

# Praćenje kvalitativnih svojstava kruha s dodatkom pivskog i jabučnog tropa

---

**Kolak, Paula**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*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:109:456311>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**

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**

Paula Kolak

**PRAĆENJE KVALITATIVNIH SVOJSTAVA KRUHA S**  
**DODATKOM PIVSKOG I JABUČNOG TROPA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2016

## 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 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Tehnologija pekarstva  
**Tema rada:** je prihvaćena na X. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 14.07.2015.  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*  
**Komentor:** doc. dr. sc. *Jasmina Lukinac Čačić*

### PRAĆENJE KVALITATIVNIH SVOJSTAVA KRUHA S DODATKOM PIVSKOG I JABUČNOG TROPA

*Paula Kolak 239 - DI*

**Sažetak:** Cilj diplomskog rada je bio praćenje kvalitativnih svojstava kruha s dodatkom pivskog i jabučnog tropa. Zamjesi su se razlikovali prema vrsti tropa te prema udjelu tropa koji je zamijenio pšenično brašno. Kruhovi su analizirani pomoću analizatora teksture, a boja je određena uređajem Konica Minolta Chroma Meter CR-400. Provedena su određivanja udjela i aktiviteta vode te specifičnog volumena. Rezultati su pokazali kako se dodatkom pivskog i jabučnog tropa povećava udio vode kao i aktivitet, povećava se čvrstoća i otpor žvakanju. Suprotno, povećanjem udjela tropova smanjuje se specifični volumen, kohezivnost i elastičnost kruha. Rezultati kod određivanja boje kruha prikazuju veću promjenu boje kod kruha s dodatkom jabučnog tropa tj. manju vrijednost svjetline ( $L^*$ ) u odnosu na kruh s dodatkom pivskog tropa.

**Ključne riječi:** Kruh, jabučni trop, pivski trop, tekstura, boja, specifični volumen  
**Rad sadrži:** 42 stranice  
14 slika  
5 tablica  
35 literaturnih referenci  
**Jezik izvornika:** Hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za obranu:

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

**Datum obrane:** 30. rujna 2016. godine

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen** u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Food Technology  
Department of Cereal Processing Technologies  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Baking technology

**Thesis subject** Was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology Osijek at its session no. X. held on July 14<sup>th</sup> 2015.

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

**Comentor:** *Jasmina Lukinac Čačić*, PhD, assistant prof.

### MONITORING OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF BREAD BY ADDITION BREWERS AND APPLE POMACE

*Paula Kolak, 239 - DI*

**Summary:** The aim of Master's Thesis was to monitor the qualitative characteristics of bread by addition of brewers and apple pomace. Each mixing differed with the type pomace and amount of the substitute wheat flour by brewers as well as apple pomace. The bread were analysed using a texture analyser, and colour using the Konica Minolta Chroma Meter CR-400. The water content, water activity and the specific volume were also investigated. The results have shown that by addition of brewer and apple pomace increases the water content such water activity and also increases the hardness and chewiness. In contrast to this, by increasing the substitution level of pomace, the specific volume, cohesiveness and resilience was decreases. The results of determining the bread colour have shown a greater colour change by supplemented wheat flour by apple pomace i.e. a reduced brightness value (L\*) compared to bread with supplemented wheat flour by brewer pomace.

**Key words:** Bread, brewer pomace, apple pomace, texture, colour, specific volume

**Thesis contains:** 42 pages  
14 figures  
5 tables  
35 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

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

**Defense date:** September 30st, 2016.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek

**Zahvala:** *Ovim radom želim se najviše zahvaliti mojem suprugu Zdravku za neizmjereno veliku podršku, ljubav i strpljenje pruženo tijekom mog studiranja. Također veliko hvala mojim roditeljima, sestrama i prijateljima koji su me podržavali, poticali i bili uz mene u svim trenucima moga života i studiranja.*

*Posebno se želim zahvaliti mojoj mentorici prof. dr.sc. Daliborki Koceva Komlenić na svim savjetima i pomoći tijekom studiranja kao i pri izradi ovog rada.*

*Veliko hvala svima!*

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b>	
2.1. ŽITARICE.....	2
2.2. PŠENICA .....	3
2.2.1. <i>Građa pšenice</i> .....	4
2.2.2. <i>Kemijski sastav zrna pšenice</i> .....	5
2.3. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE.....	7
2.3.1. <i>Pivski trop</i> .....	8
2.3.2. <i>Trop jabuke</i> .....	9
2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA .....	10
2.5. PŠENIČNO BRAŠNO.....	10
2.5.1. <i>Voda</i> .....	12
2.5.2. <i>Kuhinjska sol</i> .....	12
2.5.3. <i>Kvasac</i> .....	13
2.5.4. <i>Poboljšivači i aditivi</i> .....	13
2.6. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KRUHA .....	13
2.6.1. <i>Kruh</i> .....	13
2.6.2. <i>Proces proizvodnje kruha dijeli se u nekoliko faza:</i> .....	14
2.6.3. <i>Priprema sirovina</i> .....	14
2.6.4. <i>Izrada tijesta (zamjesivanje)</i> .....	15
2.6.5. <i>Fermentacija tijesta</i> .....	16
2.6.6. <i>Obrada tijesta</i> .....	16
2.6.7. <i>Završna fermentacija</i> .....	17
2.6.8. <i>Pečenje</i> .....	18
2.7. TEKSTURA KRUHA .....	19
2.8. VOLUMEN KRUHA.....	19
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b>	
3.1. ZADATAK.....	21
3.2. MATERIJALI .....	21
3.3. METODE.....	22
3.3.1. <i>Određivanje sposobnosti upijanja vode</i> .....	22
3.3.2. <i>Probno pečenje kruha</i> .....	22

3.3.3.	<i>Određivanje volumena kruha.....</i>	23
3.3.4.	<i>Određivanje udjela vode u kruhu.....</i>	23
3.3.5.	<i>Određivanje aktiviteta vode u kruhu.....</i>	24
3.3.6.	<i>Određivanje teksture kruha.....</i>	24
3.3.7.	<i>Određivanje boje kruha.....</i>	26
3.3.8.	<i>Statistička obrada rezultata.....</i>	28
<b>4.</b>	<b>REZULTATI</b>	
4.1.	<i>Rezultati određivanja aktiviteta i udjela vode u kruhu.....</i>	29
4.2.	<i>Rezultati određivanja specifičnog volumena kruha.....</i>	31
4.3.	<i>Rezultati određivanja teksture kruha.....</i>	32
4.4.	<i>Rezultati određivanja boje kruha.....</i>	33
<b>5.</b>	<b>RASPRAVA.....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>39</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>40</b>

## Popis oznaka, kratica i simbola

MPŠVG	Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva
$m_B$	masa brašna
$w_{H_2O}$	maseni udio vode
$m_{H_2O}$	masa vode za zamjes
$L_0^*$	parametar svjetline tijesta
$L^*$	parametar svjetline uzorka kruha CIEL *a*b*prostora boje– svjetlina boje (engl. lightness)
$a_0^*$	parametar boje tijesta CIEL *a*b* prostora boja
$a^*$	parametar boje uzorka kruha CIEL*a*b* prostora boja
$b_0^*$	parametar boje tijesta CIEL *a*b* prostora boja
$b^*$	parametar boje uzorka kruha CIEL*a*b* prostora boja
$\Delta E$	promjena boje kruha
$m_0$	masa uzorka prije sušenja [g]
$m_1$	masa uzorka nakon sušenja [g]
$w_v$	udio vode (vlage) [%]



## **1.UVOD**

Kruh je nutritivno vrijedna namirnica i važan dio prehrane za milijune ljudi širom svijeta. Povijest kruha i njegov prvi nastanak se može samo nagađati. Povijesno slikovni dokazi pokazuju nastanak kruha još unazad 8000 godina. Smatra se kako je razvoj kruha vezan i za razvoj i evoluciju čovječanstva. Još u kamenom dobu ljudi su istraživali, učili i primjenjivali različite načine obrade sirovina iz prirode. U kasnom kamenom vijeku ljudi su između dva kamena mljeli žitarice i dobivali brašno koje su miješali sa vodom dobivajući kašu koju su potom pekli na užarenom kamenu. Rezultat su bile tvrde palačinke sa dužim vijekom trajanja od kaše i ugodnijeg okusa.

Egipatski robovi 4000-3500 godina prije Krista su otkrili i koristili žitaricu najbližnju današnjoj pšenici primijetivši bolja ponašanja od ostalih žitarica. Primijetili su dizanje kaše u otvorenim posudama na zraku te takvu smjesu oblikovali u kruščiće i pekli. Otkrićem kruha i njegovim razvojem stari Egipćani su otkrili i fermentirano tijesto.

Povijesni nalazi ukazuju kako je prva fermentacija povezana sa tadašnjom proizvodnjom piva. Murali ili povijesne slike iz Egipta pokazuju nastanak kiselog tijesta još u 13.stoljeću prije Krista. Iz Egipta kruh se javlja na mjestima današnjeg Izraela a potom prelazi u Grčku. Najveći doprinos za razvoj kruha zaslužni su stari Rimljani kao i za pojavljivanje kruha u Europi. Razvojem kamenih mlinova i korištenjem isključivo pšenice dobivao se bijeli kruh za svakodnevnu konzumaciju tako se otvaraju se prve pekare. Bijeli kruh je bio mjerilo bogatsva kojeg su jeli samo bogati ljudi. (DiMuzio, 2010).

Godine 1900.započinje razvoj pekarskog kvasca (*Saccharomyces cerevisiae*) a time i značajan razvoj kruha. Polovinom 19.st. i najviše u 20.st. započinje razvoj i tehnologija proizvodnje i pečenja kruha.

Prema sve većim i oštrijim zahtjevima potrošača pekarska industrija se uvelike promijenila te se i dalje mijenja. Ovisno o prehrambenim problemima, primjena novijih i poboljšanih tehnika proizvodnje te različitih trendova i zahtjeva potrošača, kruh prvenstveno bijeli pšenični kruh prolazi kroz mnogobrojne faze promjena. Bijeli pšenični kruh u mnogim dijelovima svijeta je najzastupljenija namirnica u svakodnevnoj prehrani i čini polovinu dnevne prehrane ljudi. Zbog prekomjernog konzumiranja bijeli pšenični kruh se povezuje sa mnogobrojnim bolestima (pretilosti, kardiovaskularnim oboljenjima i dr.).S nutritivnog gledišta danas se nudi široka paleta pekarskih proizvoda, od kruha sa cjelovitim žitaricama, kruh obogaćen s različitim dodatcima sve do različitih vrsta peciva. (Schünemann i Treu, 2012).

Stoga, cilj ovog diplomskog rada je praćenje kvalitativnih svojstava kruha od pšeničnog brašna sa dodatkom jabučnog i pivskog tropa u različitim omjerima, koji su nusproizvodi prehrambene industrije.



## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. ŽITARICE

Žitarice i proizvodi od žitarica su glavni i osnovni dio ljudske prehrane širom svijeta još od ranijih vremena. Žitarice potječu iz različitih krajeva svijeta gdje se iz Azije i južne Europe širi na druge kontinente. Prema pravilniku (MPŠVG, 2005) žitarice su plodovi (zrnje) uzgojenih biljnih vrsta iz porodice trava (*Poaceae*) uključujući i heljdu, pogodni za neposrednu prehranu ljudi i preradu u mlinske, pekarske, tjesteničarske i slične proizvode. U prehrani se koristi cijelo zrno, prerađevine i proizvodi pekarske industrije, u proizvodnjama tjestenine, keksa, kolača te u drugim industrijama.

Dijele se prema botaničkim (prave ili strne i prosolike žitarice) i tehnološkim svojstvima (krušne i ostale žitarice). Zbog svog bogatog nutritivnog sastava smatraju se prehrambeno vrijednom namirnicom. S nutricionističkog i prehrambenog pogleda najveću pažnju zauzimaju integralne žitarice ili integralno brašno kao važan izvor ugljikohidrata, proteina, vitamina B i E skupine, minerala u tragovima te vlakana. Sastav neobrađenog (integralnog) zrna su: klica, posije (omotač) i endosperm (brašno). (Koehler i Weiser, 2013.)

U žitarice se prema Pravilniku (MPŠVG, 2005) ubrajaju: pšenica, raž, ječam, zob, proso, kukuruz, riža, heljda, sirak, pšenoraž i krupnik (pir). Pšenica i riža su najvažnije s obzirom na ljudsku prehranu i čine 55% ukupne proizvodnje žitarica dok pšenica i raž zbog nutritivnog sastava su najbolje za proizvodnju kruha. (Predy i Watson, 2011)

Žitarice i proizvodi od žitarica čine dio prehrambene piramide te se preporučavaju u svim prehrambenim navikama. Plod žitarice ili zrno koje je zdravo koristi se za neposrednu preradu ljudi kao i njegova prerada u različite prehrambene i druge industrije. Sva zrna žitarica imaju sličnu strukturu i nutritivnu vrijednost iako oblik i veličina zrna može biti različita. Zrno žitarice se sastoji od omotača ili ljuske (posije). Aleuronski dio koja omata zrno, sadrži najveći udio vlakana, celuloze i pentozana, izvor vitamina B, i 40-70% minerala (kalij, kalcij, magnezij i cink) je sadržano u ovom vanjskom omotaču. Endosperm (jezgra) koji čini 81 do 85% zrna, najveći udio ugljikohidrata (škroba) te najviše iskorišteni dio zrna. Mljevenjem ovog dijela dobivamo brašno jednu od najbitnijih sirovina u proizvodnji kruha i drugih pekarskih proizvoda. Klica koja zauzima najmanji udio (2,5-3,5 % zrna) je bogata uljima, vitaminima i mineralima. Posije i klica čine nusproizvod u obradi žitarica koji su također od velike važnosti ali u drugim industrijama. (Hoseney, 1994; Kent i Evers, 1994)

Zbog važnosti žitarica u ljudskom prehrambenom lancu, obrada žitarica je evoluirala dramatično od skromnih početaka najstarije svjetske industrije pa sve do sofisticirane kakvu mi poznajemo danas. U Hrvatskoj se uzgajaju sve žitarice osim riže, a najviše se uzgajaju kukuruz, pšenica i ječam.

## 2.2. PŠENICA

Smatra se kako je uzgoj pšenice započeo još tisućama godina prije Krista. Povijesnu ulogu ima u razvoju civilizacije i naseljavanje ljudi na određenim područjima. Pšenica kao vodeća žitarica po proizvodnji, konzumiranju i trgovini u svijetu je najvažnija zrnata biljka koja se koristi u prehrani ljudi. Druga na ljestvici od ukupne proizvodnje prinosa žitarica odmah iza kukuruza i riže, 2/3 ljudi je koriste za prehranu, 1/3 za ishranu stoke, zatim kao sjemenje i manji dio u neprehrambene svrhe.

Riječ pšenica ne odnosi se na samo jednu vrstu pšenice. Rodu *Triticum* pripadaju 22 vrste, od kojih je najraširenija obična ili meka pšenica (*Triticum aestivum*) zatim slijedi (*Triticum durum*) ili tvrda pšenica. Dijeli se prema agronomskim, klimatskim uvjetima, sorti, prema raznolikoj ljudskoj prehrani, nutritivnom sastavu, kao i prema tehnološkim zahtjevima u proizvodnji. Zbog svoje velike otpornosti na različite klimatske uvjete, stabilnosti, lakog skladištenja i transporta, izvrsnog nutritivnog i energetskog sastava, sudjelovanja u mnogobrojnim i različitim prehrambenim proizvodima pšenica se uzgaja na svim kontinentima osim Antarkitke i na područjima gdje vladaju previsoke temperature tijekom cijele godine. (Orth i Shellenberger, 1988; Evans, 2001)

Za ljudsku prehranu se koristi neprerađeno ili prerađeno zrno pšenice. Hrana bazirana na žitaricama poput pšenice, veliki je izvor energije, proteina, različiti vitamina, minerala, prehrambenih vlakana te lipida. Obradom zrna pšenice (mljevenjem u brašno) uklanjaju joj se klica, omotač i aleuronski dio (posije) čime se gubi velika količina navedeno nutritivno vrijednih komponenti. Zbog toga danas se sve više stavlja naglasak na cjelovite žitarice (neobrađene) u ovom slučaju pšenice koje sadrže prehrambena vlakna iz omotača, minerale, vitamine te lipide iz klice. Za razliku o drugih žitarica, endosperm pšenice je bogat ugljikohidratima (škrobom) i proteinima glutena čime je zaslužna za povijesni razvoj dizanih kruhova. Pšenica s nazivom žitarica krušarica nam daje brašno od kojeg se radi svijetli, ukusni i u svijetu najpoznatiji bijeli kruh od fermentiranog tijesta. (Hoseney, 1994; Evans, 2001; Dean i sur., 2008.)

Kao kvalitativni i funkcionalni pokazatelj za odabir pšenice time i pšeničnog brašna predstavlja količina i kvaliteta proteina (glutena) kao i škroba čiji udjeli ovise o vrsti i sorti pšenice, klimatskim uvjetima i poljoprivrednom načinu obrade. Uz ugljikohidrate i proteine u pšeničnom brašnu se nalazi manji udio minerala, vitamina, lipoproteina te enzima. Najviše pšenice se uzgaja u svrhu dobivanje brašna, krupice, posija, te za proizvodnju škroba, glutena i alkohola. (Ilić, 1959; Šimundić i sur. 1994). Pšenične mekinje ili posije su nusproizvod mljevenja pšenice u brašno, ali zajedno sa klicom predstavljaju velik izvor nutritivno vrijednih tvari poput prehrambeni vlakana, vitamina, minerala i lipida. Uglavnom se

koriste u stočarstvu. Bez omotača i klice uklonjeno je oko 45 % proteina, 80 % vlakana, vitamina i minerala. Gubitak vlakana, vitamina i minerala u proizvode od brašna moguće je nadoknaditi dodacima bogatim ovim komponentama.

S kulinarskog i gastronomskog gledišta pšenica je bitna u pekarskoj industriji u proizvodnji kruha, jer 70 % stanovništva svijeta koristi kruh u svojoj svakodnevnoj prehrani. Veliku primjenu je ima i u drugim različitim prehrambenim industrijama kao što su npr. proizvodnja tjestenine, proizvodnja keksa i keksu srodnih proizvoda, pivarska industrija, farmacija, proizvodnja ekogoriva, ishrana stoke, itd.

### 2.2.1. Građa pšenice

Zrno pšenice je izuzetno kompleksan materijal, a kompleksna je i kemijska struktura komponenti koje se nalaze u pšenici. U zrnu pšenice glavne skupine kemijskih spojeva su ugljikohidrati, proteini, lipidi, vlakna i mineralne tvari. Endosperm, omotač i klica čine strukturu zrna pšenice. Zrno sadrži potrebne tvari za razvoj i rast mlade biljke. (Hosenay, 1994)

Zrno žitarice se sastoji iz :

- **Omotača ili ljuske (posije)** – obavija klicu i endosperm, zauzima 13-17 % ukupne mase zrna žitarice. Izgrađena je od slojeva ovojnica i aleuronskog dijela funkcija joj je da štiti unutrašnjost zrna od vanjski utjecaja. Pruža dobar izbor neprobavljivi vlakana i sadrži važne minerale (fosfor i kalij). Uklanja se tijekom mljevenja za dobivanje svijetlog brašna zbog boljih svojstava dizanja tijesta. Sadrži i esencijalnu celulozu baziranu na glukozu, pentozane, polimere ksiloze i arabinoze (Cauvain i Young, 2009). Ovaj kemijski sastav je tipičan za staničnu stjenku pšenice kao i aleuronskog sloja. Prema Fulcher-u i sur. (1972) postoje velike razlike u aminokiselinskom sastavu između aleuronskog dijela i onih u brašnu.
- **Endosperma (jezgra)** - najveći udio, čini od 81 do 84 % ukupne mase pšeničnog zrna. Kemijski sastav endosperma najvećim dijelom čine ugljikohidrati (škroba), u vodi netopivi proteina, sadrži manji udio lipida, vitamina i minerala od klice i omotača. Kvaliteta endosperma u odnosu na omjer škroba i proteina može se podijeliti na brašnasti i staklasti endosperm.
- **Klica (embrio)** – je najmanji dio svega 2-3% ukupne težine zrna pšenice, sadrži visok udio proteina, prirodna ulja, dio šećera, minerala i vitamina. Visoko nutritivno

vrijedna al se uklanja tijekom zbog svoje slabe stabilnosti na temperaturu i uvjete skladištenja. Osim kao nusproizvod pri proizvodnji brašna, klica je dostupna i kao zaseban proizvod jer je bogata vitaminima E i B skupine, mineralima te esencijalnim aminokiselinama. (Fulcher i sur., 1972)

## **2.2.2. Kemijski sastav zrna pšenice**

U zrnu pšenice glavne skupine kemijskih spojeva su ugljikohidrati, proteini, lipidi, vlakna i mineralne tvari. Kemijski sastav u pšenici varira zavisno o sorti pšenice, klimatskim i agrotehničkim uvjetima. Kemijsku kvalitetu pšenice čine maseni udio vode, udio i kvaliteta proteina, maseni udio masti te udio pepela i celuloze. (Evans, 2001)

### **Ugljikohidrati**

Pšenični škrob je sastav visokomolekularnih polimera linearne amiloze i razgranatog amilopektina povezane vodikovim vezama. Osim visoke energetske vrijednosti, škrob zbog svog kemijskog sastava sudjeluje u Maillard-ovim reakcijama čime utječe na boju i aromu finalnog proizvoda. U vanjskom sloju pšenice omotaču i klici škrob je prisutan u maloj količini. Škrob utječe na pečenje (fizikalno-kemijska svojstva), kristalizaciju, raspodjela veličine granula, želatinizacija te retrogradacija. Promjene koje se događaju kada se škrob podvrgava temperaturi i vodi su od najveće važnosti u funkcionalnom smislu velikog broja preharmbenih proizvoda. Hosney i sur. (1994) su otkrili da škrob pšenice, ječma i raži daju zadovoljavajuća svojstva kruha zbog sličnih svojstava, oblika granula, sposobnosti želatinizacije, raspodjele veličine granula itd.

### **Proteini**

Proteini su prirodni polimeri sastavljeni od aminokiselina povezani peptidnim vezama. Za nutritivnu vrijednost odgovorni su proteini omotača i klice dok tehnološka kvaliteta ovisi o proteinima endosperma. Kvaliteta zrna pšenice kao i pšeničnog brašna mjeri je udjelom i kvalitetom proteina u zrnu pšenice. Oko 80% proteina zrna pšenice su netopljivi u vodi i imaju svojstvo umrežavanja, tvore pšenični gluten dok drugi 20% su topivi u vodi i nemogu tvoriti tijesto u pekarstvu. U grupu netopljivi proteina pripadaju gliadin i glutenin koji čine gluten (ljepak). Drugi dio proteina koji su topljivi ili koaguliraju su albumin, globulini, peptidi, aminokiseline, enzimi brašna. Za potrebe pekarstva kvalitet glutena se određuje prema jačini, rastezljivosti, i elastičnosti. Gluten sa vodom tijekom miješanja daje specifična svojstva tijestu odgovorna za izgled konačnog proizvoda, utječe na miješanje, dijeljenje i peciva svojstva



kruha i peciva. Kvaliteta proteina kao i količina glutena ovisi o vrsti pšenice, agronomskoj praksi te utjecajima okoliša. (Wrigley i Bietz, 1988)

## **Lipidi**

Lipidi su raspodijeljeni u cijelom zrnu (2-3 %), a najviše ima u klici i u aleuronskom sloju. Lipidi su prisutni u manjoj mjeri u žitaricama, ali imaju značajan utjecaj na kvalitetu i teksturu hrane zbog njihove sposobnosti vezanja sa škrobom i proteinima. Nalaze se u slobodnom i vezanom obliku. Klica ima najviši udio oko 11% lipida u odnosu na cijelo zrno ali značajniji udjeli su također povezane i sa ovojnicom, škrobom i proteinima endosperma. Izvor su polinezasićenih masnih kiselina a klica iznimno bogata tokoferolom ili vitaminom E. Tijekom mljevenja dijelovi klice ili cijela klica se uklanja zbog podložnosti razgradnje masti i kvarenja. (Morrison, 1988)

## **Enzimi**

Enzimi su specijalizirani organski spojevi koji djeluju kao katalizatori u nekim mikrobiološkim reakcijama kao što je fermentacija. Enzimi bilo koje biljke su od životnog značaja za sintezu hrane za postojanje i rast biljke. U slučaju pšenice, zrela biljka pruža hranu za ljude i životinje i obnovljivi je izvor energije. Enzimi u zrnu pšenice su amilaze ( $\alpha$ - i  $\beta$ -) te proteaze (nalaze se u aleuronskom sloju i klici), a od ostalih enzima prisutne su lipaze, fosfataze i oksidaze u klici te fitaze u aleuronskom dijelu.

Amilaze cijepaju visokomolekularni škrob na jednostavne šećere (izvor hrane kvascima), uloga proteinaza je razgradnja proteina čime se utječe na čvrstoću tijesta, smanjenje miješanja te poboljšanje proširivanja tijesta tijekom fermentacije. U neprokljanom zrnu nalazi se  $\beta$ -amilaza koja cijepa maltozu i visokomolekularne dekstrine, dok se u prokljalom zrnu u većim udjelima nalazi  $\alpha$ -amilaza. Pšenična brašna sadrže dovoljno  $\beta$ -amilaze dok se  $\alpha$ -amilaza ukoliko je potrebno može dodavati nakon što je određena aktivnost  $\alpha$ -amilaze. (Đaković, 1997)

## **Prehrambena vlakna**

Brašna od cjelovitog zrna pšenice kao i sama ovojnica je dobar izvor vlakana pogotovo vlakana netopljivih u vodi. Suprotno od toga bijela brašna su siromašna vlaknima. Netopiva prehrambena vlakna mogu biti prevencija nekim bolestima intestinalnog trakta. Imaju sposobnost vezivanja vode i različitih toksičnih tvari. Cijelo zrno je bogato prehrambenim vlaknima čiji se udio smanjuje obradom žitarice, odvajanjem omotača zrna. Pšenične posije su nusproizvod obrade zrna, bogate prehrambenim vlaknima. (Kent i Evers, 1994)

## **Vitamini i minerali**

Udio mikronutrijenata u bijelom brašnu je značajno niži od udjela tih vrijednih sastojaka kod brašna od cjelovitog zrna. Udio mineralnih tvari najviši je u omotaču i aleuronskom sloju. Od vitamina u zrno pšenice sadrži vitaminne B i E grupe, biotin, niacin i dr. Tijekom prerade brašna i razdvajanja pojedinih frakcija brašna nakon mljevenja, udio minerala i vitamina u pojedinim frakcijama nižeg tipskog broja se smanjuje. Brašno od cjelovitog zrna pšenice osim mikronutrijenatima, bogata su vlaknima i fitatima. Većem smanjenju udjela fitata doprinosi i enzim fitaza te kvasci tijekom izrade kruha. (Hosenay, 1994, Đaković, 1997)

## **Voda**

Voda u žitaricama je jedan od važnijih čimbenika za ocjenu kvalitete zrna. Ukoliko je prenizak udio vode u zrnu, zrno je suho i lomljivo, što rezultira lošom kvalitetom proizvoda mljevenja od takvog zrna pšenice. S druge strane visoki udio vode u zrnu može dovesti do kvarenja zrna, loše mikrobiologije i intenzivnog enzimsko djelovanja.

## **2.3. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE**

Suvremeni problemi zapadne civilizacije su prekomjerna tjelesna težina i pretilost, te dijabetes, kardiovaskularne bolesti, maligna oboljenja i razni poremećaji koji su u uskoj vezi s nepravilnom prehranom. Kako je teško utjecati na prehrambene navike potrošača, današnja prehrambena industrija razvija nove proizvode tipa kruh, tjestenine, snack proizvoda i sl., koje konzumira široka populacija, obogaćene sastojcima koji su slabo zastupljeni u svakodnevnoj prehrani (prehrambena vlakna, omega 3- i 6- masne kiseline, polifenoli, antioksidansi, vitamini, i dr.) i funkcionalne proizvode, koji imaju dokazan pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi (Dean i sur., 2008; Jozinović i sur., 2014.).

Obzirom da se prehrambena industrija nalazi se pred brojnim izazovima koji su s jedne strane usmjereni na veliku potražnju za hranom, a s druge strane na razvoj proizvoda visoke nutritivne vrijednosti čijom konzumacijom se može poboljšati opće stanje organizma, ali i spriječiti nastanak i razvoj oboljenja suvremenog doba. U tom pogledu jedna od glavnih smjernica razvoja prehrambene industrije jest i pronalaženje novih sirovina i izvora potencijalno funkcionalnih sastojaka koji bi omogućili realizaciju tih izazova. (Dean i sur, 2008)

Nusproizvodi prerade biljnih materijala s jedne strane predstavljaju veliki problem, jer značajno utječu na okoliš zbog spore biorazgradivosti, onečišćenja voda, emisije metana i

sličnih ekoloških problema, dok s druge strane obiluju prehrambenim vlaknima i brojnim biološki aktivnim tvarima (Scheiber i sur., 2001.b; O'Shea, 2012).

Stoga je upotreba navedenih nusproizvoda postala rastući trend u prehrambenoj industriji. Jedan od motiva je povećanje prehrambene vrijednosti novih proizvoda, a drugi iskorištenje ovih nutritivnih vrijednih sirovina, a time i smanjenje ukupnog otpada (Yağci i Göğüş, 2010).

Tijekom prerade jabuka, te proizvodnje piva zaostaje značajna količina nusproizvoda, koji se zbog sastava i tehnoloških svojstava mogu vrlo uspješno koristiti u proizvodnji hrane. Trop jabuke i pivski trop su dobri izvor prehrambeni vlakana, ali i drugih sastojaka, kao što su polifenoli, vitamini i minerali daju ovim sirovinama značajnu nutritivnu vrijednost. Nažalost, ove sirovine u najvećoj se mjeri koriste kao stočna hrana, a budući da su dostupne u velikoj količini, predstavljaju jeftinu i lako dostupnu potencijalnu sirovinu za obogaćivanje različitih proizvoda prehrambene industrije.

Prehrambena vlakna čine ostaci jestivih biljnih stanica, polisaharidi, lignin i slične tvari koje ne podliježu hidrolizi ili nisu probavljivi u probavnom traktu čovjeka. Komponente koje su obuhvaćene ovom definicijom prehrambenih vlakana su celuloza, hemiceluloza, lignin, inulin, gume, modificiran celuloza, sluzi, oligosaharidi, pektini, voskovi, kutin i suberin (Guillon i sur., 2000.; De Vries, 2001.; Asp, 2004). Osnovni zahtjevi koje treba poštivati pri uporabi takve hrane jesu: pozitivni utjecaj na zdravlje konzumiranjem hrane bogate prehrambenim vlaknima i tehnološki omogućiti očuvanje senzorskih svojstava te hrane bogate prehrambenim vlaknima. Zahvaljujući njihovim fizikalnim svojstvima, koja poboljšavaju tehnološka svojstva, ona se mogu koristiti kao stabilizatori, za želiranje, formiranje filmova i emulzija i vezivanje vode. Najvažnija svojstva prehrambenih vlakana kao što su mogućnost vezivanja i zadržavanja vode, viskoznost njihovih slanih otopina i disperzija koja ovise o molekularnoj strukturi njihovih gradivnih komponenti (Meuser, 2001.).

### **2.3.1. Pivski trop**

Pivski trop, kao glavni nusproizvod u industriji piva, je lignocelulozni materijal s oko 17 % celuloze, 28 % neceluloznih polisaharida, prvenstveno arabinoksilana, i 28 % lignina u suhoj tvari (Jozinović i sur., 2014). Iako je dostupan tijekom cijele godine, ovaj nusproizvod obično koriste kao hrana za životinje. S obzirom na veliki udio proteina i vlakana (20 - 70 % na suhu tvar) te  $\beta$ -glukana, Mussatto i sur. (2006.) navode da bi se ovaj nusproizvod mogao koristiti za obogaćivanje u proizvodnji žitarica za doručak, keksa, pšeničnog kruha, snack i drugih sličnih proizvoda, pri čemu bi se prije upotrebe trebalo provesti njegovo sušenje i mljevenje.

Kao glavni nedostatak njegove primjene navodi se značajan utjecaj na promjenu boje i neugodan miris kod upotrebe u većim udjelima.

Brojna istraživanja u posljednje vrijeme navode da pivski trop sadrži i značajne količine polifenola (McCarthy i sur., 2012; Meneses i sur., 2013; Moreira i sur., 2013).

Utjecaj dodataka pivskog tropa u pšenično brašno u proizvodnji kruha ispitali su Stojceska i Ainsworth (2008.) te zaključili da se dodatkom pivskog tropa povećava udio vlakana, što utječe na produženje razvoja i stabilnosti tijesta te smanjenje stupnja omekšavanja i volumena kruha. Slično istraživanje o utjecaju dodataka pivskog tropa i tropa jabuke na reološka svojstva pšeničnog tijesta proveli su Ktenioudaki i sur. (2013.b) te utvrdili da je veći udio proteina imao pivski trop, a oba nusproizvoda su bogat izvor prehrambeni vlakana (trop jabuke: 36,5 % netopljivih i 6,6 % topljivih; pivski trop: 58,2 % netopljivih i 1,3 % topljivih, izraženo na suhu tvar).

### **2.3.2. Trop jabuke**

Trop jabuke je glavni nusproizvod koji zaostaje nakon usitnjavanja i prešanja jabuka tijekom proizvodnje soka. Predstavlja 30 % od cijeloga ploda te je vrlo podložan biorazgradnji. Zbog toga predstavlja ozbiljan problem za proizvođače koji trebaju zbrinuti ekstremno velike količine takvog otpada na dnevnoj bazi (O'Shea i sur., 2012; Grigoras i sur., 2013.). Trop jabuke je moker nusproizvod koji se najčešće koristi kao stočna hrana ili kao gnojivo, te kao izvor pektina, prehrambenih vlakana i polifenola (Scheiber i sur., 2004.; Royer i sur., 2006., Jozinović i sur., 2014).

Kvaliteta tropa jabuke procjenjuje se na temelju komponenata koje se nalaze u samom plodu i koje zaostaje u tropu nakon prešanja. Između komponenata koje su zastupljene najznačajniji su polifenoli, zbog njihovog pozitivnog utjecaja na ljudski organizam. Osim polifenola, jabuka sadrži i terpenoide. Ove komponente imaju različita djelovanja po ljudski organizam, kao što su protuupalno, antimikrobno, antioksidativno djelovanje, štite jetru te imaju izraženo citostatičko djelovanje (Grigorus i sur., 2013.; Schieber i sur., 2001.a).

Budući da trop jabuke sadrži veliku količinu pektina u suhoj tvari: 13 – 39 % (Royer i sur., 2006.), 11 – 22 % ( Gullön i sur., 2007.; Nawirska i Kwaśniewska, 2005.), ovaj nusproizvod je uz koru citrusa osnovna sirovina za proizvodnju pektina. U usporedbi s pektinom iz citrusa pektin iz jabuke karakterizira odlična sposobnost želiranja, ali zbog prisutnosti smeđih tonova boja, koji su rezultat enzimskog posmeđivanja, ne može se koristiti za proizvodnju jako svijetlih proizvoda (Schieber i sur., 2001.b).

Također, utvrđeno je da trop jabuke je odlična izvor prehrambenih vlakana: 36,5 % na suhu tvar (Carson i sur., 1994.), odnosno 51,1 % ukupnih prehrambenih vlakana, a od toga 36,5 % netopljivih i 14,6 % topljivih vlakana u suhoj tvari (Sudha i sur., 2007).

Istraživanja o primjeni tropa od jabuke uglavnom se odnose na proizvodnju pekarskih proizvoda, najčešće keksa, gdje je pšenično brašno zamijenjeno sa osušenim tropom od jabuke u udjelima do 15 % (Masoodi i sur., 2002; Sudha i sur., 2007). U navedenim istraživanjima utvrđeno je da su dodatkom tropa jabuke dobiveni proizvodi ugodne voćne arome, s većim udjelom prehrambenih vlakana i polifenola.

## **2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA**

Sirovine za proizvodnju kruha dijele se na:

- osnovne sirovine: brašno i voda te kvasac i sol;
- pomoćne sirovine: masnoće, šećeri, emulgatori, aditivi, i ostale sirovine koje poboljšavaju nutritivnu i tehnološku kvalitetu.

U tehnologiji proizvodnje kruha brašno i voda su jedina dva sastojka potrebna za nastanak kruha poznata još od davne prošlosti. Razvojem kruha i općenito pekarstva danas u osnovne sirovine pripadaju kvasac i sol.

## **2.5. Pšenično brašno**

Brašno za izradu kruha i drugih pekarskih proizvoda može biti od različitog izvora sirovina (različitih žitarica, krumpira, leguminoza i sl.), međutim u većini slučajeva kada se govori o brašnu za izradu kruha podrazumijeva se brašno dobiveno iz zrna pšenice ili kombinacije zrna žitarica (pšenice, raži, zobi, kukuruza, ječma, krupnika itd.). Brašno se može definirati kao prah ili čestice koje proizlaze iz drobljenja ili mljevenja škrobni sjemenki, žitarica, gomolja, ili mahunarki (DiMuzio, 2009). Samo pšenično brašno (manjim dijelom raženo) ima potrebne proteinske komponente za stvaranje mreže u koju se uklapaju mjehurići zraka tijekom fermentacije zbog čega se njegova upotreba preferira diljem svijeta i u različitim kulturama.

Brašno nakon procesa mljevenja, a prije upotrebe u pekarskoj industriji, mora odležati. Brašna dobivena od pšenice su najtraženija i najviše se koriste. (Ilić, 1969, Đaković, 1997). Danas na tržištu imamo niz različitih vrsta pšeničnog brašna čija svojstva ovise o namjeni. Za tehnološku kvalitetu brašna je bitno: udio i kvaliteta glutena (ljepaka), škrob, masti, enzimi i voda. Brašna se razlikuju obzirom na kvalitetu proteina. Tehnološka kvaliteta brašna se

definira preko sposobnosti stvaranja tijesta (jakost tijesta), sposobnost stvaranja plinova i sposobnosti želatinizacije, boje brašna i sposobnost tamnjenja te veličine čestica. Bitan faktor je i određivanje reološki svojstava koji utječu na ponašanje tijesta tijekom mehaničke obrade koja utječu na kvalitetu gotovi proizvoda. (Cauvain i Young, 1998)

Tip brašna dobije se tako da se postotni udio mineralnih tvari pomnoži s 1000. (Đaković, 1997.)

Prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta mlinski proizvodi moraju udovoljavati sljedećim zahtjevima kvalitete obzirom na količinu pepela, računato na suhu tvar:

- do 0,45 % za krupicu i bijelo brašno tip 400;
- od 0,50 % do 0,60 % za bijelo brašno tip 550;
- od 0,65 % – 0,75 % za polubijelo brašno tip 700;
- od 0,80 % – 0,90 % za polubijelo brašno tip 850;
- od 1,05 % – 1,15 % za crno brašno tip 1100;
- od 1,55 % – 1,65 % za crno brašno tip 1600;
- do 3,00 % za prekrupu;
- do 2,00 % za brašno i prekrupu iz cijelog zrna;
- do 0,90 % za krupicu iz durum pšenice;
- od 0,90 % – 2,00 % za brašno iz durum pšenice;
- do 5,5 % za klicu;
- do 7,00 % za posije. (MPŠVG, 2005).

Brašna T-400 i T-550 dobivaju se iz središnjih dijelova endosperma. Ovo brašno u odnosu na T-850 ima manji udio mineralnih tvari i niži postotak izmeljavanja, sadrži veću količinu škroba, manju količinu kvalitetnijih proteina, formira gluten boljih svojstava i ima manji udio celuloze i masti. Tijesto dobiveno od ovakvog brašna je rastezljivo, elastično i stabilno, zbog dobrih svojstava glutena i slabe enzimske aktivnosti (Đaković, 1997.).

Svojstva brašna ovise o udjelu pepela, vode, granulaciji meljave (veličini čestica brašna), stupnju kiselosti, okusu brašna, čistoći itd. Određivanje kvalitete pšenice i brašna u laboratoriju i u pekarnici.

Kemijski sastav pšeničnog brašna usko je povezan sa sastavom pšeničnog zrna. Udjeli škroba, proteina, vode, mineralnih tvari ovisi o sorti pšenice i agroklimatskim uvjetima. Odgovarajući kemijski sastav brašna za različite namjene dobiva se kombiniranjem, miješanjem različitih vrsta pšenica. (Kent i Evers, 1994)

### **2.5.1. Voda**

Voda u pekarskim i sličnim industrijama ima važnu ulogu. Tijekom zamjesa netopljivi proteini brašna u doticaju sa vodom bubre, tvore glutensku mrežu koja tijekom procesa fermentacije ima svojstvo zadržavanja plinova. Voda je sredstvo za bubrenje sastojaka brašna, za otapanje soli i šećera. Kvasac u procesu fermentacije za svoj razvoj i razgradnju treba dovoljnu količinu vode. Zatim amilaza glavni enzim za razgradnju škroba u šećer treba određenu količinu vode (DiMuzio, 2009). U suprotnom prevelika količina vode tijekom zamjesa stvara idealne uvjete za enzime (proteaze) koji onda mogu gluten razgraditi i izazvati ljepljivo tijesto. (Cauvain i Young, 1998)

Voda za piće prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće je sva voda koja je u svom izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje ili pripremu hrane kao i voda koja se koristi u proizvodnji, preradi te konzerviranju proizvoda ili tvari namijenjenih za konzumaciju ljudi (MPŠVG, 2005). Najbolje je koristiti prirodnu izvorsku vodu koja u sebi sadrži dovoljnu količinu minerala te je pogodnija za bolju fermentaciju, jer mekane vode produžuju fermentaciju.

### **2.5.2. Kuhinjska sol**

Utjecaj soli na tijesto je raznolika, jer sol pored postizanja okusa pekarskih proizvoda ima i funkcionalna svojstva. Sol daje čvrstoću tijestu, učvršćuje gluten čime je i jača struktura glutenske mreže koja onda bolje zadržava zrak unutar formirani rupica što daje kruhu bolji volumen. Dodavanjem soli može se regulirati i vrijeme miješanja tijesta. Sol djeluje i kao antioksidans tijekom miješanja pri velikim brzinama oksidacija se povećava. Kristali soli dodani u tijesto usporavaju fermentaciju zbog toga što je sol higroskopna i upija vodu time smanjuje dovoljnu količinu vode kvascu. Sol se dodaje u udjelu 1,8-2 % na ukupnu količinu brašna (DiMuzio, 2009). S druge strane svojstvo higroskopnosti ima pozitivan rezultat, sol apsorbira vodu iz atmosfere što rezultira svježim, mekanim kruhom. U pekarstvu je bitno da se sol dodaje u fino usitnjenim kristalima. U tehnološkom smislu sol poboljšava svojstva tijesta, utječe na tijek fermentacije, poboljšanje kvalitete gotovog proizvoda, bolji okus i aroma. Tijesto sa optimalnim udjelom soli suha i lako se obrađuju, dobro se ponašaju pri zamjesu, imaju visoku stabilnost i toleranciju u fermentaciji. Sol utječe na boju gotovog proizvoda, nedostatak soli blijeda kora, suvišak soli daje proizvod sa crvenkastom korom. S optimalnim udjelom soli dobije se proizvod ružičaste boje kore, dobre poroznosti sredine, ugodnog okusa i pune arome. (Schünemann i Treu, 2012.)

### 2.5.3. Kvasac

Postoje tisuće vrsta kvasaca ali za pekarstvo se koristi samo *Saccharomyces cerevisiae* koji za svoj rast i razvoj koristi šećere, glukozu, fruktozu, maltozu, itd. Kvasac kao hranu koristi jednostavne šećere te proizvodi ugljikov dioksid i alkohol. Ugljični dioksid u procesu fermentacije zadržava se u alveolama proteinske mreže, što utječe na volumen gotovog proizvoda, dok alkohol tijekom pečenja ispari. Stanice kvasaca proizvode vlastite enzime (zimaza) koja im pomaže energiju iz šećera konvertirati u nusprodukte ugljikov dioksid i alkohol. (Schünemann i Treu, 2012.)

### 2.5.4. Poboljšivači i aditivi

Poboljšanje svojstava tijesta, utjecaj na tijek fermentacije, poboljšanje svojstava i kvalitet kruha i peciva, utjecaj na svježinu, poroznost, elastičnost sredine, žvakljivost kruha i peciva. Ujednačuju oscilirajuća tehnološka svojstva sirovina i prilagođavaju svojstva tijesta tehnološkim zahtjevima u preradi. Njihov dodatak omogućuje dobivanje boljih pekarski proizvoda ujednačene kvalitete. Mogu biti dodani u različitim oblicima, dodaju se tijekom proizvodnje tijesta ili tijekom proizvodnje tjestenih masa. Njihovo djelovanje se očituje skoro u svim fazama proizvodnje pekarskog proizvoda. (Schünemann i Treu, 2012.)

Podjela poboljšivača prema:

- namjeni (kruh, pecivo ili fino pecivo),
- djelovanju (površinsko aktivne tvari, oksido-redukcijska sredstva, enzimski preparati, konzervansi)

## 2.6. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KRUHA

### 2.6.1. Kruh

Kruh je prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta pekarski proizvod mase preko 250 grama proizveden miješenjem, oblikovanjem, vrenjem (fermentacijom) i pečenjem tijesta umiješanog iz mlinskih proizvoda različitih žitarica, vode, pekarskog kvasca ili drugih sredstava za fermentaciju, soli, te drugih sastojaka ili smjesa za pekarske proizvode (MPŠVG, 2005). Najstarija i najčešća namirnica širom svjetske populacije kruh je i namirnica koja se u današnje vrijeme najčešće i najviše konzumira. Kruh se priprema od različitih vrsta brašna, najčešće od pšeničnog brašna i ostalih sirovina. Kruh se razlikuje po osnovnim sirovinama, masi, obliku, izgledu kore i



sredine. Kod nas je najpoznatiji kruh od čistog pšeničnog brašna te mješavine pšeničnog i raženog brašna.

Na tržište se pod nazivom kruh mogu stavljati i integralni kruhovi od cjelovitih žitarica, raženi kruh sa većim udjelom raženog brašna, kukuruzni kruh, heljdin, ječmeni, krumpirov i zobeni. Prema Pravilniku su definirani najmanji udjeli koje određena vrsta kruha mora sadržavati (MPŠVG, 2005).

### **2.6.2. Proces proizvodnje kruha dijeli se u nekoliko faza:**

- priprema sirovina,
- izrada tijesta,
- fermentacija tijesta,
- obrada tijesta,
- završna fermentacija,
- pečenje.

### **2.6.3. Priprema sirovina**

Po pripremom sirovina spada priprema brašna, vode, te ostalih sirovina koje se koriste za izradu kruha i peciva.

**Brašno** - kao glavna sirovina prije zamjesa se mora prosijati, temperirati te odvagati točna masa kako bi se poštivala receptura i materijalna bilanca. Brašno mora biti higijenski ispravno, u skladištima zaštićeno od vlage i štetočina.

**Voda** - upotrebljava se pitka vodovodna voda, zdravstveno ispravna bez stranih mirisa i stranih tvari. Voda treba biti srednje tvrda, a količina upotrijebljene vode ovisi o moći upijanja brašna i u pravilu se kreće od 50 do 60 % na količinu brašna. Temperatura vode se podešava prema kvaliteti brašna. Brašna siromašna glutenom temperatura vode je 26 - 28 °C a brašna iz tvrdi pšenica temperatura je viša 30 – 32 °C kako gluten bio rastezljiviji i elastičniji. Također temperiranje vode je bitno i za tijek fermentacije.

**Kvasac** - upotrebljava se pekarski kvasac mikroorganizam biljnog porijekla. Kvasci razgrađuju ugljikohidrate brašna (šećer i škrob) na CO<sub>2</sub> i alkohol. Kvasac kao i prije navedene sirovine se mora prije upotrebe temperirati (2 – 4 °C ). Enzim kvasca zimaza i ostali prisutni enzimi u brašnu ubrzavaju reakciju razgradnje. Nastali alkohol tijekom procesa pečenja ispari što utječe na formiranje okusa i arome. CO<sub>2</sub> povećava volumen tijesta

zbog čega se dobiva kruh većeg volumena, porozne i rahle strukture te je kao takav lakše probavljiv. Količina kvasca koja se dodaje je 0,5 - 3% ovisno o kvalitetu brašna, uvjetima fermentacije, upotrijebljenim dodacima. Upotrebljava se svježi kvasac, instant kvasac ili kvasno tijesto. Kvasac se čuva na suhom, tamnom prostoru na temperaturi ispod nule nekoliko mjeseci, a na višim temperaturama nekoliko dana.

**Sol** - se dodaje radi postizanja okusa, a osim toga djeluje i na povećanje čvrstoće glutena (ljepka). Dodaje se u količini 1,5 - 2,2%. Mora se čuvati od vlage jer se mora dodati u tijesto u što finijm granulama ili kao koncentrirana otopina. Dodatak soli utječe na vrijeme i kvalitetu fermentacije. (Schünemann i Treu, 2012; Cauvain i Young, 1998; Kent i Evers, 1994)

#### **2.6.4. Izrada tijesta (zamjesivanje)**

Izrada tijesta podrazumijeva upotrebu mehaničke energije za miješanje sastojaka potrebni u izradi kruha i drugih proizvoda od brašna. U procesu miješanja se formira tijesto nastaje homogena, elastična masa koja je u prvom dijelu miješanja tekuća i ljepljiva. U toj fazi škrob i proteini brašna upijaju vodu a topljive komponente sol i šećeri prelaze u otopinu. Nakon potpune hidratacije škroba i proteina nastaje druga faza u kojoj se počinje se razvijati gluten, tijesto postaje homogeno, čvrsto i elastično. Miješanje je bitna faza u izradi kruha koja ima utjecaj na kvalitetu gotovog proizvoda. Tijekom zamjesa dolazi do fizikalni, kemijski i biokemijski procesa. Procesu tijekom miješanja su homogenizacija sirovina, apsorpcija zraka i razvoj glutena. U fazi apsorpcije zraka, tijekom miješanja u tijesto se ugrađuje zrak i formiraju zračni nukleusi u koje se u procesu fermentacije ugrađuje CO<sub>2</sub> što dovodi do porasta volumena i poroznosti.

Intenzitet i vrijeme miješanja ima značajnu ulogu u zamjesu tijesta. Ovisno vrsti i snazi mjesilice optimalno vrijeme je 10 – 20 minuta. Vrijeme kao intenzitet ovise o kvaliteti brašna (udio proteina), količini dodane soli (sol jača gluten), dodatku masnoća i ostalih dodataka. Neki pekari dodaju sol pred sam kraj miješanja kako bi se skratilo vrijeme ali to ima nepovoljan utjecaj, jer može doći do oksidacije tijesta i gubitka svojstvene boje i okusa.

Preduгим miješanjem, uslijed trenja između tijesta i miješalice, povećava se temperatura, što na kraju utječe na proces fermentacije. Razvojem i ulaganjem znanja u pekarstvu su se razvile i unapređivale mehaničke mješalice koje su postepeno zamijenile ručno miješanje te u mnogočemu olakšavale i ubrzavale proizvodnju kruha i pekarski proizvoda. S tim su se razvile su se mnoge tehnike miješanja. Prednosti mehanički mješalice u odnosu na nekadašnji rad rukama je bolja kvaliteta gotovog proizvoda, bolji volumen, tanja korica, sredina kruha ujednačenija i mekša, kraća završna fermentacija, promjena boje gotovog

proizvoda te ušteda vremena proizvodnje. (Schünemann i Treu, 2012; Cauvain i Young, 1998)

### **2.6.5. Fermentacija tijesta**

Većina hrane koju konzumiramo je rezultat fermentacije jer ona utječe na fizičke, kemijske i biološke promjene. Nakon konzumiranja jednostavnih šećera kvasac proizvodi nusprodukte plin CO<sub>2</sub> i alkohol koji tijekom pečenja dijelom ispari, a dijelom daje kruhu svojstvenu aromu.

Fermentacija započinje čim brašno, voda, kvasac ili bakterije mliječno-kiselog vrenja dođu u kontakt. Postoji fermentacija u masi, fermentacija tijesta, intermedijarna fermentacija (međudmaranje) i završna fermentacija. Fermentacija tijesta ili fermentacija u masi započinje neposredno nakon završetka miješanja tijesta gdje tijesto doživi svoju zrelost prije dijeljenja i oblikovanja. Fermentacija se odvija u metalnim posudama u kojima se tijesto povremeno premjesiva zbog uklanjanja CO<sub>2</sub>, raspoređuje se stanice kvasca te mu se osigurava nova količina šećera. Na pravilno vođenje i vrijeme fermentacije utječe temperatura tijesta i okoline (oscilacije temperature), kvaliteta brašna, veličina komada tijesta, temperatura vode, aktivnost i količina kvasca.

Intermedijarna fermentacija između podjele tijesta i oblikovanja vekni, obično 15-30 min. Konačna i finalna fermentacija je period nakon oblikovanja u kojem oblikovano tijesto poprima svoj željeni oblik, raste u svim smjerovima prije odlaska na pečenje i traje 45-90 minuta. Fermentacija se nastavlja čak i u prvih 10 minuta pečenja sve dok ne dođe do odumiranja kvasca pri povišenoj temperaturi. (Schünemann i Treu, 2012; Cauvain i Young, 1998)

### **2.6.6. Obrada tijesta**

Pod obradom tijesta podrazumjeva se dijeljenje tijesta na željene komade, okruglo oblikovanje, odmaranje tijesta i završno oblikovanje. Dijeljenje tijesta se radi ručno ili danas sve više strojno prije oblikovanja. Podijeljeni komadi moraju biti jednake veličine i težine zbog poštivanja zadane mase gotovog proizvoda i njegovom propisanom deklaracijom. Vrijeme dijeljenja mora biti brzo zbog fermentacije koja se još odvija u tijestu.

Okruglo oblikovanje tijesta se također obavlja strojno, daje smjer rasta tijestu koji je rezultat nastalog plina nakon fermentacije. Oblikovanje se vrši ručno ili češće strojno. Oblikovati možemo u manje oblike ovisno o želji krajnjeg proizvoda. Oblikovanje u kuglu, zaobljeni oblik koji na površini stvori tanku koru koja sprječava izlazak plina, time se dobiva bolji volumen i

ljepši izgleda proizvoda. Okruglo oblikovano tijesto se može lako okretati, premještati, smanjenja ljepljivost i nakon odmaranja može se lako formirati u završni oblik. Tijekom oblikovanja se upotrebljava manja sila zbog formiranog glutena koji se može potrgati. Povećava se elastičnost i čvrstoća tijesta ali se gubi određena količina plina. (Schünemann i Treu, 2012.)

Odmaranje tijesta ili intermedijarna fermentacija ovisi o tome koliko se vremena provelo na prethodnom oblikovanju te kako bi se što bolje pripremio za završno oblikovanje. Ovisno o obliku tijesta odmaranje tijesta ima različito vrijeme (okruglo 10-15 min). Vrijeme odmaranja može ovisiti o vremenu i upotrijebljenoj snazi oblikovanja tijesta, o vlažnosti tijesta, o količini enzima proteaze. Duljina odmaranja je vezana uz reologiju tijesta. Što tijesto više odmara dolazi do većih promjena u reologiji što može imati značajan utjecaj na konačnu kvalitetu kruha (Stanley P. i Cauvain, 2003.). Odmaranjem tijesto postaje elastičnije i rastezljivije, lakše završno oblikovanje i bolja kvaliteta i izgled konačnog proizvoda.

Završno oblikovanje slijedi nakon dovoljnog odmaranja tijesta i dobiva se konačni oblik proizvoda. U ovom završnom oblikovanju tijesto se oblikuje u razne oblike ovisno o krajnjem proizvodu. U ovom dijelu obrade u tijestu se raspoređuje konačna količina plina koja utječe na strukturu sredine gotovog proizvoda. (Schünemann i Treu, 2012; Kent i Evers, 1994)

### **2.6.7. Završna fermentacija**

Završna fermentacija je period između završnog oblikovanja i vremena kada je tijesto gotovo za pečenje. Razlika od fermentacije u masi je povećanje volumena tijesta oblikovanog u kruh ili neki drugi pekarski proizvod. Škrob iz brašna se dalje razgrađuje na šećere i dekstrine koji su izvor hrane kvascu. Glavni cilj ove fermentacije je povećati volumen tijesta („napuhati tijesto“) s dovoljno CO<sub>2</sub> za održavanje lagane teksture i izgleda tijekom pečenja. Ugljikov dioksid nastao tijekom završne fermentacije daje finalni oblik i strukturu kruha. Završna fermentacija kao i pečenje utječe na rast plinskih mjehurića koji su zaslužni za volumen i konačnu strukturu gotovog proizvoda.

Završnu fermentaciju se mora pratiti kako ne bi došlo do prevelike akumulacije CO<sub>2</sub> koja uzrokuje oštećenje glutena. To provjeravamo stiskom prsta: fermentacija je završena onda kada otisak se lagano vraća u prvobitno stanje. Uspješna fermentacija osigurava pravilan rast kruha u pećnici te onemogućuje pad tijesta tijekom pečenja. Trajanje fermentacije ovisi o svojstvima brašna i konzistenciji tijesta, tehnološkom postupku pripreme tijesta, količini i fermentiranoj aktivnosti kvasca i recepturi tijesta, temperaturi tijesta, veličini i vrsti proizvoda te temperaturi pečenja.

Završna fermentacija se odvija u komorama za završnu fermentaciju. Oblikovani komadi tijesta se stavljaju u komore ili ladice u kojima se fermentacija nastavlja u kontroliranoj atmosferi, relativna vlažnost do 85 %, kvasac je najviše aktivan na temperature 35 - 45 °C. (Schünemann i Treu, 2012., Cauvain i Young, 1998., Kent i Evers, 1994)

### **2.6.8. Pečnje**

Pečenje je proces transformacije. Intenzivno tijekom pečenja toplina prodire u tijesto, dolazi do ekspanzije plinskih mjehurića, a time i do širenja kruha. Kako raste temperatura u tijestu, fermentacija se intenzivira i rast oblikovanog tijesta je brži sve do inaktivacije kvasaca (45 °C). Pečenjem oblikovanog tijesta dolazi do fizikalni, kemijskih i biokemijski promjena, tijesto mijenja oblik i aromatična svojstva, te formira strukturu. Tijekom pečenja tijesto prolazi kroz zadnju fazu fermentacije koja je najbrža, kvasci se razvijaju velikom brzinom te produciraju veliku količinu ugljikovog dioksida koja utječe na rast i oblikovanje kruha.

Prije pečenja površinu kruha treba pravilno narezat kako bi se najbolje rasporedio plin nastao završnom fermentacijom u svrhu dobivanja kruha pravilnog oblika. Šećeri i produkti razgrađenih proteina su dostupni i sudjeluju u Maillardovim reakcija i neenzimskom posmeđivanju koji daju smeđu boju kore kruha i svojstven miris.

Tri glavne promjene koje se događaju za vrijeme pečenja su: povećanje debljine proizvoda kroz proizvodnju plinova i isparavanja vode; smanjenje mase proizvoda zbog sušenja što rezultira velikim smanjenjem gustoće proizvoda i razvojem porozne strukture te potamnivanjem površine proizvoda uslijed hidrolize škroba i karamelizacije šećera. (Chevallier sur., 2002.).

Temperatura i vrijeme pečenja ovisi o tipu brašna i vrsti proizvoda, količini šećera u tijestu, o veličini i obliku te željenoj boji kruha i peciva. Temperatura kod manjih proizvoda je nešto viša i kraće je vrijeme pečenja dok je kod većih proizvoda temperatura manja i duže je vrijeme pečenja. U prvoj fazi pečenja tijesta neophodno je vlažiti peć vodenom parom tlaka 0,5 bara i temperature 106 - 110 °C do postizanja relativne vlažnosti zraka 70 - 85 %. Bez prisutnosti vodene pare došlo bi do bržeg formiranja kore koja bi onemogućila širenje kruha i izazvala pucanje na površini. Toplina se kroz tijesto širi u koncentričnim krugovima od površine se širi prema sredini. Površinski sloj tijesta se zagrijava jako brzo i već pri temperaturi 55 - 66 °C dolazi do koagulacije proteina. Na temperaturi od 100 °C intenzivno isparavanje vode i sušenje površinskog sloja te nastanak tvrde kore koja postepeno zadebljava. Kruh je pečen kad je kora kruha dovoljno smeđa, kad ima miris i teksturu svojstvenu kruhu te je kora čvrsta, a sredina kruha nema okus i miris po sirovom tijestu.

Nakon pečenja kruh treba držati u toploj okolini sve dok se ne ohladi kako bi kruh bio hrskav i stabilan. Isparavanje suviška vode se i dalje odvija nakon pečenja, inače bi sredina kruha bila gnjecava i mekana. Uslijed naglog hlađenja kora kruha bi se stegnula i došlo bi do pucanja kore i njenog odvajanja od sredine. (Schünemann i Treu, 2012.)

## **2.7. TEKSTURA KRUHA**

Tekstura je jako važno svojstvo koje utječe na rukovanje, procesiranje, vijek i trajnost proizvoda te na prihvatljivost proizvoda od strane potrošača. Tekstura se može opisati kao skupina fizikalnih svojstava koji se mogu odrediti osjetilom dodira, a u vezi su s deformacijom, dezintegracijom i tečenjem hrane pod utjecajem sile. Tekstura proizvoda ovisi i od kemijskih promjena unutar samog proizvoda, jer time dolazi do mijenjanja i struktura samog proizvoda. Utvrđivanje teksturalnog profila kruha mogu se odrediti čvrstoća, kohezivnost, elastičnost i otpor žvakanju. Otpor pri žvakanju predstavlja onu energiju koju je potrebno utrošiti za žvakanje proizvoda, dok se lomljivost odnosi na stupanj do kojeg proizvod može biti deformiran prije nego što se polomi i na potrebnu silu pod kojom proizvod puca ili se usitnjava. Tvrdoća je sila koja je potrebna za postizanje deformacije proizvoda ili prodiranja u proizvod. Potrošači koriste teksturu kao jedan od osnovnih kriterija pri procjeni kvalitete i svježine hrane.

## **2.8. VOLUMEN KRUHA**

Volumen kruha je jedan od najvažnijih svojstava za određivanje pecivosti brašna. Volumen kruha se određuje mjerenjem volumena volumetrom ili metodom istjecanja sjemenki iz lijevka.

Mjerenje volumena volumetrom se provodi na način da se u centar posude između elastičnih traka postavi kruh, poklopac se dobro zatvori, posuda se okrene za 180°. Volumen kruha se očita na skali cilindra.

Mjerenje volumena kruha istjecanjem sjemenki se provodi tako da se zasun na lijevku potpuno otvori i kada sjemenke ispune dno, bez prekidanja, u sredinu mjerne posude postavi se kruh. Kada se sjemenke počnu prelijevati preko ruba posude zatvori se zasun. Ravnalom se zaravni površina sjemenki u posudi. Preostale sjemenke se ispuste u centar menzure i izmjeri se njihov volumen. (AACC, 2000)

### **3.EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak rada je bio odrediti utjecaj pivskog i jabučnog tropa kojima sam zamijenila pšenično brašno pri zamjesu tijesta za kruh u različitim udjelima (5, 10 i 15 %) na kvalitativna svojstva kruha.

### 3.2. MATERIJALI

Sirovine:

- 2000 g brašnaste sirovine (100%)
- 36 g pekarskog kvasca
- 30 g kuhinjske soli (1,5 %)
- 37,2 g šećera (1,86 %)
- 0,1 g askorbinske kiseline (0,005 %)
- voda (prema sposobnosti upijanja vode)
- pivski trop (zamjena za pšenično brašno u udjelu 5, 10, 15%)
- jabučni trop ( zamjena za pšenično brašno u udjelu 5, 10, 15%)

Priprema sirovina:

- 1000 g brašna vlažnosti 14%, masa brašna za zamjes korigira se prema vlažnosti brašna iz formule:

$$m_B(g) = \frac{100 - 14}{100 - w_{H_2O}(\%)} * 1000$$

(jednadžba 1)

- Voda za zamjes izačunava se prema sposobnosti upijanja vode:

$$m_{H_2O}(g) = \frac{\text{sposobnost upijanja vode } (\%) \cdot m_B(g)}{100}$$

(jednadžba 2)



### 3.3. METODE

#### 3.3.1. Određivanje sposobnosti upijanja vode

U manju porculansku zdjelicu staviti se 20 – 30 g brašna (odnosno smjese u kojoj je pšenično brašno zamijenjeno određenim udjelompivskog tropa ili jabučnog tropa). Načiniti udubljenje u koje se doda pipetom odmjerenih 10 cm<sup>3</sup> vode, te staklenim štapićem umijesi tijesto, dok se ne dobije kompaktna masa koja visi na štapiću. Zatim se tijesto prenese na dlan koji je posut s malo brašna. Sa štapića se potpuno skinu zaostali djelići tijesta i brašna, te se daljnjim miješanjem prstima druge ruke postepeno umijesi još toliko brašna kako bi se dobilo čvrsto tijesto koje se nije ljepljivo, ali da ne bude ni pretvrdo. Dobiveno tijesto se odvagne i iz razlike težine tijesta i utrošene vode izračuna udio vode koji veže 100 g brašna.

Izračunavanje:

$$Udio\ vezane\ vode = \frac{10 \cdot 100}{masa\ upotrebljenog\ brašna} = \frac{1000}{a - 10} \quad [\%]$$

(jednadžba 3)

gdje je

a= masa tijesta

#### 3.3.2. Probno pečenje kruha

Brašno je potrebno prosijati te izvagati potrebne sirovine prema recepturi. Brašno, kvasac i šećer prenijeti u mjesilicu. U odvaganoj potrebnoj količini vode otopiti sol i askorbinsku kiselinu. Otopina se usipa u mjesilicu i provodi se postupak zamjesa. Tijesto se okruglo oblikuje, stavlja na fermentaciju 30 minuta (temperatura 30 °C ± 1 °C i relativna vlažnost 85 % ± 5 %). Nakon završene (prve) fermentacije, odvaži se 400 g tijesta koje se razvalja i oblikuje u veknicu. Oblikovane vekince stavlja se u komoru za fermentaciju tijekom 50 minuta pri temperaturi 30 °C ± 1 °C i relativnoj vlažnosti 85 % ± 5 %. Nakon druge fermentacije, tijesto se stavlja u pećnicu zagrijanu na 225 °C ± 5 °C, temperatura pećnice se spusti na 210 °C ± 5 °C i uzorak se podvrgava procesu pečenja (uz obvezno doziranje vodene pare). Pečeni kruhovi (21 minuta) se ohlade i podvrgnu kvalitativnoj analizi.

### 3.3.3. Određivanje volumena kruha

Volumen kruha je jedna od glavnih komponenti kontrole kvalitete kruha. Mjerenjem volumena kruha mogu se dobiti podaci o gustoći mrvica kruha i snazi glutena u brašnu.

Volumen kruha u ovom ispitivanju se mjerio na uređaju Volscan Profiler. Volscan Profiler laser na osnovi skeniranja mjeri volumen kruha i pekarskih proizvoda s maksimalnim dimenzijama dužine 600 mm i promjera 380 mm, s test vremenom manjim od 60 sekundi. Umjesto samo ocjenjivanja volumena kao kod klasične metode određivanja pomoću sjemenki, Volscan Profiler ima mogućnost automatski izračunati nekoliko odgovarajućih parametara kao što su visina, širina, dužina i težina. On također omogućava brzu trodimenzionalnu digitalizaciju kruha. ([www.stablemicrosystems.com](http://www.stablemicrosystems.com))



Slika 1. Volscan Profiler

### 3.3.4. Određivanje udjela vode u kruhu

Udio vode u kruhu se određuje sušenjem uzorka u točno definiranim uvjetima. Gubitak mase izražen u postocima određuje udio vode u uzorku. U prethodno osušenu i odvagano posudicu izmjeri se 5 - 6 g pripremljenog uzorka sa točnošću 0,001 g i suši u sušioniku zagrijanom na 130 °C. Poklopac se skine i ostavi pored posudice. Sušenje traje dok se ne postigne konstantna masa (1 h i 30 min), što se provjerava mjerenjem ohlađenih posudica.

Određivan je udio vode u uzorku tijesta, te uzorcima korice i sredine kruha.

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100 \quad (\text{jednadžba 4})$$

$m_0$	- masa uzorka prije sušenja [g]
$m_1$	- masa uzorka nakon sušenja [g]
$w_v$	- udio vode (vlage) [%]

### 3.3.5. Određivanje aktiviteta vode u kruhu

Uzorci se pripremaju isto kao i za određivanje udjela vode. Usitnjeni uzorak kruha stavlja se u malu plastičnu posudu, zatim se posuda stavlja u ležište uređaja za određivanje aktiviteta vode (Rotronic, HygroPalm AW1) i pokreće se mjerenje (Primo-Martina i sur., 2006). Mjerenja su provedena na način da se mjerio aktivitet tijesta, te u korici i sredini uzoraka nakon 21 minute pečenja.

### 3.3.6. Određivanje teksture kruha

Za određivanje teksturalnog profila uzoraka kruha koristio se uređaj TA.XT Plus, a dobiveni podaci se analiziraju s TextureExponent 32 softverom. Uzorci kruha precizno se izrežu na šnite debljine 25 mm (4 šnite iz sredine vekne) i podvrgavaju dvostrukoj kompresiji cilindričnim nastavkom P/36R promjera 36 mm prema sljedećim parametrima:

- kalibracija visine: 30 mm
- brzina prije mjerenja: 1 mm/s
- brzina mjerenja: 1,7 mm/s
- brzina nakon mjerenja: 5 mm/s
- dubina prodiranja cilindra: 10 mm (40 %)
- vrijeme zadržavanja između dvije kompresije: 5 s
- potrebna sila za početni signal: 5 g



**Slika 2.** TA.XT Plus TextureAnalyzer

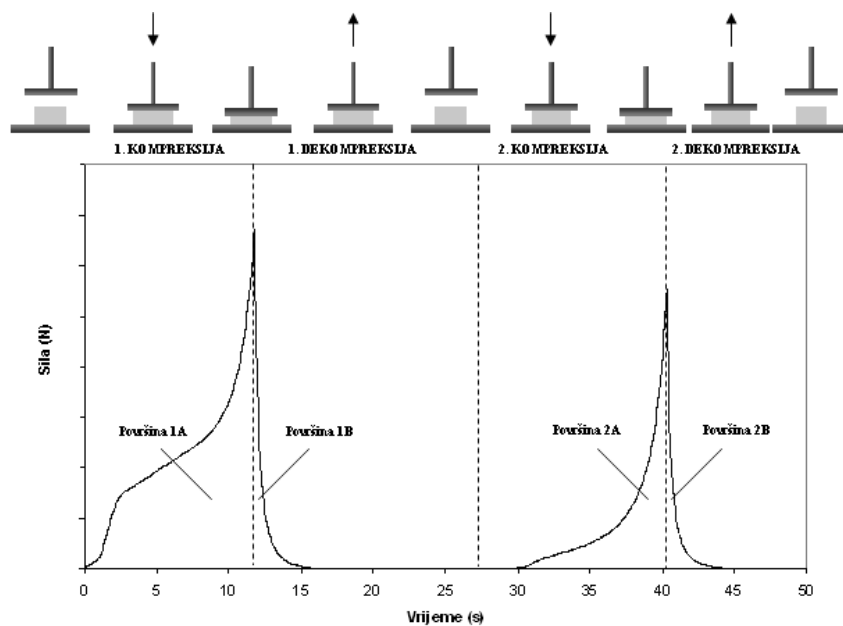
Računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema parametrima podešenim prije eksperimenta. Iz dobivenih rezultata mogu se očitati čvrstoća, kohezivnost, elastičnost, te otpor žvakanju.

**Čvrstoća** predstavlja visinu prvog pika (u jedinicama sile, N ili mase, g), a kohezivnost je snaga unutrašnjih veza materijala potrebna da zadrži uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika ( $\text{Površina 2AiB}/\text{Površina 1AiB}$ ).

**Elastičnost** predstavlja tzv. trenutnu elastičnost, odnosno mjeru oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, a definirana je omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije ( $\text{Površina 1B}/\text{Površina 1A}$ ).

**Kohezivnost** predstavlja snagu unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika ( $\text{Površina 2AiB}/\text{Površina 1AiB}$ ).

**Otpor žvakanju** predstavlja energiju koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka, odnosno otpor uzorka žvakanju, a izračunava se kao umnožak čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti.



**Slika 3.** Tipična krivulja ispitivanja teksturalnog profila kruha

### 3.3.7. Određivanje boje kruha

Boja kruha mjerena je pomoću kolorimetra (Konica Minolta Chroma Meter CR-400) koji je prikazan na slici 4. Uređaj se sastoji od mjerne glave s otvorom mjernog promjera 8 mm kroz koji pulsirajuća ksenonska lampa baca difuzno svjetlo okomito na površinu uzorka. Reflektirana svjetlost s površine uzorka detektira se pomoću šest osjetljivih silikonskih fotoćelija. Uređaj omogućuje rad u različitim mjernim sustavima (\*XYZ, Yxy, CIEL\*a\*b\*, Hunter Lab, L\*C\*h, itd.). Primjena kolorimetra tijekom mjerenja boje uzoraka kruha temelji se na mjerenju reflektirane svjetlosti s površine osvijetljenog uzorka. Neposredno prije svakog mjerenja instrument je potrebno kalibrirati pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Boja je određivana na uzorku tijesta te na površini (kori) i sredini uzorka kruha pečenih 21 min i to na 6 mjesta.



**Slika 4.** Kolorimetar Konica Minolta, CR-400

Određena boja je definirana određenim mjestom u CIEL\*a\*b\* prostoru boja. Trodimenzionalni prostor predstavljaju tri međusobno okomite osi koje su označene kao L\*, a\* i b\*, a pri čemu je:

- L\* koordinata svjetline s podjelom od 0 (crna) do 100 (bijela);
- a\* koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom tj. vektorom crvene boje, +a\* (engl. redness) i vektorom za komplementarnu zelenu boju, -a\* (engl. greenness);
- b\* koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom tj. vektorom žute boje, +b\* (eng. yellowness) i vektorom komplementarne plave boje, -b\* (engl. blueness).

Prema izmjerenim vrijednostima boje kruha (L\*, a\* i b\*) izračunata je i ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ) prema jednadžbi 5. Udaljenost između dvije točke u koordinatnom sustavu (razlika između dvije boje) izračunava se i definira kao fizikalna vrijednost tj. ukupna promjena boje, a odnos između ukupne promjene boje i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja dana je u tablici 3.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (\text{jednadžba 5})$$

- $L_0^*$  - parametar svjetline tijesta
- $L^*$  - parametar boje uzorka CIEL\*a\*b\* prostora boje – svjetlina boje (engl. *lightness*)
- $a_0^*$  - parametar boje tijesta CIEL\*a\*b\* prostora boja
- $a^*$  - parametar boje uzorka CIEL\*a\*b\* prostora boja

- $b_0^*$  - parametar boje tijesta CIEL  $a^*b^*$  prostora boja  
 $b^*$  - parametar boje uzorka CIEL  $a^*b^*$  prostora boja  
 $\Delta E$  - ukupna promjena boje kruha

**Tablica 3.** Odnos između izračunate vrijednosti ( $\Delta E$ ) i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja

$\Delta E$	oznaka
<0,2	nije uočljiva
0,2-1	vrlo slabo uočljiva
1-3	slabo uočljiva
3-6	uočljivo
>6	vrlo uočljiva

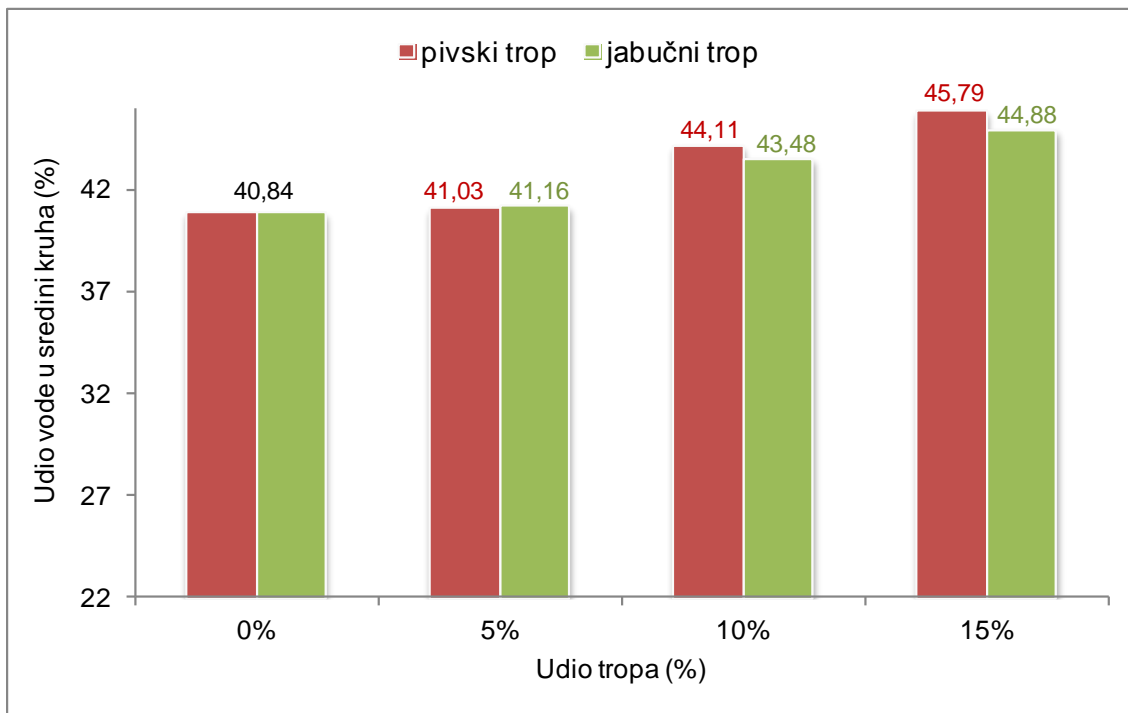
### 3.3.8. Statistička obrada rezultata

Statistička obrada rezultata dobivenih laboratorijskim istraživanjem provedena je analizom varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ovim LSD test najmanje značajne razlike (engl. least significant difference) upotrebom programa Statistica 8 i Microsoft Office Excel 2007 s nivoima značajnosti  $p < 0,05$ .

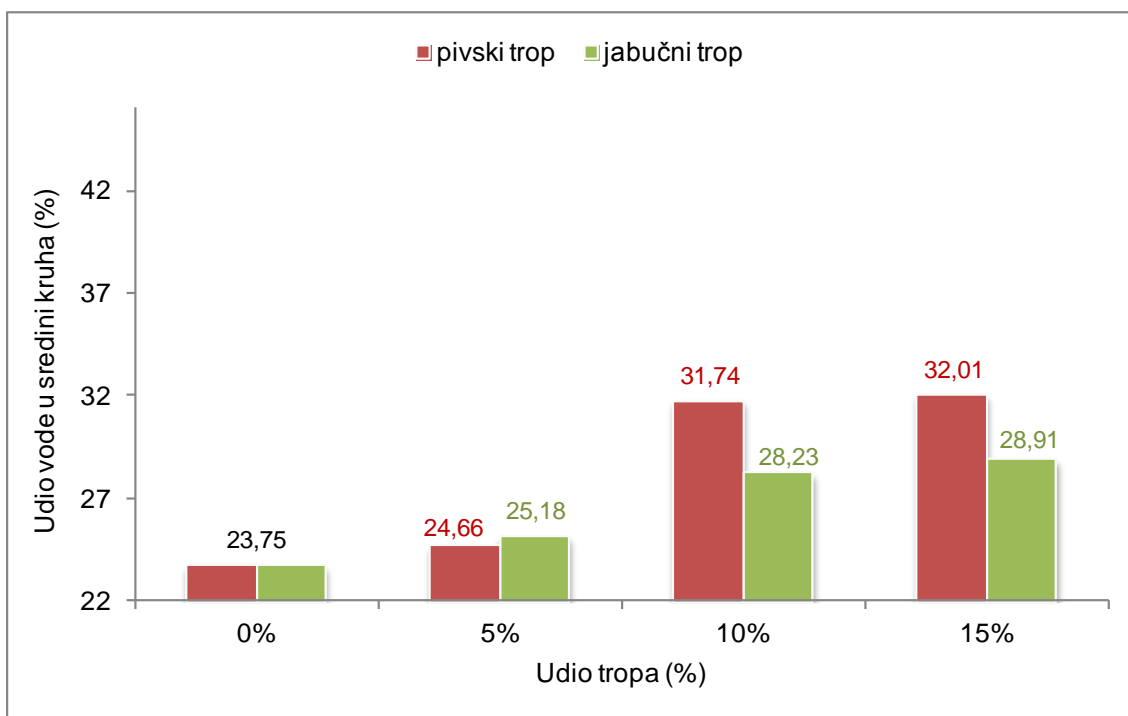
## **4.REZULTATI**



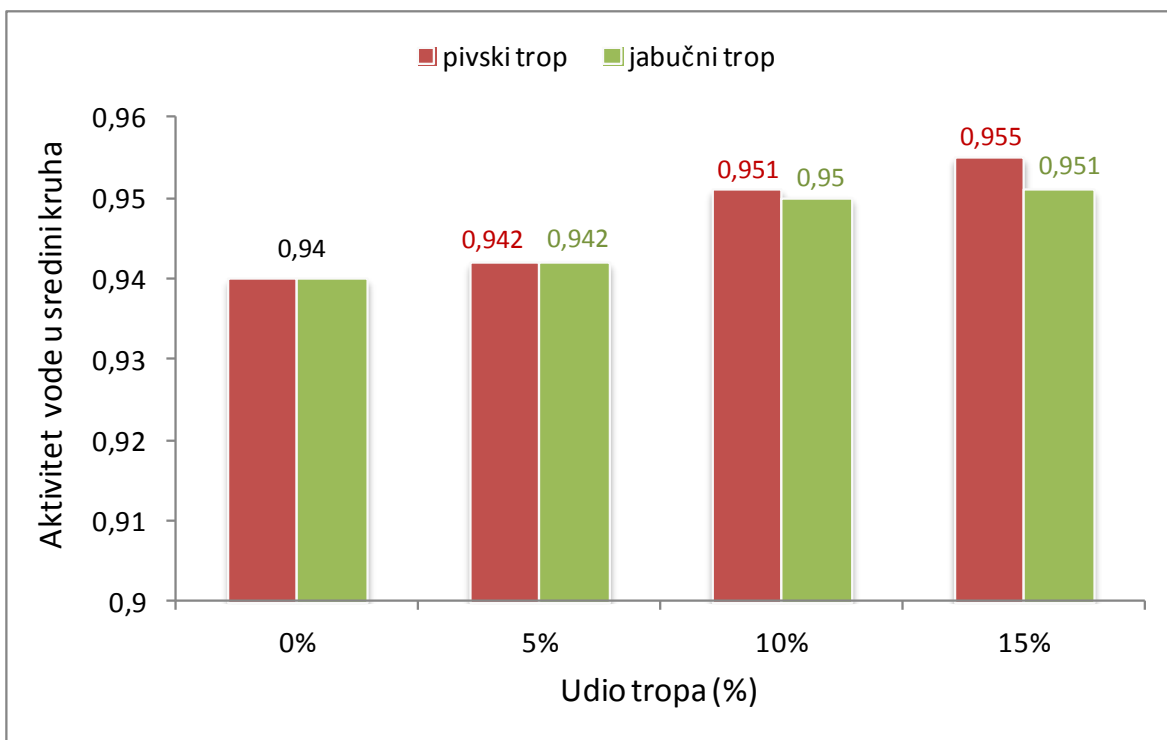
#### 4.1. Rezultati određivanja aktiviteta i udjela vode u kruhu



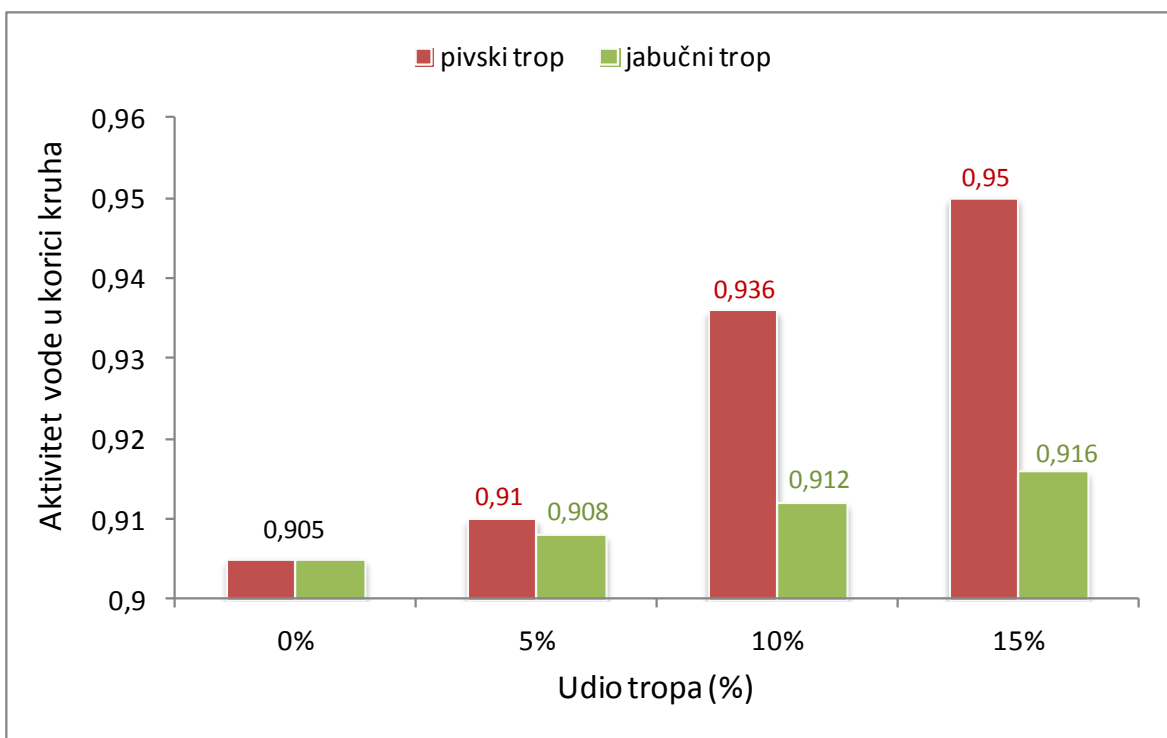
Slika 5. Rezultati određivanja udjela vode u sredini kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa



Slika 6. Rezultati određivanja udjela vode u korici kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa

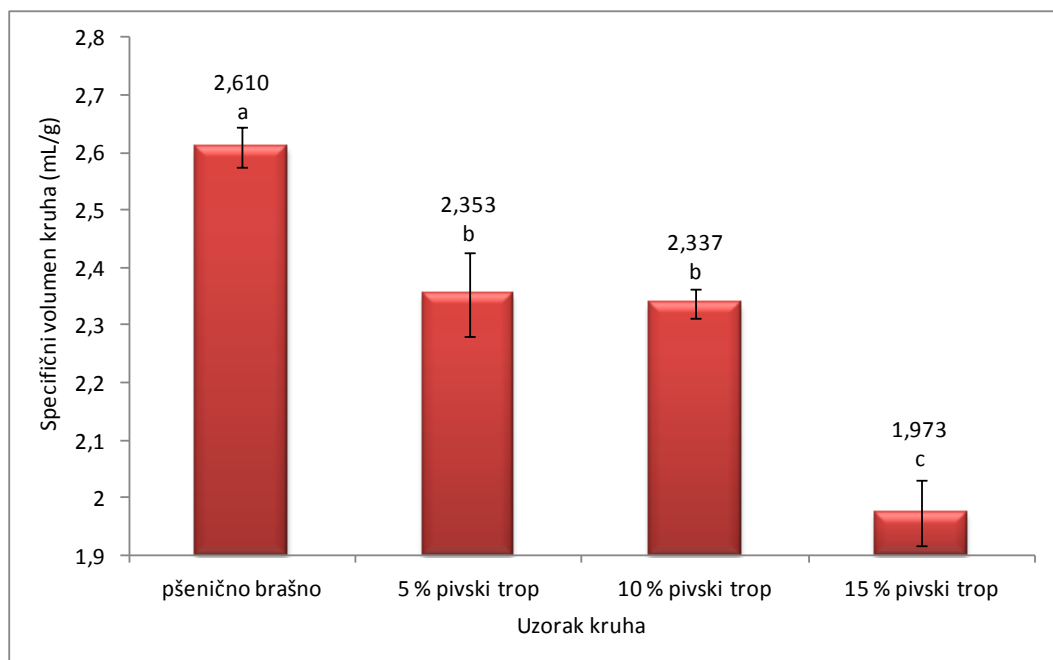


Slika 7. Rezultati određivanja aktiviteta vode u sredini kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa

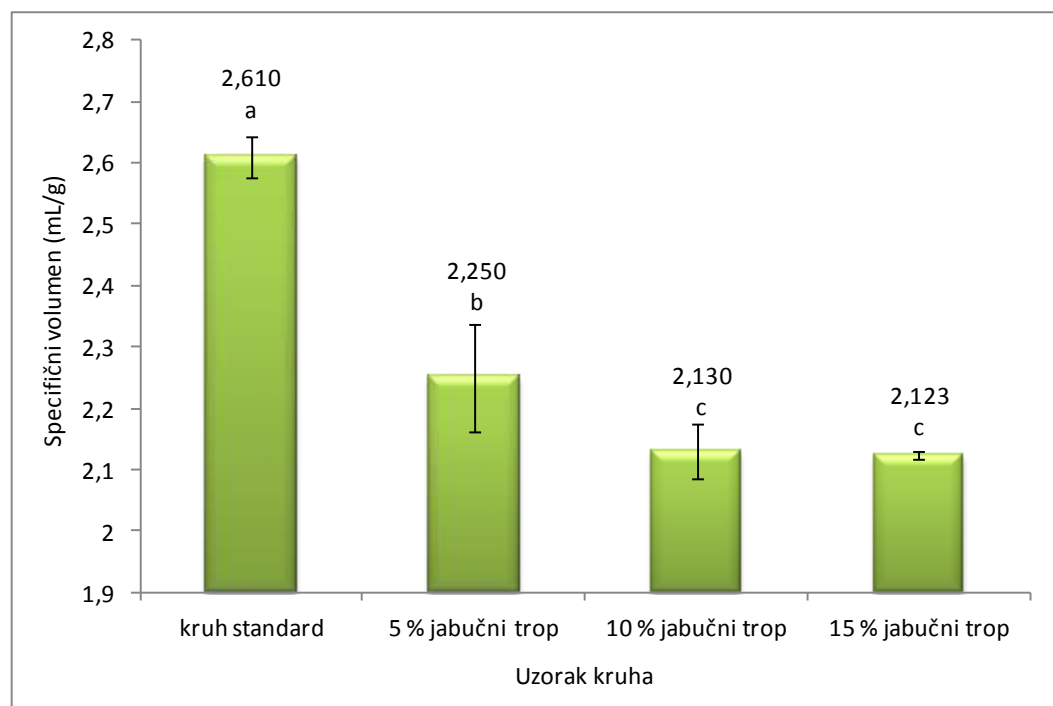


Slika 8. Rezultati određivanja aktiviteta vode u korici kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa

## 4.2. Rezultati određivanja specifičnog volumena kruha



Slika 9. Statistička analiza rezultata određivanja specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašana i s dodatkom 5, 10 i 15 % pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 10. Statistička analiza rezultata određivanja specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašana i s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

### 4.3. Rezultati određivanja teksture kruha

**Tablica 4:** Rezultati određivanja čvrstoće i kohezivnosti kruha od pšeničnog brašna te s dodatkom pivskog i jabučnog tropa:

Udio tropa:	ČVRSTOĆA KRUHA (g)		KOHEZIVNOST KRUHA	
	pivski trop	jabučni trop	pivski trop	jabučni trop
0 %	1215,56 ± 93,09 <sup>a</sup>	1215,56 ± 93,09 <sup>a</sup>	0,806 ± 0,018 <sup>a</sup>	0,806 ± 0,018 <sup>a</sup>
5 %	1398,78 ± 48,38 <sup>b</sup>	1532,50 ± 31,83 <sup>b</sup>	0,800 ± 0,059 <sup>ab</sup>	0,782 ± 0,013 <sup>ab</sup>
10 %	1443,89 ± 75,94 <sup>b</sup>	1889,04 ± 62,45 <sup>c</sup>	0,781 ± 0,017 <sup>ab</sup>	0,779 ± 0,009 <sup>b</sup>
15 %	1926,83 ± 96,51 <sup>c</sup>	2738,32 ± 48,33 <sup>d</sup>	0,755 ± 0,010 <sup>b</sup>	0,746 ± 0,027 <sup>c</sup>

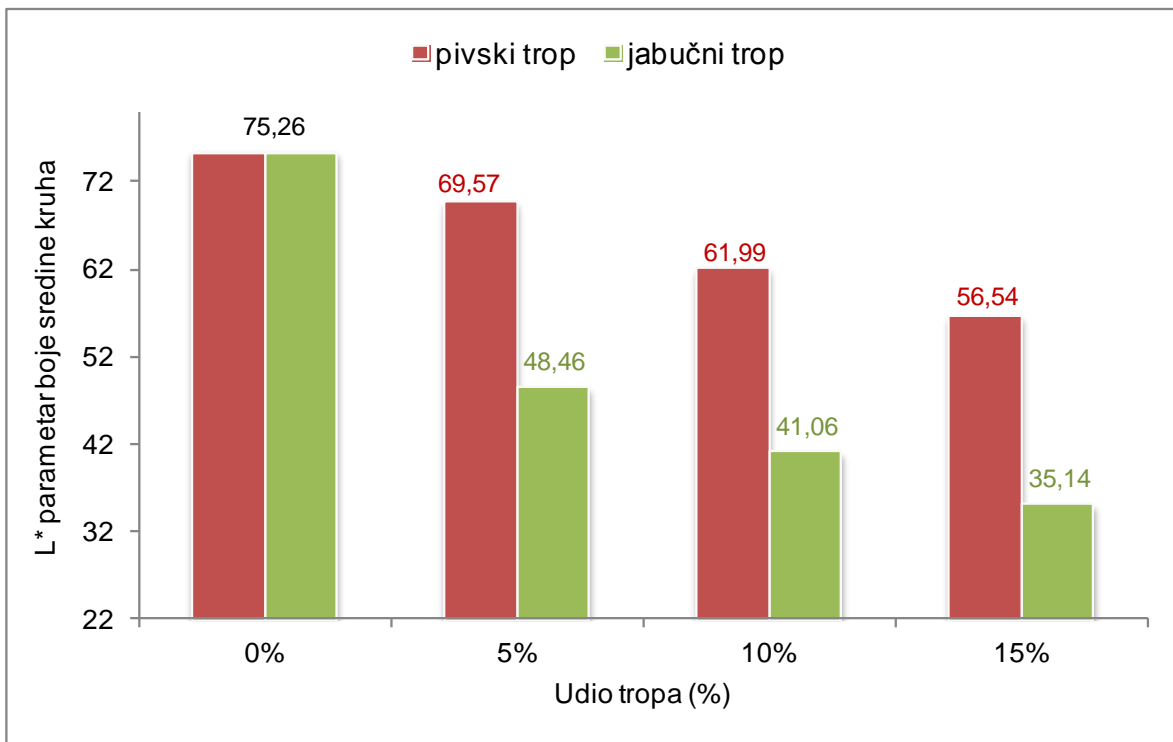
Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Tablica 5:** Rezultati određivanja otpora žvakanju i elastičnosti kruha od pšeničnog brašna te s dodatkom pivskog i jabučnog tropa:

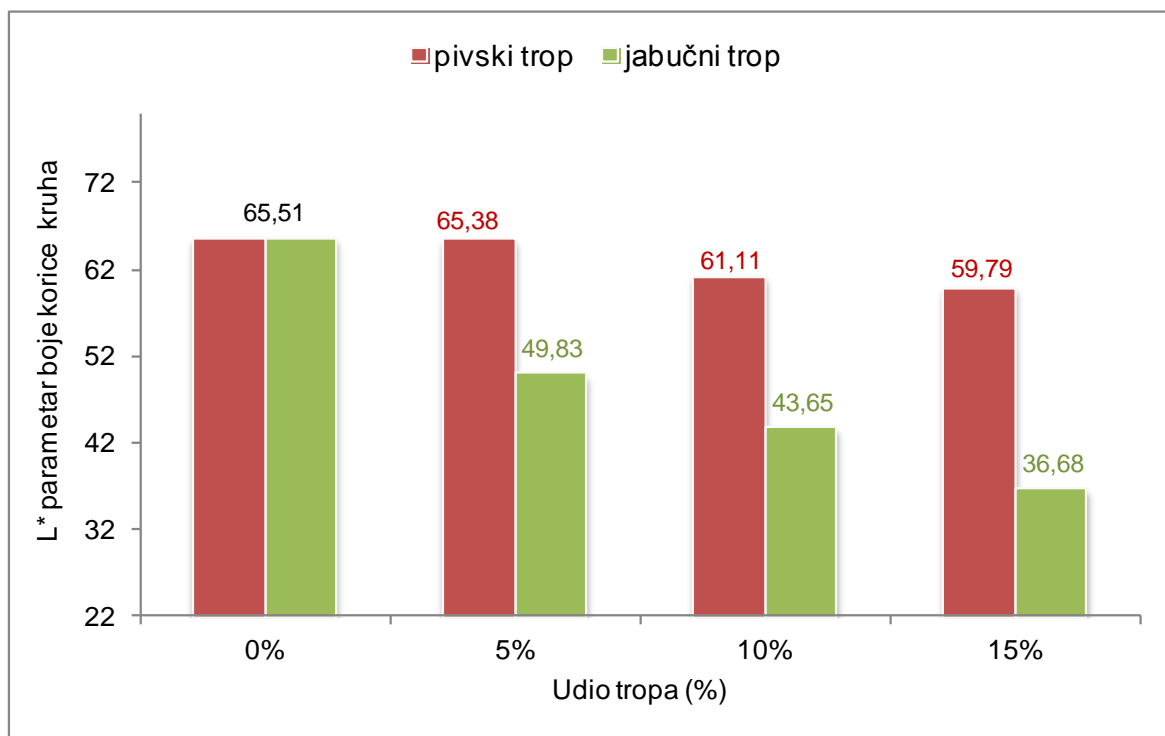
Udio tropa:	OTPOR ŽVAKANJU		ELASTIČNOST KRUHA	
	pivski trop	jabučni trop	pivski trop	jabučni trop
0 %	834,82 ± 58,29 <sup>a</sup>	834,82 ± 58,29 <sup>a</sup>	0,480 ± 0,025 <sup>a</sup>	0,480 ± 0,025 <sup>a</sup>
5 %	961,95 ± 36,60 <sup>b</sup>	1322,56 ± 78,23 <sup>b</sup>	0,449 ± 0,073 <sup>a</sup>	0,424 ± 0,011 <sup>b</sup>
10 %	1059,32 ± 96,06 <sup>b</sup>	1477,91 ± 53,89 <sup>b</sup>	0,457 ± 0,013 <sup>ab</sup>	0,398 ± 0,038 <sup>b</sup>
15 %	1302,29 ± 96,14 <sup>c</sup>	1708,36 ± 185,04 <sup>c</sup>	0,393 ± 0,027 <sup>b</sup>	0,334 ± 0,017 <sup>c</sup>

Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

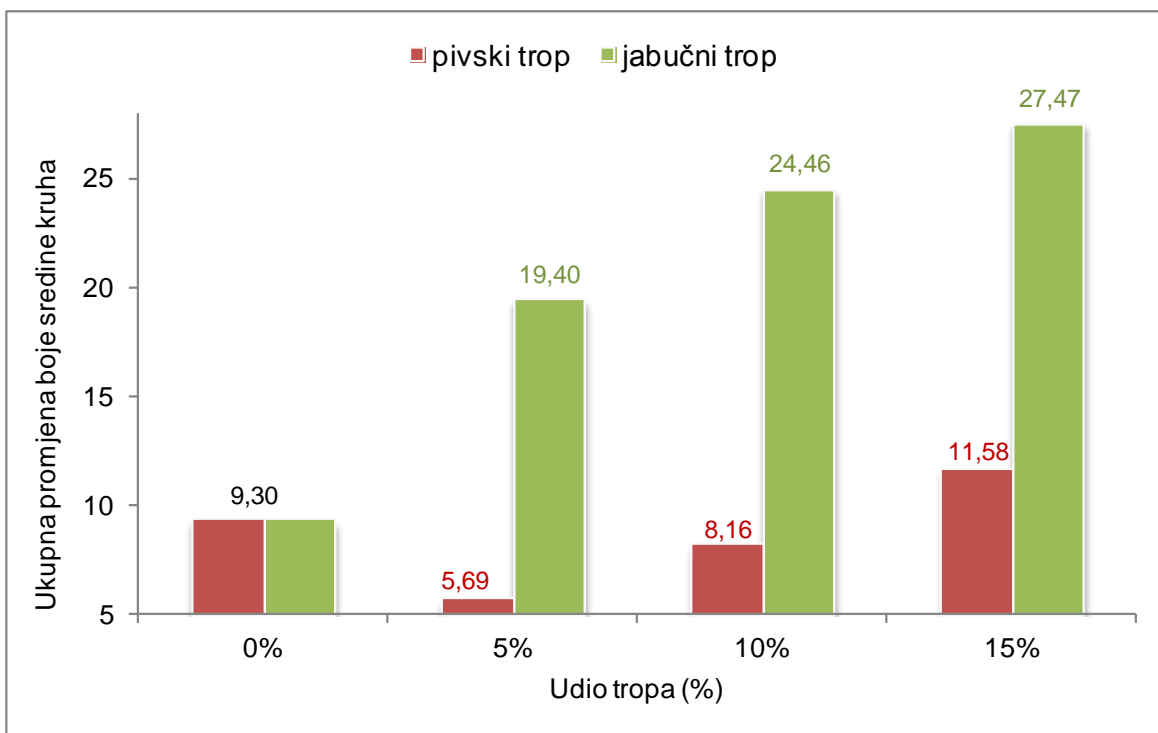
#### 4.4. Rezultati određivanja boje kruha



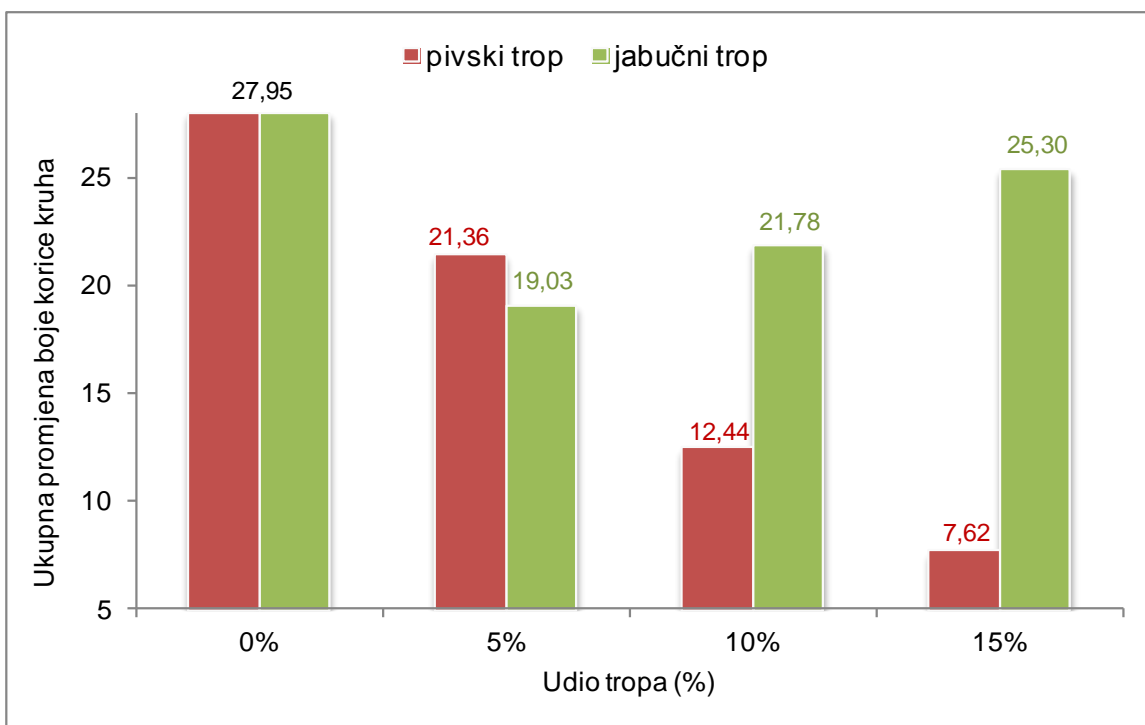
Slika 11. Rezultati određivanja svjetline (L\* parametar boje) sredine kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa



Slika 12. Rezultati određivanja svjetline (L\* parametar boje) korice kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa



Slika 12. Rezultati određivanja i izračuna ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) sredine kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa



Slika 14. Rezultati određivanja i izračuna ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) korice kruha od pšeničnog brašna (0 %) i s dodatkom 5, 10 i 15 % tropa

**5.RASPRAVA**

U radu su prikazani rezultati praćenja kvalitete uzoraka kruha u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s različitim udjelima pivskog i jabučnog tropa (5, 10 i 15%). Uzroci s tropovima uspoređivani su sa standardnim uzorkom od pšeničnog brašna. Provedene su analize udjela i aktiviteta vode, specifičnog volumena, teksture te boje sredine i korice kruha.

Rezultati određivanja aktiviteta i udjela vode u sredini i korici kruha prikazani su slikama 5 - 8. Na slici 5 i 6 vidljivo je kako je najniži udio vode (izmjereno u sredini i korici kruha) u standardnom uzorku, kruhu od pšeničnog brašna bez dodatka pivskog i jabučnog tropa. Najmanje povećanje udjela vode u odnosu na standardni uzorak je kod oba uzorka s dodanim udjelima tropa od 5 %. Udio vode u korici i u sredini kruha pri dodatku 10 i 15 % tropa veći je kod uzoraka s dodatkom pivskog tropa. Tako, udio vode u sredini kruha s 15 % pivskog tropa raste za 12,12 %, a s dodatkom 15 % jabučnog tropa raste za 9,90 % u odnosu na udio vode u sredini standardnog uzorka kruha od pšeničnog brašna. U odnosu na standardni uzorak, rast udjela vode u korici kod uzoraka kruha s tropovima znatno je veći nego kod sredine kruha, pa je, u odnosu na udio vode korice standardnog uzorka kruha, zamjenom 15 % pšeničnog brašna s pivskim tropom udio vode rastao za 34,78 %, dok je zamjenom s 15 % jabučnog tropa rast udjela vode u korici kruha nešto manji i iznosi 21,73 %. Dakle, iz prikazanih podataka mjerenja na slikama 5 i 6 vidi se da dolazi do povećanja udjela vode s postupnim povećanjem udjela pivskog ili jabučnog tropa, a razlog toga je velik udio vlakana u pivskom i jabučnom tropu koja povećavaju sposobnost upijanja vode.

Isti trend rasta kao udio vode pokazuje i aktivitet vode ( $a_w$ ): porastom udjela obje vrste tropa, očekivano raste aktivitet vode u uzorcima kruha, kako u sredini, tako i u korici (slika 7 i 8). Iz prikaza slike 7 vidimo da je najniži aktivitet vode izmjereno u sredini kruha uzorka s 0 % dodanog tropa (standardni uzorak), što je slučaj i kod mjerenja aktiviteta vode korice kruha (slika 8). Aktivitet vode u odnosu na standardni uzorak sredine kruha postupno raste s povećanjem udjela tropa: kod dodatka 5 % obje vrste tropa za svega 0,2 %, kod dodatka 10 % pivskog tropa raste za 1,2 %, dodatkom 10 % jabučnog tropa  $a_w$  sredine kruha raste za 1,06 %, a dodatak 15 % tropa dovodi do najvećeg povećanja aktiviteta vode sredine kruha (kod pivskog tropa za 1,4 %, a kod jabučnog tropa za 1,17 %). Iako je aktivitet vode korice kruha manji nego sredine kruha, postupni rast aktiviteta vode povećanjem udjela tropova u korici kruha više je izražen nego u slučaju aktiviteta vode sredine. Tako je dodatkom 5 % pivskog tropa  $a_w$  korice kruha veći za 0,55 %, a jabučnog tropa za 0,33 %, dok je dodatkom 15 % pivskog tropa  $a_w$  korice kruha veći za 4,97 %, a 15 % jabučnog tropa za 1,21 % u odnosu na  $a_w$  korice kruha standardnog uzorka bez tropa. Dakle, udio i aktivitet vode sredine i korice kruha proporcionalan je s rastom udjela tropova u uzorcima kruha.



Iz prikaza slike 9 i 10 vidljivo je kretanje vrijednosti specifičnog volumena uzoraka kruha s pšeničnim brašnom i s dodatkom različitih udjela tropova. Najveća vrijednost specifičnog volumena dobivena je kod kruha bez dodatka tropa (standardni uzorak), dok najmanje vrijednosti specifičnog volumena imaju uzorci s najvećim postotkom zamjene pšeničnog brašna tropovima. Na slikama je vidljiva statistički značajna razlika prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ( $p > 0,5$ ) između standardnog uzorka i uzoraka s dodatkom tropova. Između uzorka s dodatkom 5 i 10 % pivskog tropa nema statistički značajne razlike, dok se uzorak s dodatkom 15 % pivskog tropa statistički značajno razlikuje od svih ostalih uzoraka u vrijednostima specifičnog volumena. Kod dodatka jabučnog tropa statistička analiza je pokazala nešto drugačije rezultate nego kod pivskog tropa. Dodatak 10 i 15 % jabučnog tropa međusobno nije pokazao statistički značajnu razliku, a uzorak kruha s dodatkom 5 % jabučnog tropa u vrijednostima specifičnog volumena statistički značajno se razlikuje od svih ostalih. Razlog postupnog smanjenja specifičnog volumena s povećanjem udjela tropova u kruhu je manja količina glutena zbog zamjene pšeničnog brašna tropovima.

U tablici broj 4 i 5 prikazani su rezultati statističke analize podataka dobivenih analizom teksture. Vrijednosti dobivene za čvrstoću i kohezivnost kruha s dodatkom dvije vrste tropova prikazani su u tablici 4, a vrijednosti otpora žvakanju i kohezivnosti prikazani su u tablici 5.

Čvrstoća kruha (tablica 4) se proporcionalno povećava s povećanjem udjela tropova. Najmanju statistički značajno različitu čvrstoću prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike pokazao je kruh s pšeničnim brašnom bez dodatka tropa. Uzorci s dodatkom 5 i 10 % pivskog tropa međusobno nisu pokazivali statistički značajnu razliku u čvrstoći, dok se kruh s dodatkom 15 % pivskog tropa statistički značajno razlikovao od ostalih uzoraka s dodatkom pivskog tropa. Statistički podaci kod uzoraka s dodatkom jabučnog tropa pokazuju statistički značajno povećanje čvrstoće porastom udjela jabučnog tropa kod svih ispitivanih udjela.

Vrijednosti kohezivnosti kruha (tablica 4) s dodatkom tropova padaju, ali to opadanje s porastom udjela tropova nije u svim slučajevima statistički značajno u odnosu na standardni uzorak. Od svih ispitivanih udjela pivskog tropa u kohezivnosti se samo uzorak s 15 % pivskog tropa statistički značajno razlikuje od standardnog uzorka, dok pri dodatku jabučnog topa statistički se značajno razlikuju uzorak s dodatkom 10 % te uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa u odnosu na standardni kruh od pšeničnog brašna.

Otpor žvakanju (tablica 5) statistički značajno raste dodatkom tropova u odnosu na standardni uzorak kruha od pšeničnog brašna. Također, iz vrijednosti u tablici 5 vidljivo je kako je otpor žvakanju veća kod uzoraka kruha s dodatkom jabučnog tropa u odnosu na

uzorke s istim udjelom pivskog tropa. Dodatak 5 i 10 % kako pivskog, a tako i jabučnog tropa, međusobno se statistički značajno ne razlikuju u otporu žvakanju. Također, najveći ispitivani udio pivskog, odnosno jabučnog tropa pokazao je statistički značajnu razliku u odnosu na ostale ispitivane uzorke u otporu žvakanju određenom na uređaju za ispitivanje teksture.

Elastičnost kruha (tablica 5) opada dodatkom i pivskog i jabučnog tropa, a rezultati statističke analiza prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ( $p < 0,5$ ) pokazali su kolika je značajnost tog pada vrijednosti elastičnosti kruha (tablica 5). Tek s dodatkom 15 % pivskog tropa dobiven je uzorak kruha koji se statistički značajno razlikuje u elastičnosti od standardnog uzorka kruha od pšeničnog brašna, dok kod dodatka jabučnog tropa već s dodatkom od 5 % je dobiven uzorak statistički manje elastičan od standardnog kruha. Uzorci s dodatkom 5 i 10 % jabučnog tropa nisu se međusobno statistički značajno razlikovali u elastičnosti, a uzorak s 15 % jabučnog tropa imao je statistički značajno manju elastičnost od svih ostalih uzoraka.

Vrijednosti svjetline ( $L^*$  parametar boje) prikazane su na slici 11 za sredinu kruha te na slici 12 za koricu kruha. Vrijednosti  $L^*$  pokazuju koliko je uzorak svijetao, odnosno taman, a kreću se u rasponu od 0 (crno) do 100 (bijelo). Najveće vrijednosti svjetline (najsivetlija sredina i korica kruha) zabilježene su kod kruha bez dodatka tropova, dakle kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna. Povećanjem udjela tropova  $L^*$  vrijednosti postupno padaju, pa su najtamniju koricu i sredinu imali uzorci s najvećim ispitivanim udjelom tropa. Uzorak kruha s dodatkom 15 % pivskog tropa prema izmjerenim vrijednostima  $L^*$  parametra sredine bio je za 24,87 % tamniji od standardnog uzorka, dok je uzorak s istim udjelom jabučnog tropa imao tamniju sredinu za 53,31 % u odnosu na standardni, odnosno za 37,85 % u odnosu na uzorak s 15 % pivskog tropa. Kod korice kruha pad vrijednosti  $L^*$  parametra uzoraka s dodatkom tropova u odnosu na standardnu koricu kruha je nešto manje izražen, pa je tako korica kruha s 15 % pivskog tropa 8,72 % tamnija, s dodatkom 15 % jabučnog tropa za 44,01 % tamnija u odnosu na koricu kruha standardnog uzorka. Pored toga, korica kruha uzorka s 15 % jabučnog tropa tamnija je za 38,65 % u odnosu na uzorak s istim udjelom pivskog tropa. Iz svega prezentiranog, vidljivo je kako su uzorci s jabučnim tropom tamniji od ostalih, a najtamniju boju imao je kruh s 15 % jabučnog tropa. Razlog tomu je sastav jabučnog tropa koji podliježe enzimskim reakcijama posmeđivanja te je boja zbog te promjene u kruhu jako izražena.

Na slici 13 prikaz je izračunatih vrijednosti ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) gdje se vidi znatna razlika promjene boje sredine kruha (tijesto-pečeni kruh) s dodatkom jabučnog tropa. Obzirom da se smatra kako je ljudskom oku promjena boje  $\Delta E = 3-6$  uočljiva, a  $\Delta E > 6$  vrlo

uočljiva, iz rezultata prikazanih slikom 13 vidimo kako je promjena boje tijesto-sredina pečenog kruha uzorka s 5 % pivskog tropa uočljiva, dok su svi ostali ispitivani uzorci, pa tako i standardni imali vrlo uočljivu promjenu boje sredine kruha. Promjena boje korice pečenog kruha u odnosu na tijesto prije pečenja prema rezultatima prikazanim na slici 14 bila je vrlo uočljiva kod kod svih ispitivanih uzoraka kruha.

## **6.ZAKLJUČAK**

Nakon provedenog istraživanja i analize svih parametara ispitivanih uzoraka standardnog kruha i kruha u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s 5, 10 i 15 % pivskog, odnosno jabučnog tropa doneseni su slijedeći zaključci:

Udio vode kao i aktivitet vode u sredini i korici analiziranih uzoraka kruha raste s povećanjem udjela tropova. Kruhovi s 15 % pšeničnog brašna zamijenjenog pivskim ili jabučnim imaju najviše vrijednosti udjela i aktiviteta vode.

Specifični volumen uzoraka kruhova s povećanjem udjela pivskog ili jabučnog tropa se smanjuje. Najmanji specifični volumen imali su uzorci kruha u kojima je pšenično brašno zamijenjeno s 15 % tropa.

Čvrstoća i otpor žvakanju rastu proporcionalno povećanju udjela tropova kojima je zamijenjeno pšenično brašno, dok se suprotno tome, elastičnost i kohezivnost smanjuju s porastom udjela pivskog i jabučnog tropa.

Najsvjetliju sredinu i koricu kruha imao je standardni uzorak. Porastom udjela tropova kojima je zamijenjeno pšenično brašno vrijednosti svjetline su opadali. Uzorci s pivskim tropom bili su svjetliji od uzoraka s istim udjelom jabučnog tropa. Najtamniji je bio uzorak s 15 % jabučnog tropa

## **7.LITERATURA**

1. AACC Method 10-05. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. Approved methods of American Association of Cereal Chemists International. St. Paul, MN; American Association of Cereal Chemists Inc., 2000
2. Cauvain, S. P. i Young, L. S. Technology of breadmaking. Thomson Science, UK, 1998.
3. Carson, K.J., Collins, J.L., Penfield, M.P. Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient, *Journal of Food Science* 59, 1213-1215., 1994.
4. Chevallier, S. Della Valle, G. Colonna, P. Broyart, B. Trystram. Structural and chemical modification of short dough during baking, *Journal of Cereal Science*, 2002
5. Dean, M., Raats, M. M. i Shepherd, R. Consumers and functional cereal products. U: Technology of functional cereal products. Hamaker, B.R. (ur.) Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, 3-22, 2008
6. DiMuzio, T. D., Bread baking: An Artisan's Perspective, published by John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009.
7. Đaković, Lj. Pšenično brašno, Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.
8. Evans, E. J. Cereal production methods. u: Cereal processing technology, Owens, G. (ur.), Woodhead Publishing Limited, England, 7-26, 2001.
9. GraphoMetric. Color + QualityPart 3: Colorsystems. URL: [http://www.graphometric.com/content/en/TechNotes/index.html\(15.07.2014\)](http://www.graphometric.com/content/en/TechNotes/index.html(15.07.2014))
10. Gullón B, Falaqué E, Alonso JL, Parajó JC: Evaluation of apple pomace as a raw material for alternative applications in food industries. *Food Technology and Biotechnology*, 2007.
11. Hosney, R. C: Principles of cereal science and technology, AACC, Inc. St. Paul Minnesota, USA, 1994.
12. Ilić, V: Osnovi tehnologije pekarstva, Priručnik za stručno obrazovanje pekarski kadrova, Izdanje udruženja industrije za proizvodnju i preradu brašna Jugoslavije. Beograd, 1959
13. Jozinović A, Šubarić D, Ačkar Đ, Miličević B, Babić J, Jašić M, Valek Lendić K: Food industry by-products as raw materials in functional food production. *Hrana u zdravlju i bolesti, znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 2014.
14. Ktenioudaki, A., Crofton, E., Scannell, A.G.M., Hannon, J.A., Kilcawley, K.N., Gallagher, E. Sensory properties and aromatic composition of baked snacks containing brewer's spent grain, *Journal of Cereal Science* 57 (3), 384-390, 2013.
15. Koehler, P., Weiser, H. Chemistry of cereal grains. U: Handbook on Sourdough Biotechnology. Gobbetti, M., Gänzle, M. (ur.) Springer, 2013.

16. Kent, N. L. i Evers, A. D. *Technology of cereals*, Elsevier Science Ltd, UK, 1994.
17. Masoodi, F.A., Bhavana, S., Chauhan, G.S. Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes, *Plant Foods for Human Nutrition* 57, 121-128, 2001.
18. McCarthy, A.L., O'Callaghan, .C., Connolly, A., Piggott, C.O., FitzGerald, R.J., O'Brien, N.M. Phenolic extracts of brewers' spent grain (BSG) as functional ingredients-Assessment of their DNA protective effect against oxidant-induced DNA single strand breaks in U937 cells, *Food Chemistry* 134 (2), 641-646, 2012.
19. Meneses, N.G.T., Martins, S., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. Influence of extraction solvents on the recovery of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grains, *Separation and Purification Technology* 108, 152-158, 2013.
20. Morrison, W. R. *Lipids. U: Wheat: Chemistry and Technology*. Pomeranz, Y. (ur.), vol. 1, American Association of cereal Chemists, St. Paul, MN, 373-440, 1988.
21. MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini i proizvodima od tijesta, NN br. 78/2005.
22. Mussatto, S.I., Dragone, G., Roberto, I.C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications, *Journal of Cereal Science* 43, 1-14, 2006
23. Orth, R. A i Shellenberger, J. A. *Origin, production and utilization of wheat. U: Wheat: Chemistry and Technology*. Pomeranz, Y. (ur.), vol. 1, American Association of cereal Chemists, St. Paul, MN, 1-14, 1988.
24. O'Shea N, Arendt EK, Gallagher E: Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2012.
25. Primo-Martin, C., van de Pijpekamp, A., van Vliet, T., de Jongh, H.H.J., Plijter, J.J., Hamer, R.J. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *Journal of Cereal Science*, 2006
26. Royer, G., Madieta, E., Symoneaux, R., Jourjon, F. Preliminary study of the production of apple pomace and quince jelly, *LWT - Food Science and Technology* 9 (9), 1022-1025, 2006:
27. Schünemann C. i Treu G. *Tehnologije proizvodnje pekarskih i slastičarskih proizvoda*. Bulić, I. (ur.), Klarić, F. (prijevod), TIM ZIP, Zagreb, 2012.
28. Schieber, A., Stintzing, F.C., Carle, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds-Recent developments, *Trends in Food Science & Technology* 12, 401-413, 2001
29. Stanley P. *Cauvain, Bakery food manufacture and quality : water control and effects / Stanley P. Cauvain and Linda S. Young*, 2008.



30. Stojceska, V., Ainsworth, P. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads, *Food Chemistry* 110 (4), 865-872.
31. Sudha, M.L., Baskaran, V., Leelavathi, K. (2007): Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making, *Food Chemistry* 104 (2), 686-692, 2008.
32. Šimundić, B., Jakovlić, V., Tadejević, V.: *Poznavanje robe - živežne namirnice s osnovama tehnologije i prehrane*, Tiskara Rijeka d.d., Rijeka 1994.
33. Yağcı S, Göğüş F: Effect of incorporation of various food by-products on some nutritional properties of rice-based extruded foods. *Food Science and Technology International*, 2010
34. Wrigley, C. W. i Bietz, J. A. Proteins and amino acids. U: *Wheat: Chemistry and Technology*. Pomeranz, Y. (ur.), vol. 1, American Association of cereal Chemists, St. Paul, MN, 159-276, 1988.
35. [www.stablemicrosystems.com](http://www.stablemicrosystems.com), 15.9.2016