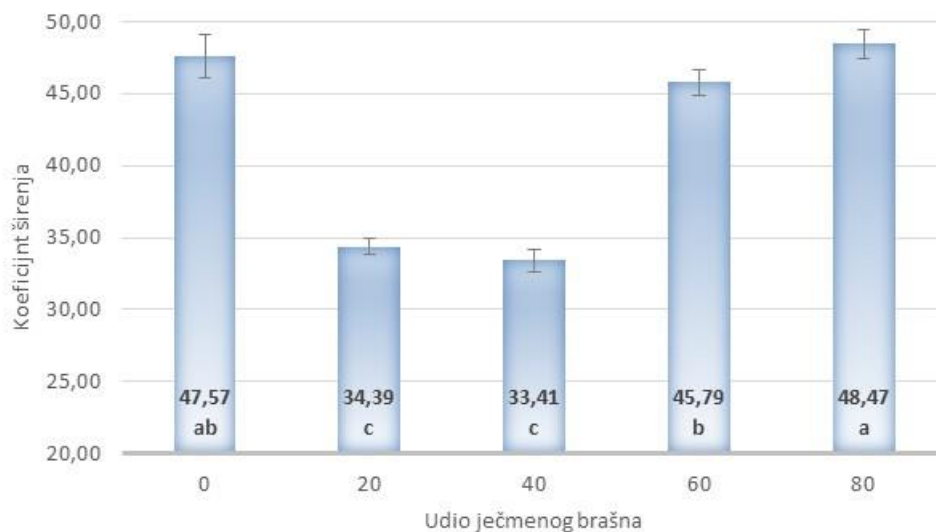
#### 4.2 ODREĐIVANJE DUŽINE, VISINE I KOEFICIJENTA ŠIRENJA KREKERA



Slika 14: Prosječna dužina 1 kreker ovisno o različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)

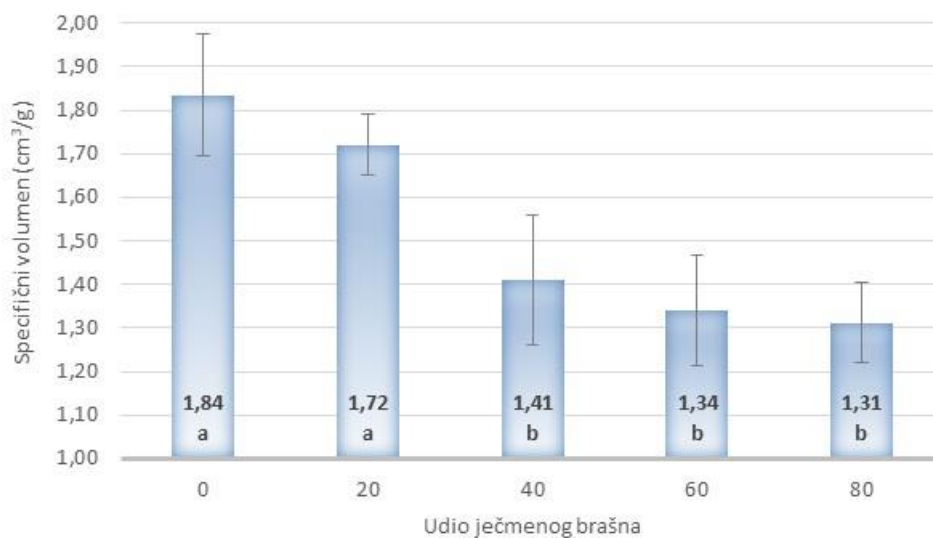


Slika 15 : Prosječna visina 1 kreker ovisno o različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)



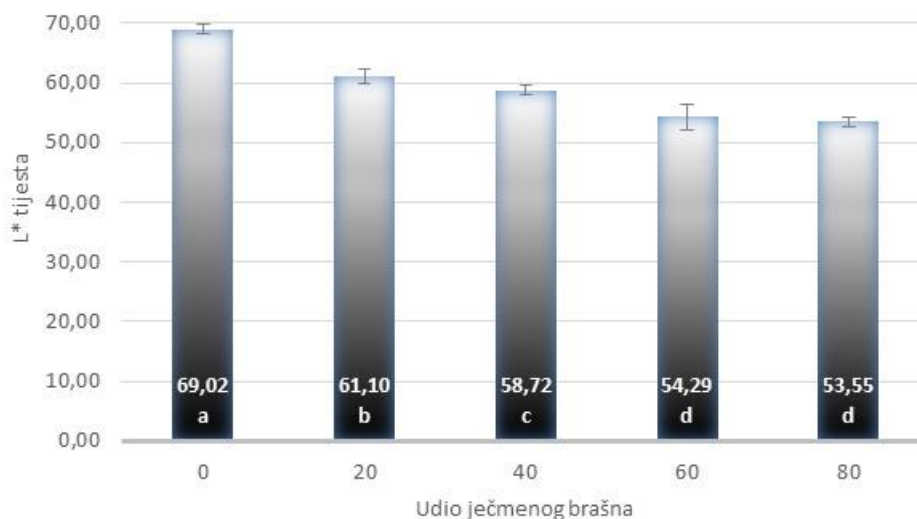
Slika 16: Prosječan koeficijent širenja kreker ovisno o udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)

### 4.3 ODREĐIVANJE VOLUMENA I SPECIFIČNOG VOLUMENA

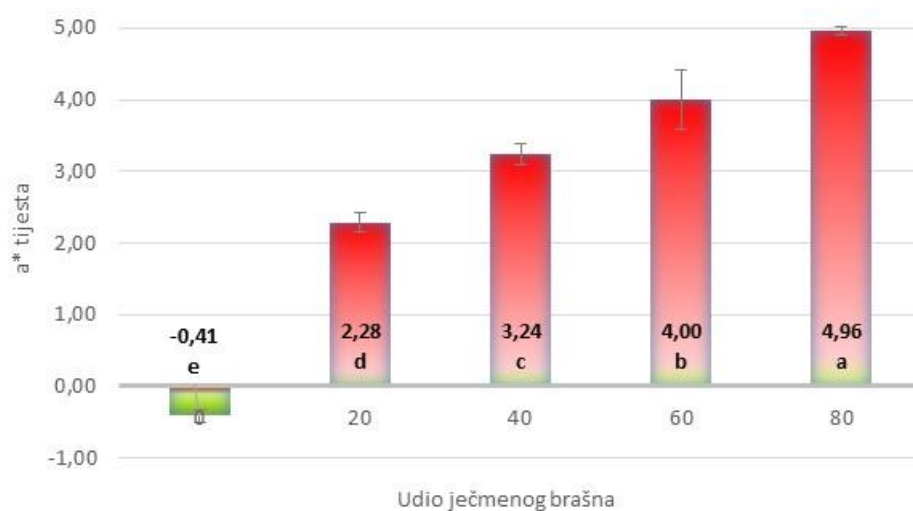


Slika 17: Specifični volumen krekeri ovisno o udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)

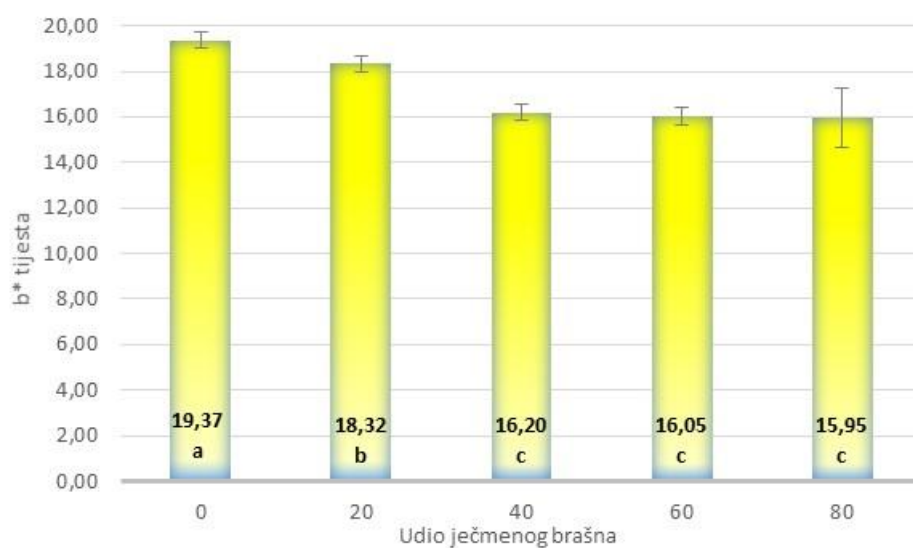
### 4.4 ODREĐIVANJE BOJE



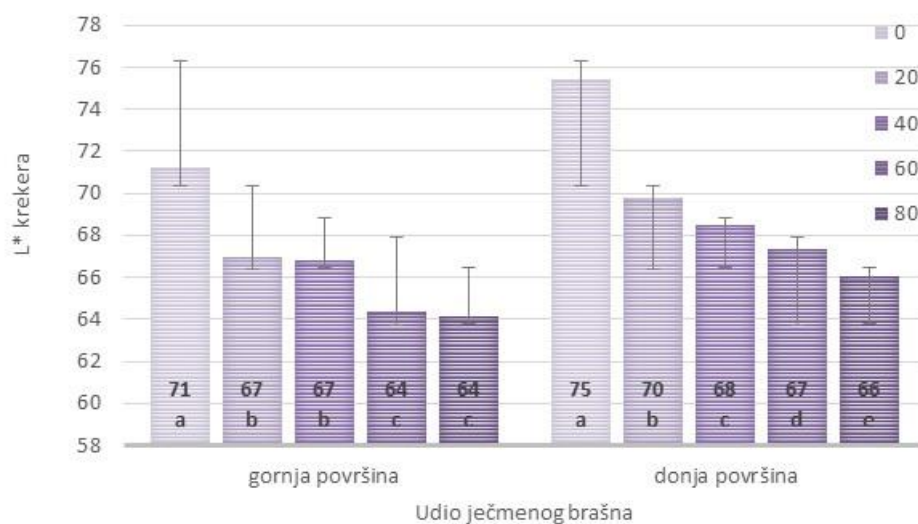
Slika 18: Vrijednosti svjetline tijesta uzoraka krekeri s različitim udjelima ječmenog brašna (0 – bez dodatka ječmenog brašna; 20 – sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 – sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80 – sa dodatkom 80% ječmenog brašna)



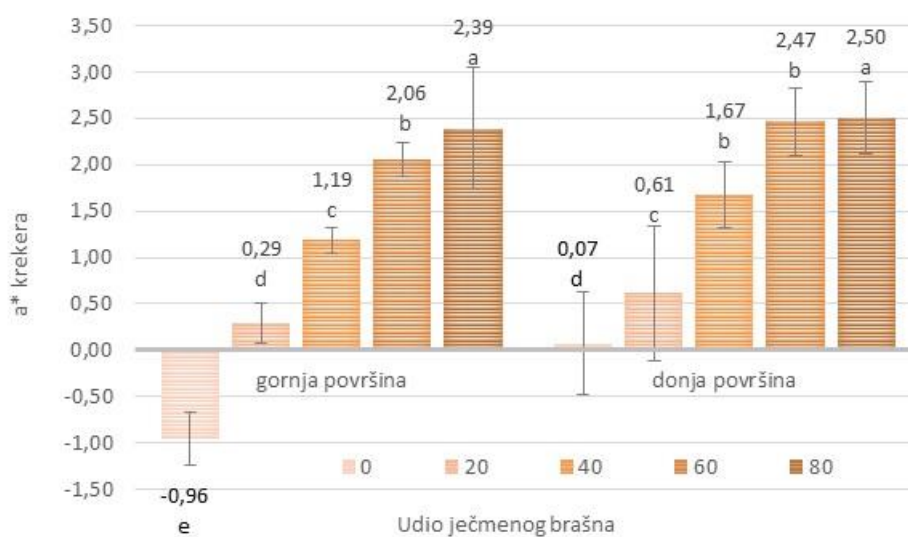
Slika 19: Vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje a\* mjerene na tijestu uzoraka kreker s različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 – sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80 - sa dodatkom 80% ječmenog brašna)



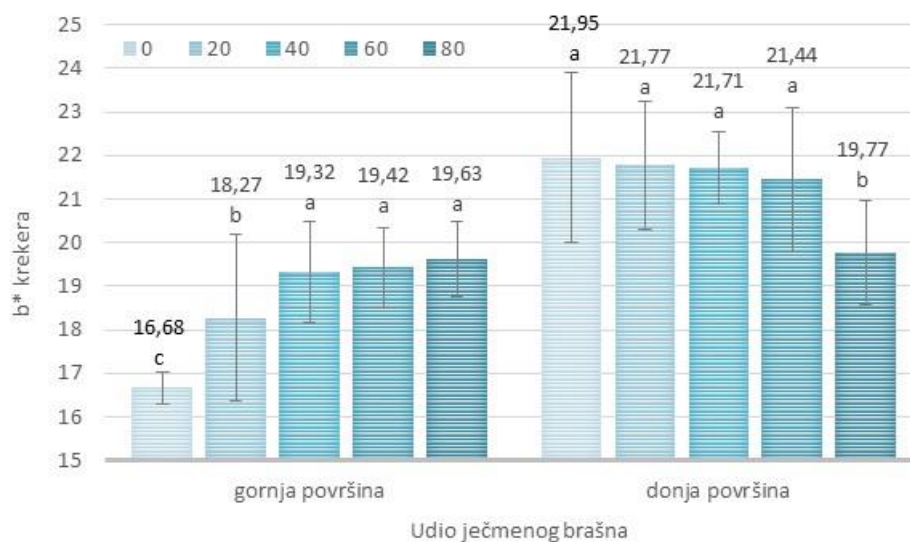
Slika 20: Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje b\* mjerene na tijestu uzoraka kreker s različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 – sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80 - sa dodatkom 80% ječmenog brašna)



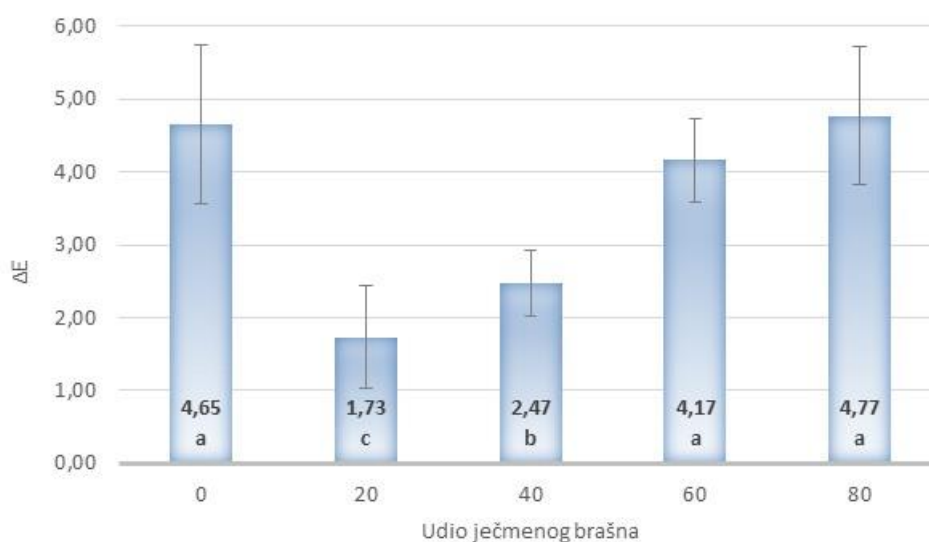
Slika 21: Vrijednosti svjetline gornje i donje površine kreker s različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 – sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80 - sa dodatkom 80% ječmenog brašna)



Slika 22: Vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje a\* mjerene na gornjoj i na donjoj površini kreker s različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 –sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 –sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80- sa dodatkom 80% ječmenog brašna)

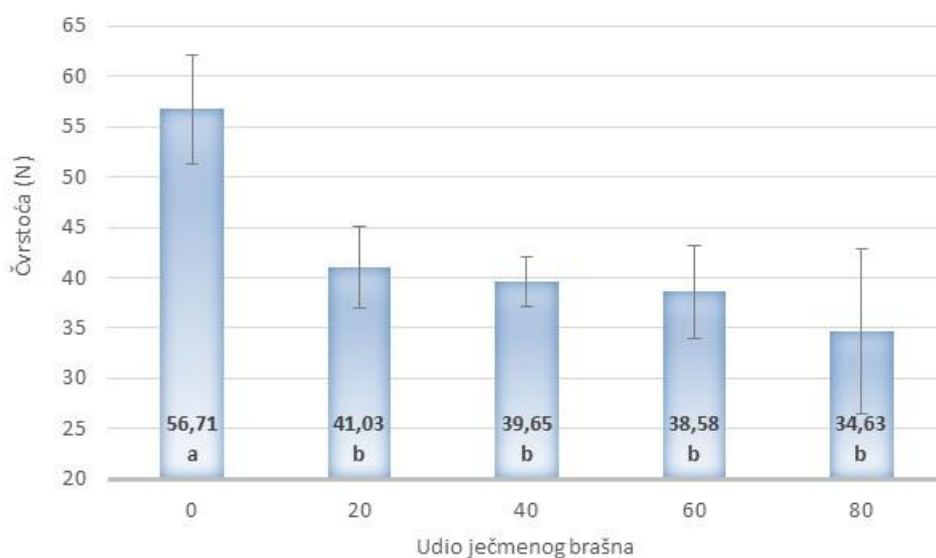


Slika 23: Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje  $b^*$  mjerene na gornjoj i na donjoj površini kreker a različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 –sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 –sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80- sa dodatkom 80% ječmenog brašna)

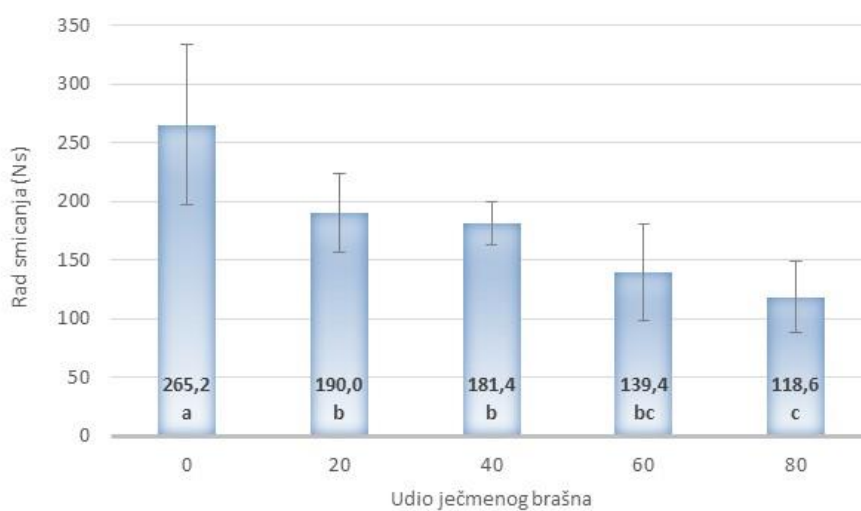


Slika 24: Ukupna promjena boje kreker a različitim udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 –sa dodatkom 20% ječmenog brašna; 40 –sa dodatkom 40% ječmenog brašna; 60 – sa dodatkom 60% ječmenog brašna; 80- sa dodatkom 80% ječmenog brašna)

## 4.5 ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA

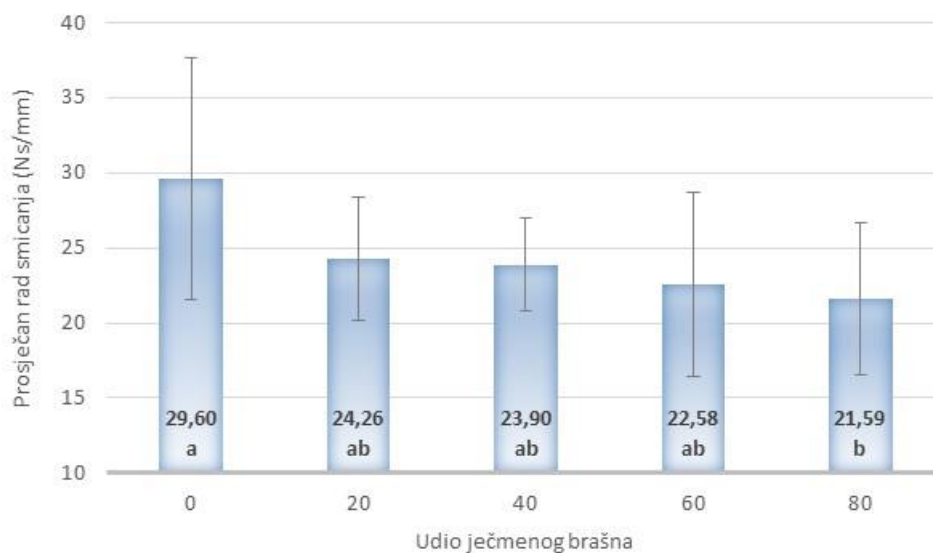


Slika 25: Čvrstoća krekeri ovisno o udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)

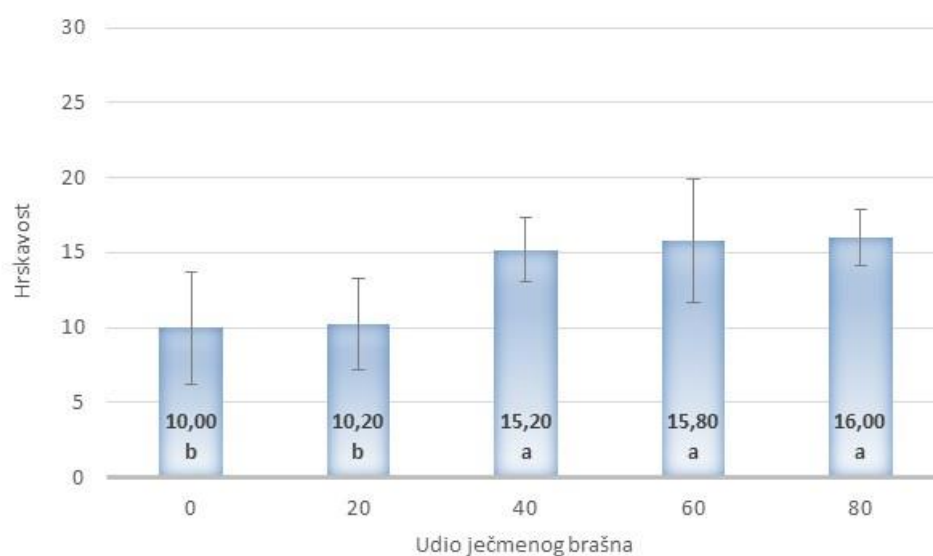


Slika 26: Rad smicanja krekeri ovisno o udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)





Slika 27: Prosječan rad smicanja krekeru ovisno o udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)



Slika 28: Hrskavost krekeru ovisno o udjelima ječmenog brašna (0 – kreker bez dodatka ječmenog brašna; 20 – kreker s 20 % ječmenog brašna; 40 – kreker sa 40 % ječmenog brašna; 60 – kreker sa 60 % ječmenog brašna; 80 – kreker s 80 % ječmenog brašna)

## 4.6 SENZORSKA OCJENA

Tablica 2: Ocjene senzorske analize za vanjski izgled krekeri (boja, površina i oblik, struktura prijeloma) sa 0, 20, 40, 60, 80% udjela ječmenog brašna

uzorak krekeri	boja	površina i oblik	struktura prijeloma
0	7,50±1,31 <sup>bc</sup>	6,33±1,15 <sup>b</sup>	6,83±1,53 <sup>abc</sup>
20	9,00±1,04 <sup>a</sup>	8,33±1,87 <sup>a</sup>	7,92±1,16 <sup>a</sup>
40	8,50±1,00 <sup>ab</sup>	7,83±1,40 <sup>a</sup>	7,67±0,78 <sup>ab</sup>
60	7,67±1,44 <sup>b</sup>	7,17±0,72 <sup>ab</sup>	6,67±1,56 <sup>bc</sup>
80	6,50±2,07 <sup>c</sup>	6±2,00 <sup>b</sup>	5,83±2,21 <sup>c</sup>

Tablica 3: Ocjene senzorskih svojstava ( miris, tekstura, okus, ukupan dojam) u krekerima s 0, 20, 40, 60, 80% ječmenog brašna

uzorak krekeri	miris	tekstura	okus	ukupan dojam
0	8,17±1,95 <sup>a</sup>	6,67±2,06 <sup>ab</sup>	6,17±3,27 <sup>ab</sup>	7,17±1,64 <sup>ab</sup>
20	8,08±2,11 <sup>a</sup>	7,42±1,38 <sup>a</sup>	7,67±2,61 <sup>a</sup>	7,83±1,75 <sup>a</sup>
40	7,92±1,68 <sup>a</sup>	7,33±1,44 <sup>a</sup>	7,33±1,78 <sup>ab</sup>	7,67±1,67 <sup>a</sup>
60	7,83±2,29 <sup>a</sup>	7,00±1,48 <sup>ab</sup>	6,50±1,31 <sup>ab</sup>	6,67±1,56 <sup>ab</sup>
80	7,00±2,26 <sup>a</sup>	5,67±2,06 <sup>b</sup>	5,67±1,97 <sup>b</sup>	5,83±2,29 <sup>b</sup>

**5.RASPRAVA**

Uspoređujući rezultate analiza kreker s udjelima 20, 40, 60, 80% ječmenog brašna i kreker bez dodatka ječmenog brašna u volumenu, boji, masi, dužini, visini, senzorskim ocjenama, teksturi može se iščitati da se vrijednosti znatno razlikuju. Tijekom pečenja dolazi do gubitaka mase uzrokovano isparavanjem slobodne vode koja se nalazila u uzorku kreker. Najveći gubitak mase, prikazano na **slici 13** ima kreker s udjelom od 80% ječmenog brašna, a najmanji gubitak ima uzorak s 0% ječmenog brašna odnosno uzorak od 100% pšeničnog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike uzorci s 0, 20, 40% udjela ječmenog brašna se međusobno statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ), kao i međusobno uzorci od 40 i 60% udjela ječmenog brašna, dok uzorak s udjelom od 80% ječmenog brašna se statistički značajno razlikuje ( $p < 0,05$ ) od svih ostalih uzoraka. Rezultati izmjerenih gubitaka mase kreker pečenjem pokazuju da je s povećanjem udjela ječmenog brašna u krekerima gubitak mase tijekom pečenja bio veći. Uspoređujući svojstva brašna pšenice i brašna ječma, brašno ječma brže upija vodu zbog veće količine proteina u brašnu, ali i brže se odvija proces retrogradacije odnosno otpuštanja vode iz sustava tijekom pečenja gdje sva slobodna voda ispari iz tijesta pod utjecajem temperature i dolazi do gubitka na masi (Bhatty, 1993.) Prema istraživanju (Collar, Angioloni, 2014.) pokazalo se da ukoliko se doda ječmeno brašno u rasponu od 15-20% postiže se odgovarajuće tekstura, struktura, volumen, boja.

Rezultati određivanja dužine kreker (**slika 14**) pokazuju da najveću dužinu imaju krekeri s 80% udjela ječmenog brašna, a najmanju visinu uzorak sa 40% udjela ječmenog brašna. Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike nema statističke razlike ( $p < 0,05$ ) između dužine kreker s različitim udjelima ječmenog brašna. Prema dobivenim rezultatima određivanja visine (**slika 15**). najveću visinu kreker ima kreker sa 40% udjela ječmenog brašna, a najmanju visinu kreker s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike između uzoraka s 0, 60, 80% udjela ječmenog brašna nema statističke razlike ( $p < 0,05$ ), a također između uzoraka s 20 i 40% udjela ječmenog brašna nema statističke razlike ( $p < 0,05$ ). Rezultati određivanja koeficijenata širenja (**slika 16**) pokazali su da najveći koeficijenti širenja ima kreker s 80% udjela ječmenog brašna, a najmanje sa 40% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike između uzoraka s 20 i 40% udjela ječmenog brašna nema statističke razlike ( $p < 0,05$ ), također između uzoraka s 0 i 80% udjela ječmenog brašna, kao i između uzoraka s 0 i 60% udjela ječmenog brašna. Dakle, rezultati pokazuju da najveću dužinu (**slika 14**) i koeficijent širenja (**slika 16**) ima kreker

s 80% udjela ječmenog brašna, ali i najmanju visinu (**slika 15**). Dobiveni rezultati malo odstupaju od pravila, a to nastaje kao rezultat više mogućih parametara kao što je neiskustvo u proizvodnji, mogućnost neravnomjernog zamjesa tijesta, obrada tijesta nedovoljno probušene rupice na krekerima itd.

Na temelju dobivenih rezultata mjerenja (**slika 17**) najveći specifični volumen ima uzorak bez dodatka ječmenog brašna, a najmanji s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike uzorci s 0 i 20% udjela ječmenog brašna se statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) od uzoraka sa 40, 60 i 80% udjela ječmenog brašna. Međusobno, između uzoraka s 0 i 20% te uzoraka sa 40, 60 i 80% ječmenog brašna nema statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike. Dakle, rezultati pokazuju da se volumen s povećanjem udjela ječmenog brašna smanjuje što potkrepljuje već prije opisano prijašnjim rezultatima.

Prema dobivenim rezultatima određivanja svjetline tijesta uzoraka krekeri (**slika 18**) najveću vrijednost svjetline ima tijesto bez dodatka ječmenog brašna, a najmanju tijesto s 80% udjela ječmenog brašna. Dakle, očekivano uzorci krekeri od pšeničnog brašna su svjetliji od uzoraka krekeri kojima je pšenično brašno zamijenjeno s 80% ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike jedino između uzoraka s 60 i 80% udjela ječmenog brašna nema značajne statističke razlike ( $p < 0,05$ ). Dakle, s povećanjem udjela ječmenog brašna smanjuje se svjetlina.

Iz **slike 19** na kojoj su prikazani rezultati analize kromatske komponente crveno-zelene boje vidljivo je da tijesto s 80% udjela ječmenog brašna ima najveće vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje, a najmanju, i to negativnu vrijednost, ima tijesto bez dodatka ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između svih ispitivanih uzoraka tijesta za vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje je statistički značajno različita ( $p < 0,05$ ).

Sa **slike 20** gdje su prikazani rezultati analize kromatske komponente žuto-plave boje vidljivo je da tijesto bez dodatka ječmenog brašna ima najveću vrijednost kromatske komponente žuto-plave boje, a najmanju vrijednost ima tijesto s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 40, 60 i 80% udjela ječmenog brašna nema značajnih statističkih razlika ( $p < 0,05$ ), dok se uzorci s 0 i 20% ječmenog

brašna statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) kako međusobno tako i od ostalih ispitivanih uzoraka.

Iz vrijednosti prikazanih na **slici 21** dobivenih na temelju analize svjetline gornje i donje površine kreker vidljivo je da najveća vrijednost svjetline gornje i donje površini ima kreker bez dodatka ječmenog brašna. Najmanju vrijednost svjetline gornje površine imaju uzorci sa 60 i 80% udjela ječmenog brašna, a najmanju vrijednost donje površine ima uzorak s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika uzorak s 0% ječmenog brašna se statistički značajno razlikuje ( $p < 0,05$ ) u vrijednostima svjetline kako gornje tako i donje površine kreker od uzoraka kreker s dodatkom ječmenog brašna.

Iz dobivenih rezultata prikazanih na **slici 22** vidljivo je da najveću vrijednost kromatske komponente crveno-zelene boje ima kreker s 80% udjela ječmenog brašna kako u vrijednostima očitanim na gornjoj, tako i u vrijednostima očitanim na donjoj površini kreker. Najmanju vrijednost kromatske komponente crveno-zelene boje ima kreker bez dodatka ječmenog brašna, s tim da je izmjerena vrijednost na gornjoj površini negativna, a na donjoj površini izmjerena vrijednost je pozitivnog predznaka. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između svih uzoraka postoji značajna statistička razlika ( $p < 0,05$ ) u vrijednostima kromatske komponente crveno-zelene boje kako na gornjoj, tako i na donjoj površini kreker.

Prema provedenoj analizi vrijednosti (**slika 23**) kromatske komponente žuto-plave boje mjerene na gornjoj i donjoj površini kreker, najveću vrijednost kromatske komponente žuto-plave boja na gornjoj površini kreker ima kreker s 80% udjela ječmenog brašna, a najmanju vrijednost kreker bez dodatka ječmenog brašna. Analizirajući podatke s donje površine kreker najveću vrijednost ima kreker bez dodatka ječmenog brašna, a najmanju kreker s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika u vrijednostima izmjerenim na gornjoj površini kreker između uzoraka s 40,60 i 80% udjela ječmenog brašna te vrijednostima izmjerenim na donjoj površini kreker s 0, 20, 40, 60% ječmenog brašna, statistički nema značajne razlike ( $p < 0,05$ ).

Prema dobivenim rezultatima analize (**slika 24**) ukupne promjene boje kreker vidi se da je najveća ukupna promjena boje izračunata kod uzoraka s 80% udjela ječmenog brašna, a najmanja kod uzoraka s 20% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 60 i 80% udjela ječmenog brašna te kreker bez dodatka

ječmenog brašna nema statističke značajne razlike ( $p < 0,05$ ). Dakle, najveća vrijednost ukupne promjene boje primijećena je kod kreker sa 80% udjela ječmenog brašna. Prema istraživanjima (Klamzczynski, Czuchajowska, 1999.; Bhatti 1993.) pokazalo se da je iznimno teško dobiti čisto bijelo ječmeno brašno već ono sadržava i ostale dijelove kao što su mekinje koje kasnije potamne što daje tamniji izgled brašnu. Isto tako ječmeno brašno sadrži više pepela od pšeničnog brašna koje potamnjuje krajnji proizvod (Bhatti, 1993.).

Analizirajući teksturu kreker (čvrstoća, rad smicanja, prosječni rad smicanja i hrskavost) primijećeni su dosljedni rezultati. S povećanjem udjela ječmenog brašna smanjuje se čvrstoća, rad smicanja i prosječni rad smicanja (**slika 25, slika 26, slika 27**).

Prema rezultatima analize teksture kreker prikazanim na **slici 25** može se iščitati da s porastom udjela ječmenog brašna čvrstoća kreker se smanjuje, odnosno uzorak s 0% udjela ječmenog brašna ima najveću čvrstoću, a uzorak s 80% udjela ječmenog brašna najmanju čvrstoću. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 20, 40, 60, 80% udjela ječmenog brašna nema statistički značajne razlike.

Analizom rezultata teksture, odnosno rad smicanja kreker, iz priloženih rezultata na **slici 26**, vidljivo je da s porastom udjela ječmenog brašna u krekerima smanjuje se rad smicanja kreker. Najveću vrijednost ima uzorak s 0% (bez dodatka) ječmenog brašna, a najmanju uzorak s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 20 i 40% udjela ječmenog brašna nema statistički značajne razlike.

Na **slici 27** prikazani su rezultati analize prosječnog rada smicanja kreker. Iz rezultata se može iščitati da s povećanjem udjela ječmenog brašna prosječni rad smicanja se smanjuje. Najveću vrijednost ima uzorak s 0% (bez dodatka) ječmenog brašna, a najmanju uzorak s 80% udjela ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 0% i 80% postoji statistički značajna razlika.

Na **slici 28** prikazani su rezultati analize hrskavosti kreker. Iz rezultata se može iščitati da se s povećanjem udjela ječmenog brašna hrskavost kreker povećava. Najveću vrijednost hrskavosti ima kreker s 80% udjela, a najmanju vrijednost s 0% ( bez dodatka) ječmenog brašna. Prema Fisher-ovom LSD testu najmanjih značajnih razlika između uzoraka s 0% i 20%, kao i između 40, 60 i 80% udjela ječmenog brašna nema statistički značajne razlike.

Hrskavost se povećava s povećanjem udjela ječmenog brašna (**slika 28**). Prema prijašnjim istraživanjima (Venkatachalam, Nagarajan, 2017.) dobiveni su rezultati koji pokazuju da tekstura uvelike ovisi o udjelu vlage. Već je prije spomenuto da tijesto napravljeno od ječmenog brašna lakše upija vodu, ali ju teže zadržava te je ubrzan proces retrogradacije. Posljedica takvog svojstva je smanjenje čvrstoće, rada, smicanja i prosječnog rada smicanja. S druge strane povećava se hrskavost što je odlika krekerica kao popularnih grickalica.

Prema obrađenim rezultatima ocjenjivanja (**tablica 2**) vanjskog izgleda krekerica (boja, površina i oblik, struktura prijeloma), uzorak s 20% udjela ječmenog brašna je dobio najveće ocjene u odnosu na ostale uzorke. Prema Fisher-ovom LSD testu svako svojstvo vanjskog izgleda ima statističke značajne razlike u odnosu na druge uzorke. U **tablici 3** su prikazani rezultati ocjenjivanja senzorskih svojstava (miris, tekstura, okus, ukupan dojam). Najprihvaćeniji je uzorak s 20% udjela ječmenog brašna u svim kategorijama osim mirisa gdje uzorak s 0% ječmenog brašna ( bez dodatka ječmenog brašna) ima malo bolje senzorske ocjene. Prema Fisher-ovom LSD testu kod svojstva mirisa nema statistički značajne razlike između uzoraka.

Rezultati senzorskih ocjena (**tablica 2, tablica 3**) su nastali kao rezultat subjektivnih dojmova i stručnog ocjenjivanja. Prema rezultatima najprihvaćeniji uzorak je kreker s 20% udjela ječmenog brašna, što su istraživanja (Collar, Angioloni, 2014.) također potvrdila.



## **6. ZAKLJUČCI**

Na osnovi rezultata dobivenih analizom uzoraka krekeru dobivenih od pšeničnog brašna te pšeničnog brašna uz dodatka ječmenog brašna u udjelima 20, 40, 60, 80% mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Tijekom pečenja dolazi do statistički značajnog povećanja gubitka mase kako se povećava udio ječmenog brašna
- Kreker s 80% ječmenog brašna ima najveću dužinu, a najveću visinu ima kreker sa 40% ječmenog brašna
- Volumen opada s porastom udjela ječmenog brašna u krekerima
- Koeficijent širenja se povećava s povećanjem udjela ječmenog brašna u krekerima
- Povećanjem udjela ječmenog brašna, tijestu se smanjuje vrijednost svjetline
- Uzorci tijesta krekeru s dodatkom 80% ječmenog brašna ima najveću vrijednost kromatske crveno-zelene boje te dolazi do smanjenja vrijednosti komponente žuto-plave boje, što će dovesti do zaključka da je tijesto za kekere s većim udjelom dodatka ječmenog brašna više u domeni crvene boje od tijesta bez dodatka ječmenog brašna
- Povećanjem udjela ječmenog brašna smanjuje se svjetlina na gornjoj i donjoj površini krekeru
- Vrijednost kromatske komponente crveno-zelene boje krekeru povećava se s udjelom ječmenog brašna, isto kao i vrijednost žuto-plave boje, te se može zaključiti da s povećanjem udjela ječmenog brašna uzorci krekeru se više nalaze u domeni crvene boje, a manje u domeni žute boje
- Ukupna promjena boje najuočljivija je kod krekeru s dodatkom 80% ječmenog brašna
- Uzorak krekeru s dodatkom 20% ječmenog brašna prema senzorskim ocjenama najprihvatljiviji je u svim promatranim parametrima, osim mirisa gdje je bolje bio prihvaćen uzorak bez dodatka ječmenog brašna, a ocjene su se smanjivale s povećanjem udjela ječmenog brašna
- S porastom udjela ječmenog brašna smanjuje se čvrstoća krekeru
- Rad smicanja i prosječni rad smicanja krekeru smanjuje se s povećanjem udjela ječmenog brašna u uzorcima krekeru
- Hrskavost krekeru se povećava s udjelom ječmenog brašna

## **7. LITERATURA**

- Akbar A., Aamir S., Moazzam R. K., Muhammad A. S., Muhammad R. A.: Yeast, it's types and role in fermentation during bread making process, *Pakistan Journal of Food Science*, 22(3), 171-179, 2012.
- Baik B.K., Ullrich S.E.: Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest, *Journal of Cereal Science*, 48, 232-242, 2008.
- Bayles B.B., Clark S.A.: Clasification of Wheat Varieties Grown in the United State in 1949., United States Department of Agriculture, Washington D.C., 1954.
- Björn T., Fullner K., Stein N., Oldiges M., Kuhn A.J., Hofmann D.: Analysis of amino acids without derivatization in barley extracts by LC-MS-MS, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391:2663-2672, 2008.
- Cavallero A., Empilli S., Brighenti F., Stanca A. M., High (1->3, 1->4)- $\beta$ -glucan Barley fractions in Bread making and their Effects on human glycemic response, *Journal of Cereal Science*, 36, 59-66, 2002.
- Chavan R.S., Sandeep K., Basu S., Bhatt S.: Biscuits, Cookies and Crackers: Chemistry and manufacture, *Encyclopedia of Food and Health*, 437-444, 2016.
- Collar C., Angioloni A.: Nutritional and functional performance of high  $\beta$ -glucan barley flours in breadmaking: Mixed breads versus wheat breads
- Eagles H.A., Gayler K.R., Halloran G.M., Howard K. A.: The relationship Between D hordein and Malting Quality in Barley, *Journal of Cereal science*, 24, 47-53, 1996.
- Hill S. E., Mamat H. : Structural and functional properties of major ingredients of biscuit, *International Food Research Journal* 25(2); 462-471, 2018.
- 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.
- Hosenay R.C., Miller R.A.: Role of salt in Baking, *Cereal Food World*, 53(1), 4-6, 2008.
- Klamczynski A. P., Czuchajowska Z. : Quality of Flours from Waxy and Nonwaxy Barley for production of Baked Products, *Cereal Chemistry*, 76(4), 530-535, 1999.
- 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.

- Ministarstvo poljoprivrede: Pravilnik NN 81/2016: Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica
- Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi: Pravilnik NN 47/2008: Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće
- Pitzer S. : Homegrown whole grains, Versa Press, United States, 2009.
- Rollini M., Casiragni E., Pagani M.A., Manzoni M.: Technological performances of commercial yeast strains (*Saccharomyces cerevisiae*) in different complex dough formulations, *European Food Research and Technology*, 226,19-24, 2007.
- Venkatachalam K., Nagarajan M.: Physiochemical and sensory properties of savory crackers incorporating green gram flour to partially or wholly replace wheat flour, *Italian Journal of Food science*, 29, 599-612, 2017.
- Wieser H.: Chemistry of gluten proteins, *Food microbiology*, 24, 115-119, 2007.