# Utjecaj dodatka repinih rezanaca na svojstva teksture i promjenu boje kruha tijekom pečenja

**Međugorac, Sanja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:095558

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Sanja Međugorac**

# UTJECAJ DODATKA REPINIH REZANACA NA SVOJSTVA TEKSTURE I PROMJENU BOJE KRUHA TIJEKOM PEČENJA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2015

**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 proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda
**Tema rada:** je prihvaćena na IX. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 21.05.2015.
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*
**Komentor:** doc. dr. sc. *Jasmina Lukinac Čačić*

# UTJECAJ DODATKA REPINIH REZANACA NA SVOJSTVA TEKSTURE I PROMJENU BOJE KRUHA TIJEKOM PEČENJA

*Sanja Međugorac 242-DI*

**Sažetak:** Cilj diplomskog rada bio je odrediti utjecaj dodatka repinih rezanaca na teksturu i boju kruha. Svaki zamjes razlikovao se prema dodanoj količini repinih rezanaca. Kruh je analiziran pomoću analizatora teksture, a boja je mjerena pomoću Minolta Chroma Metera-a. Nakon pečenja ispitivanih uzoraka provedena su mjerenja udjela i aktiviteta vode, te određivanje gubitka mase pečenjem i volumen. Rezultati su pokazali da gubitak mase pečenjem ne pokazuje statistički značajnu korelaciju niti sa jednim od ostalih ispitivanih parametara. Povećanjem udjela repinih rezanaca u kruhu povećava se čvrstoća, otpor žvakanju, udio i aktivitet vode, dok se smanjuje kohezivnost i elastičnost te specifični volumen. Povećanjem udjela repinih rezanaca tamni sredina i korica kruha tj. smanjuje se vrijednost svjetline (L*) tijekom pečenja.

.

**Ključne riječi:** Kruh, repini rezanci, tekstura, boja, specifični volumen
**Rad sadrži:** 43 stranice
17 slika
10 tablica
26 literaturnih referenci
**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

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

**Datum obrane:** 30. rujan 2015. 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:** | Technology of pasta and biscuit production |
| **Thesis subject** | Was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology Osijek at it session no. IX held on May21$^{st}$ 2015. |
| **Mentor:** | *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, associate prof. |
| **Comentor:** | *Jasmina Lukinac Čačić*, PhD, assistant prof. |

# THE INFLUENCE OF SUGAR BEET PULP TO THE TEXTURE AND COLOUR CHANGE OF BREAD DURING BAKING

*Sanja Međugorac,* 242-DI

**Summary:** The aim of Master's Thesis was to determine the influence of sugar beet pulp to the texture and colour of bread. Each mixing differed with the added amount of sugar beet pulp. Bread was analysed using a texture analyser and the colour was measured using a Minolta Chroma Meter. After baking tested samples measurement units and water activity were carried out and determining the loss of mass and volume of baking. The results have shown that the weight loss of roasting did not show a statistically significant correlation with either of the other tested parameters. Increasing the share of sugar beet pulp in bread increased hardness, chewiness, content and water activity, while reducing the cohesiveness and resilience and specific volume. Increasing the share of sugar beet pulp in bread reduced brightness value (*L **) during baking (bread crust and crumb get darker),

| | |
|---|---|
| **Key words:** | Bread, sugar beet pulp, texture, colour, specific volume |
| **Thesis contains:** | 43 pages<br>17 figures<br>10 tables<br>26 references |
| **Original in:** | Croatian |

**Defense committee:**

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

**Defense date:** .September 30st, 2015.

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

.

*Ovaj rad kao kruna godina mog ličnog truda i zalaganja, ne bi izašao na svjetlo dana, bez ljudi koju su bili vjetar u jedra svakom mom naporu.*

*Hvala mojim roditeljima, prije svega, koji su me bodrili i poticali, mojim prijateljima, profesorima, posebno mojoj mentorici profesorici Daliborki Koceva Komlenić, a iznad svega, posebno poštovanje i zahvalu dugujem Ani i Zvonki Grbavac, koji su stipendirali cijeli moj put i vjerovali u mene.*

# Sadržaj

1. UVOD ... 1
2. TEORIJSKI DIO ... 2
2.1. ŽITARICE ... 2
2.1.1. Pšenica ... 2
2.2. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE ... 3
2.2.1. Izluženi repini rezanci ... 5
2.3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA ... 6
2.3.1. Pšenično brašno ... 7
2.3.2. Voda ... 9
2.3.3. Kvasac i kuhinjska sol ... 9
2.3.4. Dodatne sirovine ... 10
2.4. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KRUHA ... 10
2.4.1. Kruh ... 10
2.4.3. Analiza teksture ... 15
2.4.4. Volumen kruha ... 16
3. EKSPERIMENTALNI DIO ... 17
3.1. ZADATAK ... 17
3.2. MATERIJALI ... 17
3.3. METODE ... 18
3.3.1. Određivanje sposobnosti upijanja vode ... 18
3.3.2. Probno pečenje kruha ... 18
3.3.3. Određivanje volumena kruha ... 19
3.3.4. Određivanje udjela vode u kruhu ... 19
3.3.6. Određivanje teksture kruha ... 20
3.3.7. Određivanje boje kruha ... 22
3.3.8. Statistička obrada rezultata ... 24
4. REZULTATI ... 25
4.5. REZULTATI MJERENJA BOJE UZORAKA KRUHA POMOĆU KOLORIMETRA ... 34
5. RASPRAVA ... 37
6. ZAKLJUČAK ... 41
7. LITERATURA ... 42

## Popis oznaka, kratica i simbola

| | |
|---|---|
| MPŠVG | Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva |
| RR | repini rezanci |
| RR_5 | uzorak s dodatkom 5 % izluženih repinih rezanaca |
| RR_10 | uzorak s dodatkom 10 % izluženih repinih rezanaca |
| RR_15 | uzorak s dodatkom 15 % izluženih repinih rezanaca |
| kruh_0 | standardni uzorak kruha |
| $m_B$ | masa brašna |
| $w_{H_2O}$ | maseni udio vode |
| $m_{H_2O}$ | masa vode za zamjes |
| $L_0^*$ | parametar svjetline tijesta |
| $L^*$ | parametar CIEL*a*b*prostora boje– svjetlina boje (engl. lightness) |
| $a_0^*$ | parametar boje tijesta CIEL*a*b* prostora boja |
| $a^*$ | parametar CIEL*a*b* prostora boja |
| $b_0^*$ | parametar boje tijesta CIEL*a*b* prostora boja |
| $b^*$ | parametar CIEL*a*b* prostora boja |
| ΔE | promjena boje čajnog peciva |
| $m_0$ | masa uzorka prije sušenja [g] |
| $m_1$ | masa uzorka nakon sušenja [g] |
| $w_v$ | udio vode (vlage) [%] |
| N | sila |
| g | masa |

# 1.UVOD

Kruh je egzistencijalni i najpopularniji oblik prehrambene namirnice na svijetu. Povijest kruha počinje prije 12.000 godina. Pretpostavlja se da su u drevna vremena, u periodu kada su se počela osnivati naselja, ljudi naučili i kako uzgajati žitarice, koristiti ih u prehrani i pohranjivati ih. Žitarice, pa tako i pšenica, mljele su se između dva ovalna kamena u mliva koja su najsličnija današnjim posijama. Samljevena žitarica miješala se s vodom i mijesila; tijesto se oblikovalo u pljosnate vekne i peklo na kamenju koje je bilo unaprijed zagrijano. Ovaj način pečenja kruha, u obliku tvrdih, pljosnatih vekni i bez kvasca, primjenjuje se i danas u mnogim zemljama Azije i Afrike. Brašno koje se koristi za pripremu takvog kruha uglavnom je od ječma, prosa, kukuruza ili heljde.

Prototip današnjeg kruha pravi se dodavanjem pekarskog kvasca (*Saccharomyces cerevisiae*) onim brašnima koja sadrže gluten (pšenično ili raženo brašno) te čije se tijesto ostavlja fermentirati. Ovu tehniku izmislili su Egipćani, koji su takav kruh počeli peći prije 4.500 godina i pripremali su ga od manje dozrelih žitarica koje nisu bile tako fino mljevene kao danas. Stari Egipćani su, također, bili prvi koji su počeli graditi pećnice, a arheološka iskopavanja su pokazala da su pravili i oko 50 vrsta tjestenina, koje su pripremali s različitim dodacima.

U nekim zemljama krušne žitarice čine polovinu dnevne prehrane ljudi. Kukuruzne tortilje iz Latinske Amerike, okrugle arapske vekne, indijski čapati i ostale varijante pljosnatih kruhova, sve su to nasljednici prakruha, dok je kruh s kvascem, u svoj svojoj različitosti, od raženog do bijelog kruha - egipatskog podrijetla.

Posljednjih desetljeća u pekarskim pogonima mnogo se toga izmijenilo. Pekarski proizvodi u sve oštrijem natjecanju moraju zadovoljavati različite, vrlo stroge zahtjeve potrošača. Sukladno tome su i proizvođači pekarskih proizvoda morali kontinuirano prilagođavati svoju proizvodnju i ponudu zahtjevima potrošača. Danas se dnevno nudi široka paleta različitih proizvoda, od kruha s brašnom od cjelovitog zrna sve do različitih vrste peciva i kruha s dodacima.(Klarić, 2007).

Cilj ovog diplomskog rada je odrediti kako dodatkom nusproizvoda prehrambene industrije, u ovom slučaju repinih rezanaca, može utjecati na svojstva kruha i promjenu boje tijekom pečenja.

# 2. TEORIJSKI DIO

## 2.1. ŽITARICE

Žitarice su osnova ljudske prehrane. One su sjeme i plod sjedinjeni u zrnu. U prehrani se koriste cijela zrna, prerađevine i proizvodi pekarske industrije (kruh, peciva) te proizvodi industrije tjestenine kao i industrije keksa i kolača. Prehrambenu vrijednost i snagu zrna žitarica čini integralni oblik žitarice: klica, posije i brašno. Žitarice se zbog svojih svojstava smatraju prehrambeno vrijednom hranom, ali samo u neprerađenom (integralnom) obliku. Integralno zrno i prerađevine zadržavaju nenarušenu strukturu i veći dio prehrambeno vrijednih tvari (ugljikohidrata, proteina, masti, minerala i vitamina). Žitarice su osnovni izvor ugljikohidrata (većinom u obliku škroba koji čini 60 – 79 % zrna) i visoko vrijednih proteina (čiji je sudio u zrnu između 7 i 16 %). Nezasićene masne kiseline se nalaze u uljima žitarica kojih može biti i do 7 %. Minerali se prvenstveno nalaze u vanjskom sloju omotača zrna (kalij, kalcij, magnezij i cink), a od vitamina su zastupljeni vitamini B skupine (vitamin B1, B2, B3, B5 i B9) i vitamin E. Žitarice u prehrani trebaju biti zastupljene s oko 30 % dnevnog energetskog unosa.

U žitarice se prema Pravilniku (MZOS, 78/05) ubrajaju: pšenica, raž, ječam, zob, proso, kukuruz, riža, heljda, sirak, pšenoraž i krupnik (pir).

### 2.1.1. Pšenica

Prema pronađenim zapisima pšenica (*Triticum aestivum*) je poznata više od 10.000 godina. Uzgajana je u Iraku, Maloj Aziji, Kini i Egiptu. Prije 5.000 godina počela se uzgajati u istočnom dijelu Europe, a nakon otkrića Amerike i Australije počeo je uzgoj pšenice na tim kontinentima. Naziv "pšenica" zajednički je u svim slavenskim jezicima s malim modifikacijama, što ukazuje na uzgoj pšenice u pradomovini Slavena. Pšenica se dobro prilagođava klimi i tlu, te ima puno vrsta i kultivara. Razlikuju se ozime i jare sorte pšenica, te fakultativne sorte. Pojedine sorte razlikuju se po udjelu proteina i škroba, po boji, obliku itd. Svaka zemlja ima svoje sorte pšenica koje su primjerene njenom klimatskom području. Najviše pšenice se uzgaja za dobivanje brašna, krupice, posija, te za proizvodnju škroba, glutena i alkohola. (Ilić, 1959., Šimundić i sur. 1994). Pšenica se prije svega koristi kao biljka za

proizvodnju kruha i pekarskih proizvoda. Pšeničnim kruhom hrani se oko 70 % stanovništva svijeta. Pšenični kruh odlikuje se visokim udjelom proteina (16 -17 %), ugljikohidrata (77 -78 %), masti (1,2 -1,5%) te dobrom probavljivošću. Najvažniji pokazatelj kvalitete pšenice predstavlja količina i kvaliteta proteina u zrnu. Kao međunarodni standard pšenice uzima se udio proteina u zrnu od 13,5 %. Udio proteina znatno se mijenja u ovisnosti od područja uzgoja i primjeni gnojenja. Pšenica koja se uzgaja na istoku i jugu ima veći udio proteina od one na zapadnim i sjevernim područjima. Kvaliteta proteina pšeničnog kruha vrlo je visoka, a pri ocjeni pekarskih svojstava pšeničnog brašna veliki značaj ima količina ljepka (glutena). Pšenica ima veliki značaj u nizu industrija: mlinarskoj industriji, industriji keksa, kruha, kolača, tjestenine, pivarskoj industriji, farmaceutskoj i slično. Pšenične posije koje predstavljaju sporedni proizvod pri složenoj meljavi - od omotača, klice i aleuronskog sloja, koriste se u stočarstvu kao cijenjena koncentrirana hrana.

U zrnu pšenice glavne skupine kemijskih spojeva su ugljikohidrati, proteini, lipidi, vlakna i mineralne tvari. Endosperm, omotač i klica čine strukturu zrna pšenice. Tehnološkim postupkom mljevenjem omotač daje posije, a endosperm brašno. (Arendt i Zannini, 2013.)

**Tablica 1**. Prosječni kemijski sastav pšeničnog zrna (Koehler i Wieser, 2013.)

| | % |
|---|---|
| **Proteini (Nx6,25)** | 11,3 |
| **Lipidi** | 1,8 |
| **Ugljikohidrati** | 59,4 |
| **Prehrambena vlakna** | 13,2 |
| **Minerali** | 1,7 |
| **Voda** | 12,6 |

## 2.2. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE

Suvremeni problem zapadne civilizacije su prekomjerna tjelesna težina i pretilost, te dijabetes, kardiovaskularne bolesti, maligna oboljenja i razni poremećaji koji su u

uskoj vezi sa nepravilnom prehranom. Kako je teško utjecati na prehrambene navike potrošača, današnja prehrambena industrija razvija nove proizvoda tipa kruha, 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, β-glukan i dr.). Također razvija i funkcionalne proizvode, koji imaju dokazano pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi. (Jozinović i suradnici, 2014.)

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 (Schieber i sur., 2001.; O'Shea i sur., 2012.) stoga je upotreba navedenih nusproizvoda postao rastući trend u prehrambenoj industriji. Jedan od motiva je povećanje prehrambene vrijednosti novih proizvoda, a drugi iskorištenje ovih nutritivno vrijednih sirovina, a time i smanjenje ukupnog otpada (Yagci i Gogus, 2010.)

Tijekom prerade voća (poput jabuka, citrusa, itd.), potom šećerne repe te nakon proizvodnje piva zaostaje značajna količina nusproizvoda, koji se zbog svoga sastava i tehnoloških svojstava mogu veoma uspješno koristiti u proizvodnji hrane. Pivski trop, trop jabuke i izluženi repini rezanci prvenstveno su dobar izvor prehrambenih vlakana, ali i drugih sastojaka (vitamina, polifenola i minerala) koji daju ovim sirovinama značajnu nutritivnu vrijednost. Ove sirovine se najviše koriste kao stočna hrana, a obzirom da su dostupne u velikoj količini predstavljaju jeftinu i lako dostupnu sirovinu kako prehrambene tako i drugih industrija.

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. Osim toga trebala bi se provesti zakonska regulativa kako bi se naglasila razlika između

proizvoda s prehrambenih vlakana kao komponentama hrane i onih prehrambenih proizvoda kod kojih se koriste aditivi. Reguliranje ovog tipa se zasniva na činjenici da se vlakna kao komponente hrane dodaju da bi se poboljšala prehrambena vrijednost proizvoda, a ne tehnološka svojstva. Prehrambena vlakna su skupina proizvoda koja se mogu dodati hrani iz oba razloga zahvaljujući njihovim funkcionalnim svojstvima. Prehrambena vlakna prehrambenom proizvodu daju odgovarajuću teksturu, čvrstoću, punoću i druga senzorska svojstva. Zahvaljujući njihovim fizikalnim svojstvima, koja poboljšavaju tehnološka svojstva, prehrambena vlakna su pogodna za uporabu kao komponente za: vezivanje vode, zgušnjavanje, želiranje, formiranje filmova i emulzija, te se mogu koristiti i kao stabilizatori. Najvažnija svojstva prehrambenih vlakana kao što su mogućnost vezivanja i zadržavanja vode, viskoznost njihovih slanih otopina i disperzija ovise o molekularnoj strukturi njihovih gradivnih komponenti (Meuser, 2001.).

Značaj prehrambenih vlakana u organizmu (Isuzuki i sur, 1999.; Jalili i sur., 2001.):

- prehrambena vlakna utječu na prevenciju karijesa, jer jačaju mišiće za žvakanje oralnog aparata,
- utječu na rastezanje zida želuca i izazivaju osjećaj sitosti,
- ubrzavaju prolazak crijevnog sadržaja kroz crijeva što dovodi do usporavanja i otežavanja apsorpcije hranljivih tvari, jer je skraćeno vrijeme kontakta između nutrijenata i zida crijeva (prevencija šećerne bolesti, poremećaja metabolizma masnih tvari, kardiovaskularne bolesti i cerebrovaskularne bolesti),
- žučne kiseline se vezuju za prehrambena vlakna pri čemu je ubrzano izbacivanje sastojaka što smanjuje sintezu kolesterola,
- u debelom crijevu prehrambena vlakna se djelomično fermentiraju od strane crijevnih bakterija, stvaraju se plinovi i masne kiseline kratkih lanaca koje zaštitno djeluju na epitel debelog crijeva i tako imaju ulogu prevencije malignih oboljenja.

### 2.2.1. Izluženi repini rezanci

Trećina svjetske proizvodnje šećera potječe iz šećerne repe (*Beta vulgaris* L.). Uz melasu, koja zaostaje kao nusproizvod u obliku sirupa u završnoj fazi kristalizacije,

izluženi repini rezanci predstavljaju najznačajniji kruti nusproizvod ove industrije (Jozinović i sur., 2013.). Ovaj vrijedni nusproizvod sadrži 20 – 25 % celuloze, 25 – 36 % hemiceluloze, 20 – 25 % pektina, 1 – 2 % lignina te 10 – 15 % proteina u suhoj tvari (Zheng i sur., 2013.). Osim kao potencijalna sirovina za proizvodnju biogoriva i etanola, repini rezanci našli su svoju primjenu i u proizvodnji uretana i poliuretana, biorazgradivih materijala i u industriji papira (Rouilly i sur., 2009.).

Zahvaljujući visokom udjelu pektina u suhoj tvari (15 - 30 %) te zbog svoje velike dostupnosti, ovaj nusproizvod je iza tropa jabuke i kore citrusa najznačajnija sirovina u proizvodnji pektina (Yapo i sur., 2007.). Glavni nedostatak pektina dobivenih iz repinih rezanaca predstavljaju loša želirajuća svojstva, zbog visokog stupnja metilacije i male molekularne mase, te zbog toga nemaju značajnu primjenu u prehrambenoj industriji (Mata i sur., 2009.). Primjenom vlakana iz šećerne repe u proizvodnji špageta utvrđeno je da se na ovaj način može postići povećanje udjela prehrambenih vlakana, ali je došlo do promjene boje i gubitka tijekom kuhanja (Ozboy i Koksel, 2000.).

U ovom diplomskom radu uspoređivat će se kako utjecaj repinih rezanaca utječe na svojstava kruha i promjenu boje tijekom pečenja (nakon 7., 14, i 21. minute pečenja).

## 2.3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA

U tehnologiji proizvodnje kruha upotrebljavaju se osnovne i dodatne sirovine. U osnovne sirovine se ubrajaju brašno i voda te pekarski kvasac i kuhinjska sol, a kao dodatne sirovine se koriste ostali različiti sastojci (poput mlijeka i mliječnih proizvoda, masnoća, različitih sjemenki, itd.), zatim aditivi i proizvodna pomoćna sredstva.

### 2.3.1. Pšenično brašno

Pšenično brašno se dobiva tehnološkim postupkom meljave očišćene i pripremljene pšenice u mlinu. Tehnološka kvaliteta brašna, prehrambena vrijednost, kemijski sastav i zdravstveno stanje određuje se nizom kemijskih, fizikalnih, mikrobioloških, reoloških i drugih analitičkih metoda. Cilj je da se unaprijed utvrdi sposobnost brašna kako bi se od njega mogao proizvesti kvalitetan komercijalni proizvodi. (Kent i Evers, 1994.)

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. (Narodne novine, 78/05).

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, sadrže veći udio škroba, manji udio nutritivno vrijednih proteina, formiraju 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.)

**Tablica 2.**Prosječni kemijski sastav različitih tipova pšeničnog brašna izražen u %

| Pšenično brašno tip | 400 | 550 | 850 | 1100 | 1600 |
|---|---|---|---|---|---|
| Stupanj izmeljavanja | 40-50 | 64-71 | 76-79 | 82-85 | 90-95 |
| Škrob | 84,2 | 81,8 | 78,4 | 78,2 | 66 |
| Lipidi | 11,7 | 12,3 | 13 | 13,3 | 14,8 |
| Lipidi | Oko1 | 1,2 | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| Vlakna | 3,7 | 3,7 | 4,2 | 4,9 | 10,9 |
| Pepeo | 0,41 | 0,55 | 0,81 | 1,05 | 1,7 |

Prosječan kemijski sastav brašna za različit stupanj izmeljavanja dobiven je miješanjem različitih vrsta pšenice. Voda, minerali, protein, lipidi, vlakna, škrob i šećeri najvažniji su sastojci koji utječu na kvalitetu brašna tijekom tehnološke prerade. Škrob je najprisutnija komponenta pšeničnog brašna. U prosjeku čini oko 70 % suhe tvari. Škrob se pojavljuje u endospermu sjemena u obliku mikroskopskih čestica ili granula. Kod pšenice, granule su uglavnom u dva tipa veličine, tj. velike “elipsaste” granule, i manje “okrugle” granule. Veličina granule škroba nema utjecaj na kvalitetu brašna. Tijekom zagrijavanja pšeničnog škroba s vodom dolazi do bubrenja granula škroba, te nastaje koloidna suspenzija koja se sastoji od amiloze i amilopekina.

Mljevenjem zrna pšenice dolazi do narušavanja strukture krupnih i sitnih čestica, te po postepenog usitnjavanja endosperma. Što je stupanja mljevenja finiji, to je stupanj oštećenja granula škroba veći, a kvaliteta brašna ovisi o količini oštećenih granula jer su oštećene granule škroba izvor ugljikohidrata koji su potrebni u procesu fermentacije, dok neoštećene granule pri povišenoj temperature fermentacije tijesta ne želatiniziraju. Osim škroba u pšeničnom brašnu su zastupljeni i drugi ugljikohidrati kao što su monosaharidi, disaharidi, oligosaharidi i polisaharidi.

Udio proteina u pšenici varira od 6 -18 %, ovisno o klimatskom okruženju i o genetskim faktorima. Kod pšeničnog brašna je oko 15 % protein topljivo u vodi ili vodenim otopinama soli (albumin ili globulin), a ostalih 85 % predstavljaju uskladišteni protein (prolamini i glutelini). Uskladišteni proteini u pšenici formiraju gluten. Protein gluten je u najvećoj mjeri odgovoran što pšenično brašno proizvodi visokoelastično tijesto koje zadržava plinove tijekom fermentacije.

Lipidi brašna su složena mješavina spojeva. Od 1,5 % lipida pronađenih u brašnu jednu polovinu čine nepolarizirani lipidi (triacilgliceridi, masne kiseline, steroli i njegovi esteri), a drugu polovinu čine polarizirani lipidi (fosfolipidi i glikozidi). Fosfolipidi povoljno utječu na gluten koji pri tome zadržava više plinova u tijestu, a pri tome sam proizvod dobiva veći volumen i bolju strukturu. Glikolipidi i fosfolipidi se povezuju s proteinima i škrobom brašna, te utječu na njihovu pokretljivost i savitljivost.

Udio mineralnih tvari (pepela) u pšenici se kreće od 1,5 % do 2 %. Endosperm ima relativno mali udio pepela oko 0,3 % dok posije imaju veći udio mineralnih tvari. Minerali sami po sebi ne utiču na svojstva brašna. Međutim, visok udio minerala ukazuje na prisutnost posija u brašnu, a posije sadrže spojeve koji generalno utječu na kvalitetu kako tehnološkog procesa proizvodnje, tako i na kvalitetu samog kruha i pekarskih proizvoda.

### 2.3.2. Voda

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.). Voda u brašnu se može naći u tri oblika, a to su kapilarnom, vezanom i slobodnom obliku. Udjel vode u brašnu iznosi od 13 % do 14 %. Tijekom zamjesa proteini bubre sve dok se ne postigne odgovarajuća ravnoteža između osmotskog tlak i tlaka između micela glutena.

### 2.3.3. Kvasac i kuhinjska sol

Kvasac u proizvodnji kruha ima dvostruku ulogu jer je odgovoran za dizanje tijesta i volumen kruha, a s druge strane doprinosi okusu i aromi kruha. Okus i aroma kruha su rezultat međudjelovanja primarnih sastojaka tijesta kao što su brašno, kvasac, šećer i sol. Količina kvasca ovisi o njegovoj aktivnosti, količini šećera u tijestu, način vođenja postupka izrade tijesta, temperature tijesta i temperature pri kojoj se odvija

završna fermentacija. Najpoznatiji pekarski kvasac koji se koristi u domaćinstvu i pekarskoj industriji je *Saccharomyces cerevisiae*.
Kuhinjska sol se u kruh dodaje u količini 1 - 2,2 % na količinu brašna i ona, pomaže učvršćivanju lanaca glutena te utječe na optimalan volumen kao i na poželjan okus i aromu kruha.

### 2.3.4. Dodatne sirovine

Kod proizvodnje kruha u dodatne sirovine mogu se podijeliti u tri skupine:

- sastojci (masnoće, brašno od soje, gluten, šećeri i mlijeko u prahu),
- aditivi (emulgatori i konzervansi),
- proizvodna pomoćna sredstva (enzimi i hemiceluloze).

Masnoća utječe na povećanje volumena, dužu svježinu i trajnost kruha. Šećeri su izvori hrane za kvasac, a daju i sladak okus proizvodima s više šećera. Ostali sastojci brašna, dodane sirovine i poboljšivači zajedno sa glutenom i škrobom čine tijesto lako obradivim i pogodnim za izradu raznovrsnih pekarskih proizvoda.

## 2.4. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KRUHA

### 2.4.1. 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.). Pod nazivom “kruh” podrazumijevaju se različite vrste kruha i peciva koje se

razlikuju po obliku, masi, izgledu kore i sredine, mekoći, boji te okusu i mirisu. Svaka vrsta kruha spoj je određenih svojstava i prepoznatljiva je kao takva. Iako je kruh jedna od najstarije pripremane hrane, njegovo pravo podrijetlo još je uvijek nepoznato. Utvrđeno je, međutim, da je kruh pripravljan još 12 000 godina prije Krista, od vode i divljih žitarica, vjerojatno preteča današnje pšenice, zdrobljenih i pečenih na kamenim pločama u špiljama. Tadašnji je kruh više podsjećao na tortilje nego na ono što mi danas nazivamo kruhom. Danas se proizvode različite vrste kruha, a najčešće vrste kruha se proizvode od čistog pšeničnog brašna, te sa dodatkom raženog i drugih vrsta brašna.

Prema vrsti upotrijebljenih sastojaka i načinu izrade kruh se razvrstava i stavlja na tržište pod nazivom:

- pšenični kruh;
- raženi kruh;
- kruh iz drugih krušnih žitarica;
- miješani kruh;
- kruh posebnih vrsta.

### 2.4.2. Faze tehnološkog procesa proizvodnje kruha

Kod procesa proizvodnje kruha postoji nekoliko glavnih koraka na osnovu kojih se bazira tehnološki proces proizvodnje kruha, a to su:

- miješanje pšeničnog brašna i vode, zajedno s kvascem i soli, te drugim navedenim sastojcima u odgovarajućim omjerima
- razvoj strukture glutena u tijestu primjenom energije tijekom miješanja
- ugradnja mjehurića zraka unutar tijesta tijekom miješanja
- nastavljanje "'razvoja" strukture glutena koji mijenjaju reološka svojstva tijesta i poboljšavaju sposobnost širenja plina tijekom fermentacije
- stvaranje i mijenjanje pojedinih organoleptičkih spojeva u tijesto
- podjela tjestene mase u jedinične komade
- preliminarna modifikacija svakog komada tijesta pojedinačno

- kratko odmaranje u obradi dodatno modificira fizička i reološka svojstva komada tijesta
- oblikovanje tjestenih komada u potrebnu formu
- fermentacije i širenje oblikovanih komada tijesta
- daljnje širenje tijesta i fiksacija konačne strukture kruha tijekom vrijeme pečenja
- hlađenje i skladištenje gotovog proizvoda prije konzumacije

**Proces proizvodnje kruha može se podijeliti u nekoliko faza:**

1. Priprema sirovina
2. Izrada tijesta
3. Fermentacija tijesta
4. Obrada tijesta
5. Završna fermentacija
6. Pečenje

### 1. Priprema sirovina

**Brašno** - prosijavanje brašna neposredno prije zamjesa i propuštanje preko magneta da bi se odvojili eventualno zaostali metalni dijelovi. Uglavnom se koristi pšenično brašno koje se djelomično može zamijeniti drugim vrstama brašna.

**Voda** - upotrebljava se zdravstveno ispravna voda, to znači bez mikroorganizama i dodatnih tvari. Količina vode koja se dodaje u zamjes ovisi o kvaliteti brašna i moći upijanja vode, a za prema pravilniku iznosi oko 50 - 60 %. Temperatura vode za krušna tijesta iznosi od 26 - 32 °C.

**Kvasac** - uglavnom se koristi prešani kvasac u omjeru od 1 - 3 % ovisno o kvaliteti brašna, intenzitetu miješanja, uvjetima fermentacije i dodatnim sirovinama. Optimalna količina kvasca je jako bitna jer u protivnom može doći do nedovoljne ili ublažene fermentacije, malog volumena kruha, slabo razvijene sredine i mirisu kruha po kvascu.

**Sol** – može se dodavati direktno ili u vidu procijeđene koncentrirane otopine u količini 1,5 - 2 %. Dodaje se radi postizanja okusa kruha, ali djeluje i na čvrstoću ljepka (glutena).

## 2. Izrada tijesta (zamjes)

Tvorba tijesta započinje miješanje brašna, vode, kvasca i ostalih sastojaka koji upijaju vodu i utjecajem mješača u mjesilici gibaju se po posudi i tvore tijesto visokoelastične konzistencije. Tijekom zamjesa topljive otopine kao što su sol i šećer prelaze u otopinu, a dok se od topljivih protein i pentozana formira koloidna otopina. Škrob apsorbira određenu količinu vode (oko 30 %) te bubri uz odgovarajuće povećanja volumena. Tijekom miješanja u tijesto se ugrađuje zrak u obliku mjehurića koji čine šupljine u koje kasnije tijekom fermentacije difundira ugljikov dioksid, koji je produkt razgradnje kvasca, koji dovodi do rasta alveola. Intenzitet miješanja ima značajnu ulogu u zamjesu tijesta jer intenzivno miješanje povećava brzinu sazrijevanja tijesta te dovodi do ujednačenog rasporeda stanica kvasca, povećanja volumena i bolje poroznosti tijesta. Vrijeme izrade tijesta ovisi o vrsti i snazi mjesilice (brzohodne i sporohodne), a može trajat 10 - 30 minuta.

## 3. Fermentacija tijesta

Fermentacija se odvija u zatvorenim komorama pri temperaturi 28 - 30 °C, a dužina fermentacije ovisi o vrsti i tipu brašna te tehnološkom postupku proizvodnje kruha. Tijekom fermentacije, a prije dijeljenja se ponekad provodi ponovno premjesivanje tijesta kako bi se stanice kvasca ravnomjernije rasporedile, te se proces proizvodnje ugljikovog dioksida nastavio uz povećanje volumena tijesta (kvasci koriste dostupnu količinu šećera). Trajanje fermentacije ovisi o kvaliteti brašna, aktivnosti kvasa te o temperaturi fermentacije. Fermentacijom tijesta omogućava se pravilno oblikovanje i dijeljenje tijesta u završnoj fermentaciji, te konačni proizvod ima bolju aromu i miris.

## 4. Obrada tijesta

Nakon fermentacije tijesta u masi slijedi obrada tijesta koja se sastoji od dijeljenja tijesta na komade, okruglo oblikovanje, odmaranje tijesta i završno oblikovanje. Dijeljenje tijesta može biti ručno ili strojno. Točnost dijeljenja tijesta je izuzetno važna zbog konačne mase proizvoda koja je propisana odgovarajućom deklaracijom Vrijeme dijeljenje mora biti u što kraće zbog fermentacije koja se konstantno odvija. Okruglo oblikovanje se vrši ručno ili strojno. Dolazi do povećanja elastičnosti i čvrstoće tijesta, a smanjenja ljepljivosti. Tijekom oblikovanja na površini komada tijesta se stvara tanka pokožica koja sprječava izlazak plinova iz oblikovanih komada. Razdoblje odmaranja tijesta se provodi prije završnog oblikovanja. 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). Završno oblikovanje zahtjeva da tijesto ima odgovarajuću reologiju u cilju postizanje potrebnih promjena forme tijesta. Komadi tijesta trebaju imati nisku otpornost na deformacije i minimalnu elastičnost, inače visoki tlakovi potrebni za promjenu oblika tijesta mogu uzrokovati gubitak kvalitete proizvoda (Cauvain i Young, 2000.).

## 5. Završna fermentacija

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, u pravilu 40 - 45 °C i 85 % relativne vlažnosti. Pekarski kvasac je najviše aktivan na temperature 35 - 45 °C. Tijekom fermentacije škrob iz brašna potpuno se pretvara u dekstrine i šećere putem aktivnosti enzima. Kvasac se hrani šećerom te proizvodi ugljikov dioksid i alkohol. Ugljikov dioksid difundira u tijesto, uzrokujući rast i proširenje odlikovanih komada tijesta. (Whitworth i Alava, 1999.). Trajanje fermentacije ovisi o svojstvima brašna i konzistenciji tijesta, tehnološkom postupku pripreme tijesta, količini i fermentiranoj aktivnosti kvasca i recepturi tijesta.

**6. Pečenje**

Pečenje je proces u kojem se tijesto pod utjecajem topline pretvara u gotov proizvod. U procesu pečenja oblikovano tijesto mijenja izgled, dimenzije, formira strukturu, okus i aromatična svojstva. Kako se tijesto zagrijava prolazi kroz složen proces fizikalnih, kemijskih i biokemijskih promjena. Tri glavne promjene koje se događaju za vrijeme pečenja su: povećanje debljine proizvoda kroz proizvodnju plinova i isparavanja vode; smanjenje mase proizvoda zbog sušenja rezultira velikim smanjenjem gustoće proizvoda i razvoj porozne strukture i potamnjivanje površine proizvoda uslijed hidrolize škroba i karamelizacije šećera. (Chevallier sur., 2002.)

Temperatura pečenja ovisi o tipu brašna i vrsti proizvoda. Crni kruh se peče pri temperaturi 250 - 280 °C, bijeli pri temperaturi 210 - 230 °C. U prvoj fazi pečenja tijesta 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 formiranja kore koja bi onemogućila daljnje širenje tijesta i pojavu pukotina na kori. Toplina se kroz tijesto širi u koncentričnim krugovima pri čemu se prvo zagrijava površinski sloj a zatim sljedeći sve dok se ne dođe do sredine kruha. Površinski sloj tijesta se zagrijava jako brzo i već na 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. Nakon pečenja kruh treba držati u toploj okolini još 10 - 15 minuta jer bi se uslijed naglog hlađenja stegnula površina kruha i kora bi pucala.

## 2.4.3. Analiza teksture

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.

### 2.4.4. Volumen kruha

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

# 3. EKSPERIMENTALNI DIO

## 3.1. ZADATAK

Zadatak rada je bio odrediti utjecaj repinih rezanaca, nusproizvoda prehrambene industrije, na svojstava i promjenu boje kruha tijekom pečenja u različitom vremenskom period od 7, 14 i 21 minuta pečenja. Repini rezanci su dodani u udjelima od 5 %,10 % i 15 %.

## 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)
- repini rezanci (zamjena za pšenično brašno u udjelu 5 %, 10 % i 15 %)

Priprema sirovina:

- 1000 g brašna vlažnosti 14 %; masa brašna za zamjes korigira se prema vlažnosti brašna prema formuli:

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

(jednadžba 1)

- Voda za zamjes izračuna se prema sposobnosti upijanja vode:

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

(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 udjelom repinih rezanaca). Načiniti udubljenje u koje se doda pipetom odmjerenih 10 $cm^3$ 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 da tijesto bude toliko čvrsto da se više nelijepi za prste, 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, odvaže se 400 g tijesta koje se razvalja i oblikuje u veknicu. Oblikovane vekince stavljaju 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). Nakon svakih 7

minuta pečenja vade se uzorci koji se koriste za analize (nakon 7, 14 i 21 minute pečenja).

### 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).




**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 odvaganu 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 u uzorcima kruha nakon 7, 14 i 21 minute pečenja.

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100$$

(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 uzoraka nakon 7., 14., i 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*

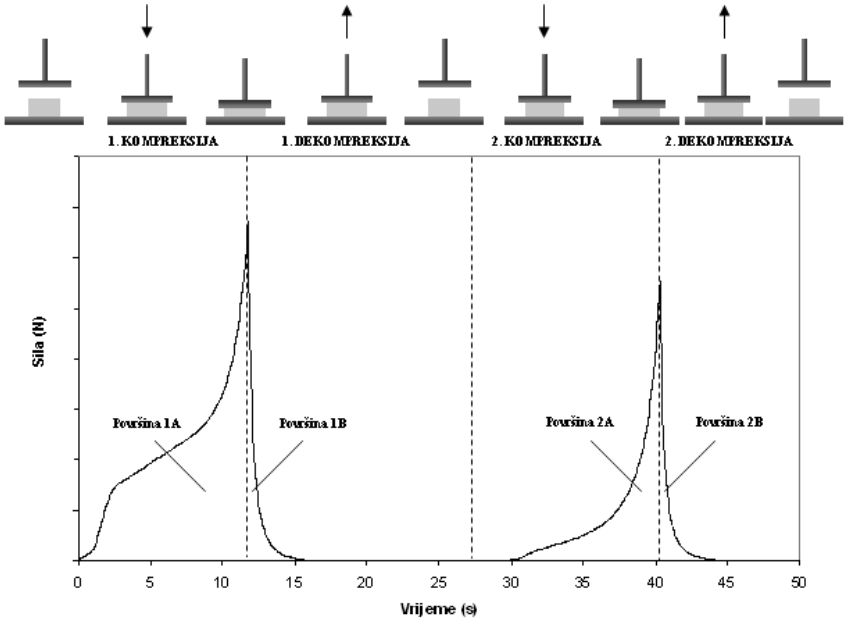
Računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema parametrima podešenim prije eksperimenta Iz dobivenih rezultata mogu se očitati čvrstoća, kohezivnost, elastičnost, te otpor žvakanju.

**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 (Površina 2AiB/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 (Površina 1B/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 (Površina 2AiB/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, CIE*L*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 površine (kore) i sredine uzoraka kruha praćena je na svježim uzorcima (tijesto) te uzorcima pečenih tijekom 7, 14, 21 min i to na 6 mjesta.



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

Određena boja je definirana određenim mjestom u CIE$L^*a^*b^*$ 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. *grenness*);
- $b^*$ 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.

$$\Delta E = \sqrt{\left(L_0^* - L^*\right)^2 + \left(a_0^* - a^*\right)^2 + \left(b_0^* - b^*\right)^2}$$

(jednadžba 5)

$L_0^*$ - parametar svjetline tijesta
$L^*$ - parametar CIE$L^*a^*b^*$ prostora boje – svjetlina boje
$a_0^*$ - parametar boje tijesta CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja
$a^*$ - parametar CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja
$b_0^*$ - parametar boje tijesta CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja
$b^*$ - parametar CIE$L^*a^*b^*$ 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

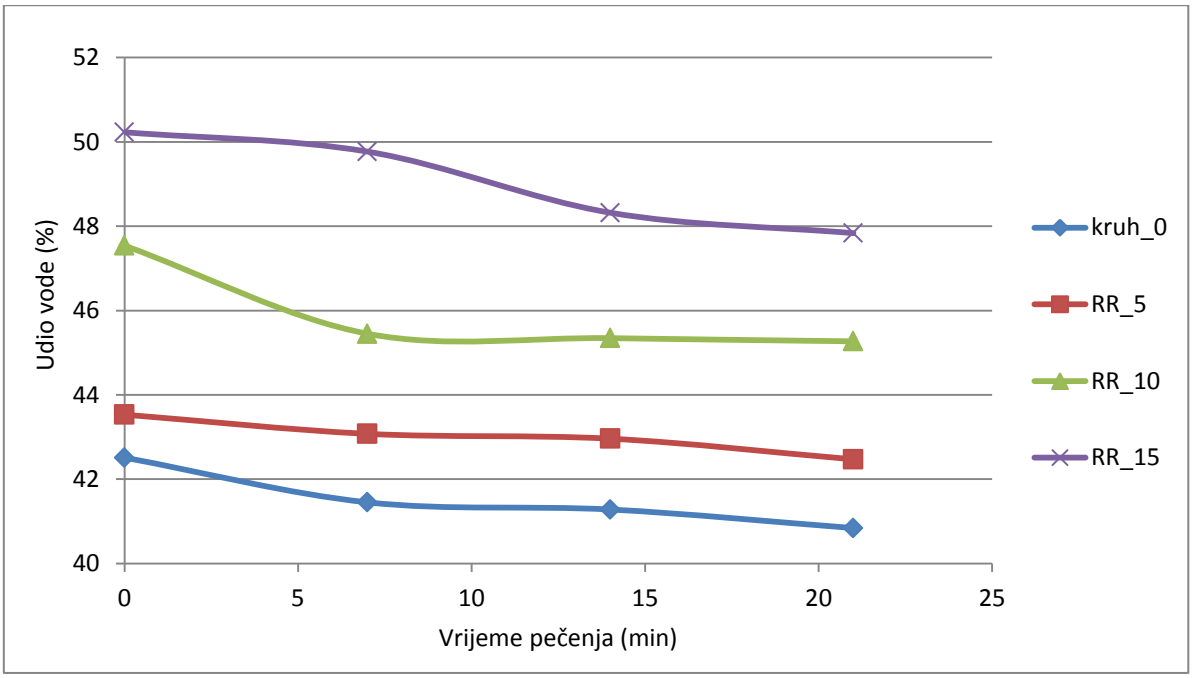
| $\Delta E$ | oznaka |
|---|---|
| **<0,2** | nije uočljiva |
| **0,2-1** | vrlo slabo uočljiva |
| **1-3** | slabo uočljiva |
| **3-6** | uočljivo |
| **>6** | vrlo uočljiva |

### 3.3.8. Statistička obrada rezultata

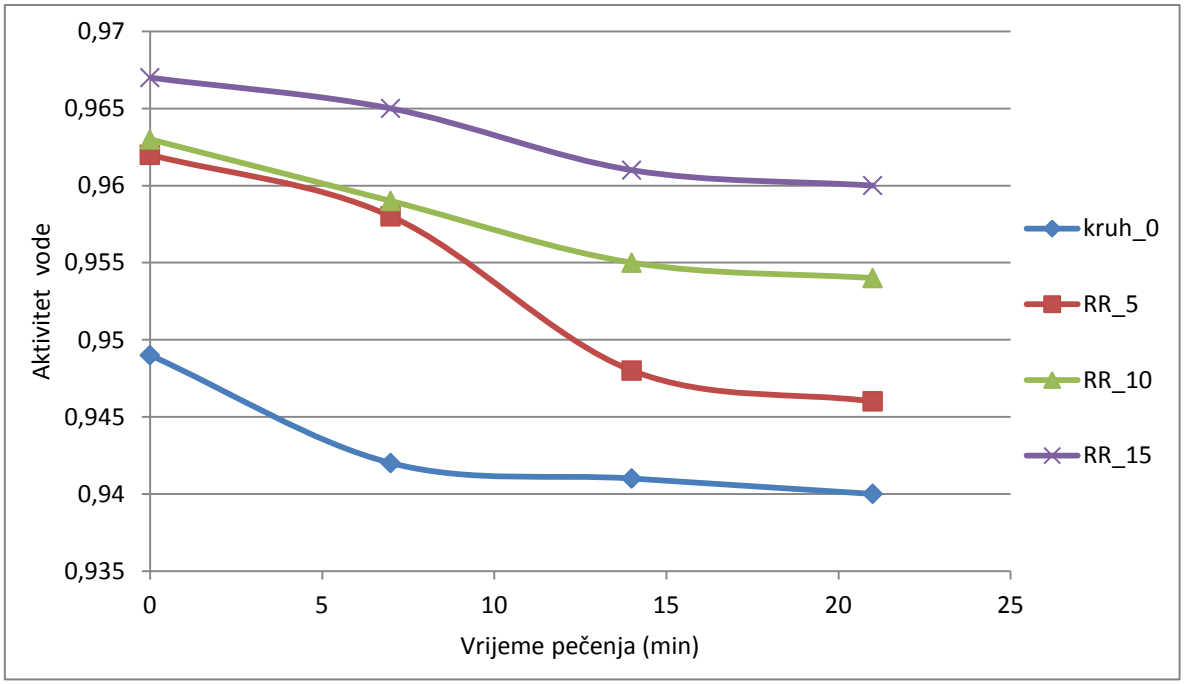
Statistička obrada rezultata dobivenih laboratorijskim istraživanjem provedena je analizom varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ovim LSD test najmanje značajne razlike (engl.least significant difference) upotrebom programa Statistica 8 i Microsoft Office Excel 2007. Programom Statistica 8 napravljena je i multivarijantna analiza (Pearson-ova korelacijska matrica s nivoima značajnosti od 5% ($p<0,05$)) podataka dobivenih ispitivanjem svojstava teksture,određivanjem udjela i aktiviteta vode, te gubitka mase i specifičnog volumena.

# 4. REZULTATI

## 4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA UDJELA I AKTIVITETA VODE TIJEKOM PEČENJA KRUHA S DODATKOM REPINIH REZANACA

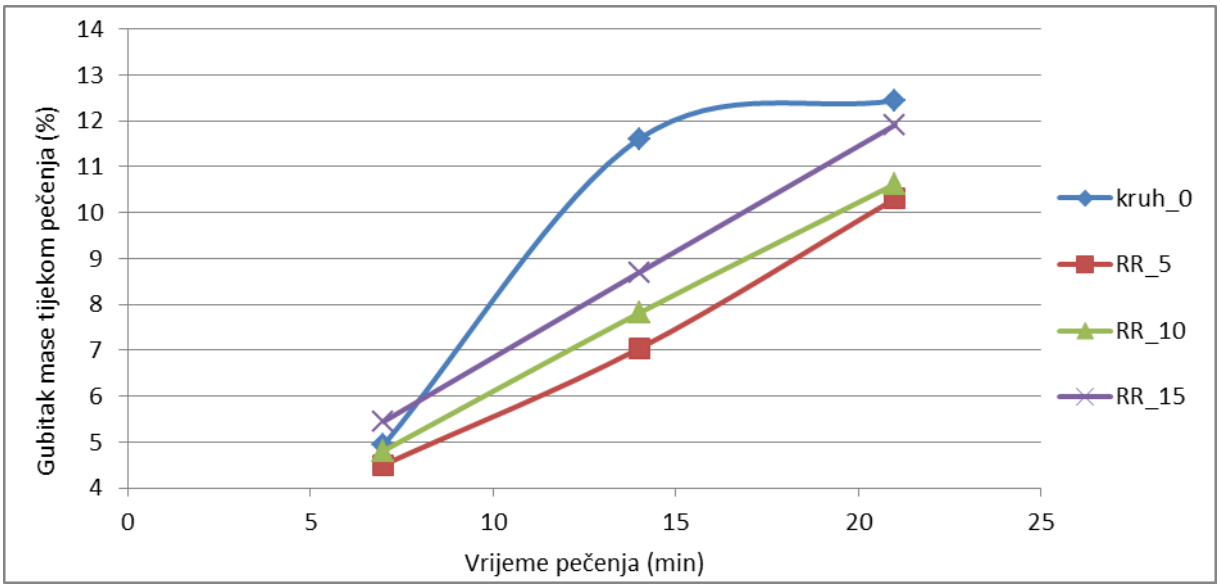



**Slika 5.***Rezultatl određivanja udjela vode u uzorcima tijesta prije pečenja (0 min) i kruha (standardnog i s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca) nakon 7, 14 i 21 minute pečenja*

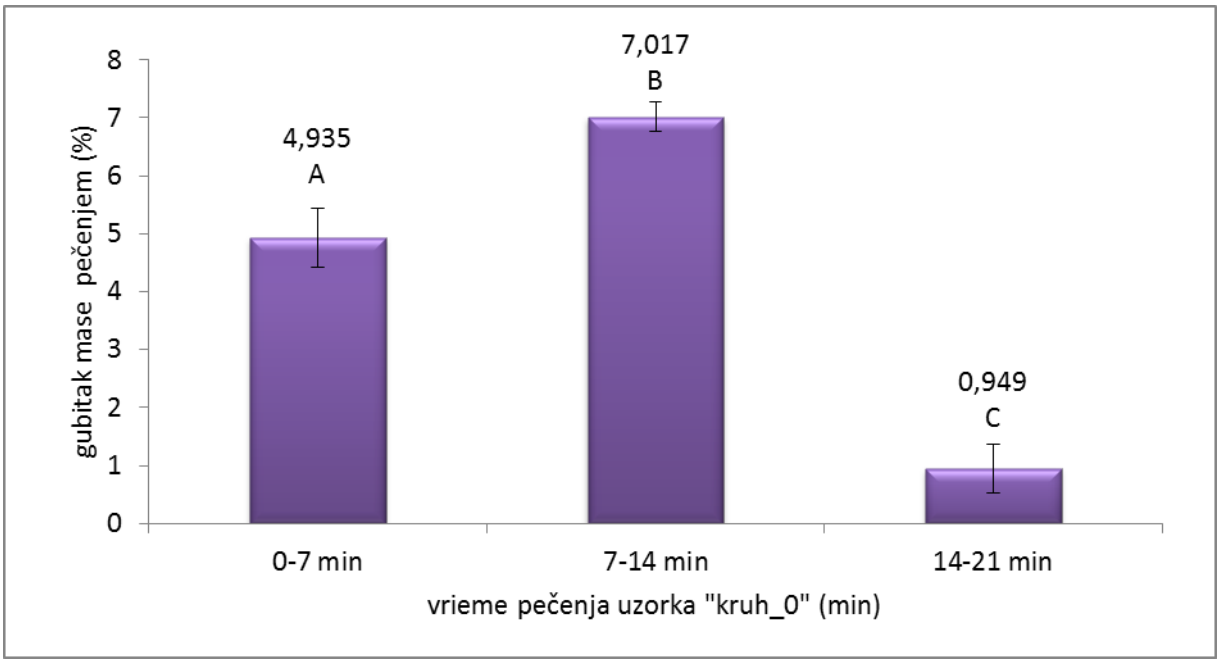



***Slika 6.*** *Rezultati određivanja aktiviteta vode u uzorcima tijesta prije pečenja (0 min) i kruha (standardnog i s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca) nakon 7, 14 i 21 minute pečenja*

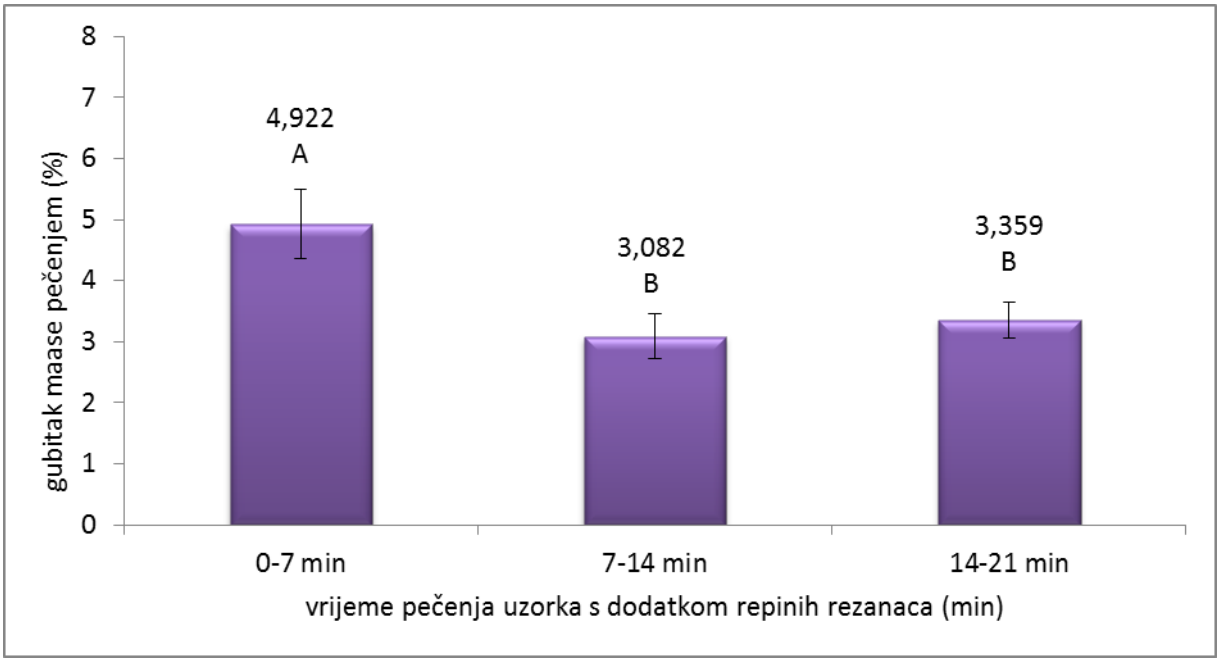
## 4.2. REZULTATI PRAĆENJA PROMJENE MASE I SPECIFIČNOG VOLUMENA UZORKA KRUHA S DODATKOM REPINIH REZANACA TIJEKOM PEČENJA



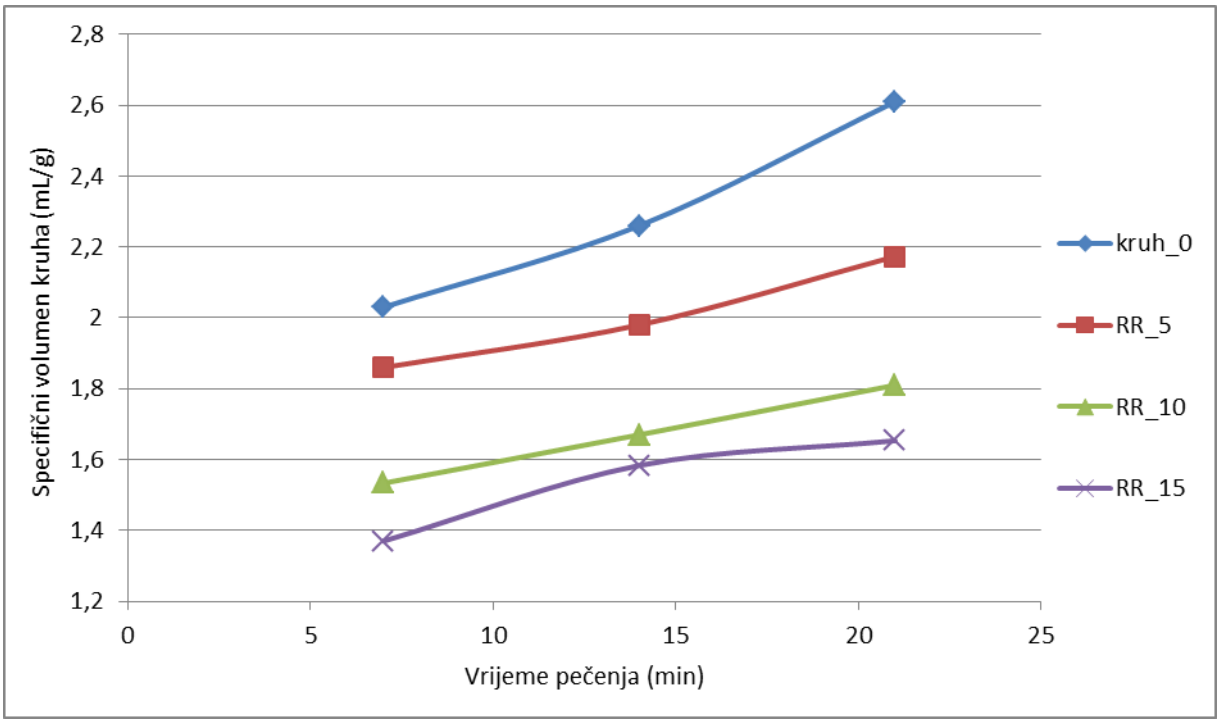

**Slika 7.** *Gubitak mase pečenjem (%) u 7, 14 i 21 minuti u odnosu na početnu masu tijesta stavljenog u pećnicu kod standardnog uzorka i uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca*



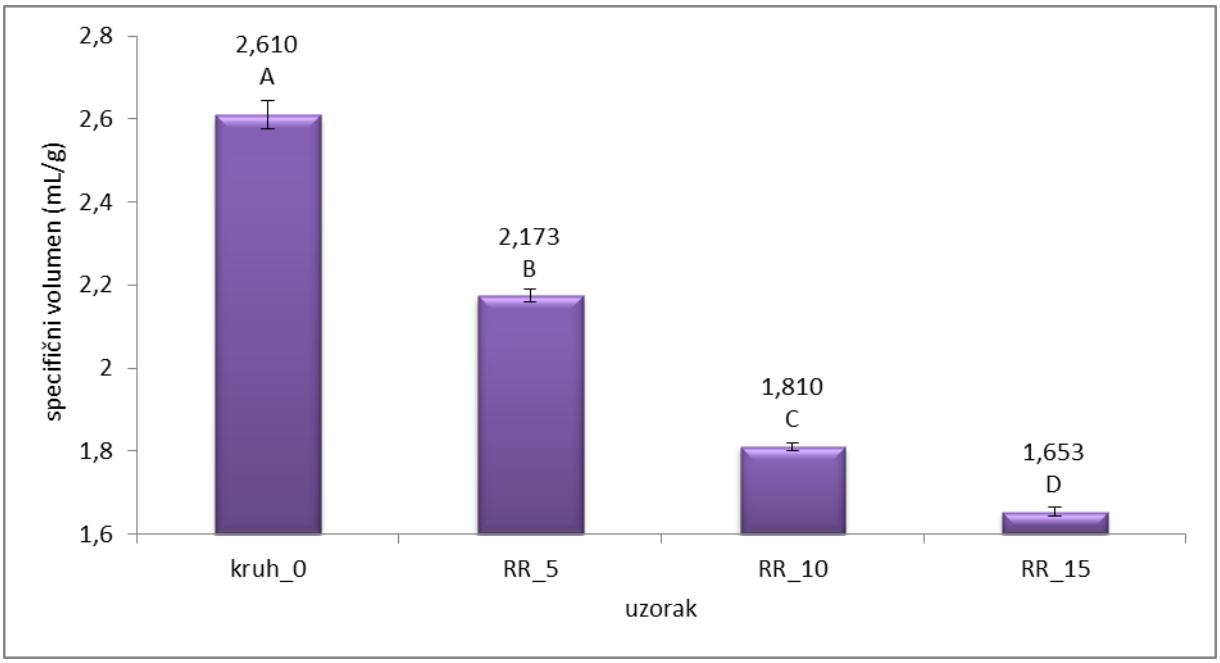

**Slika 8**. *Dinamička promjena gubitka mase pečenjem standardnog uzorka kruha; prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike*




**Slika 9.** *Dinamička promjena gubitka mase pečenjem standardnog svih uzorka kruha s dodatkom repinih rezanaca, bez obzira na udio; 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*

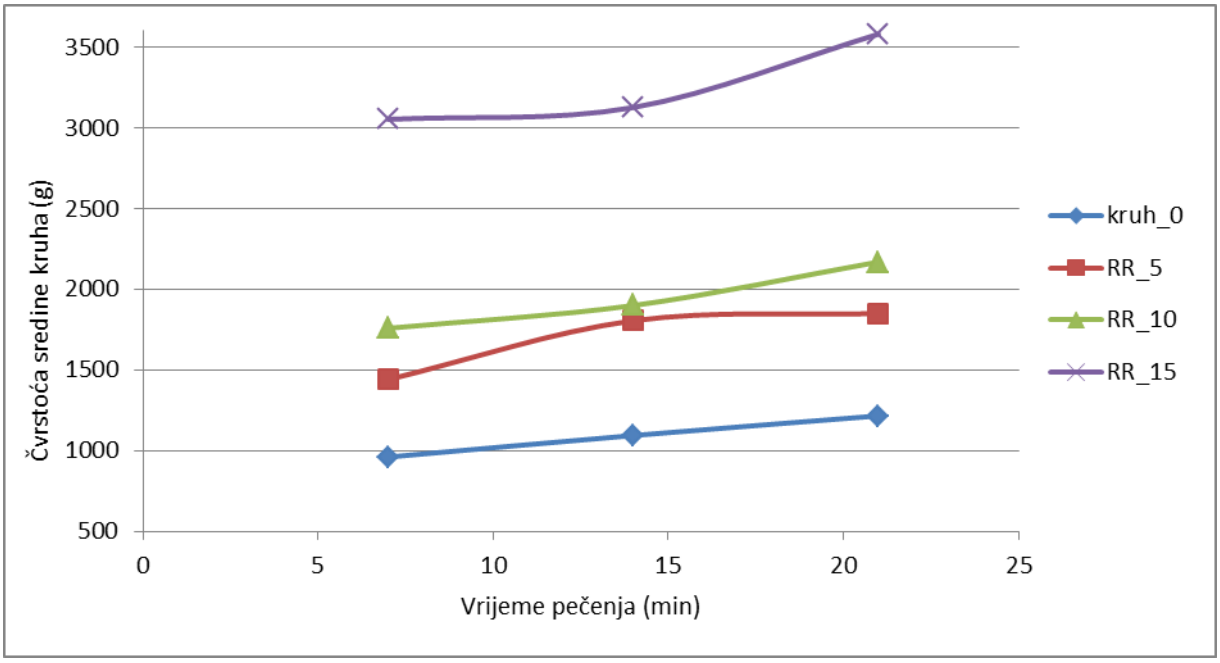



**Slika 10.** *Rezultati praćenja promjene specifičnog volumena kruha tijekom pečenja standardnog uzorka i uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca*




**Slika 11.** *Rezultati određivanja specifičnog volumena standardnog uzorka kruha te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca završetkom pečenja (nakon 21 minute pečenja); prikazani podaci su srednje vrijednosti ± 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

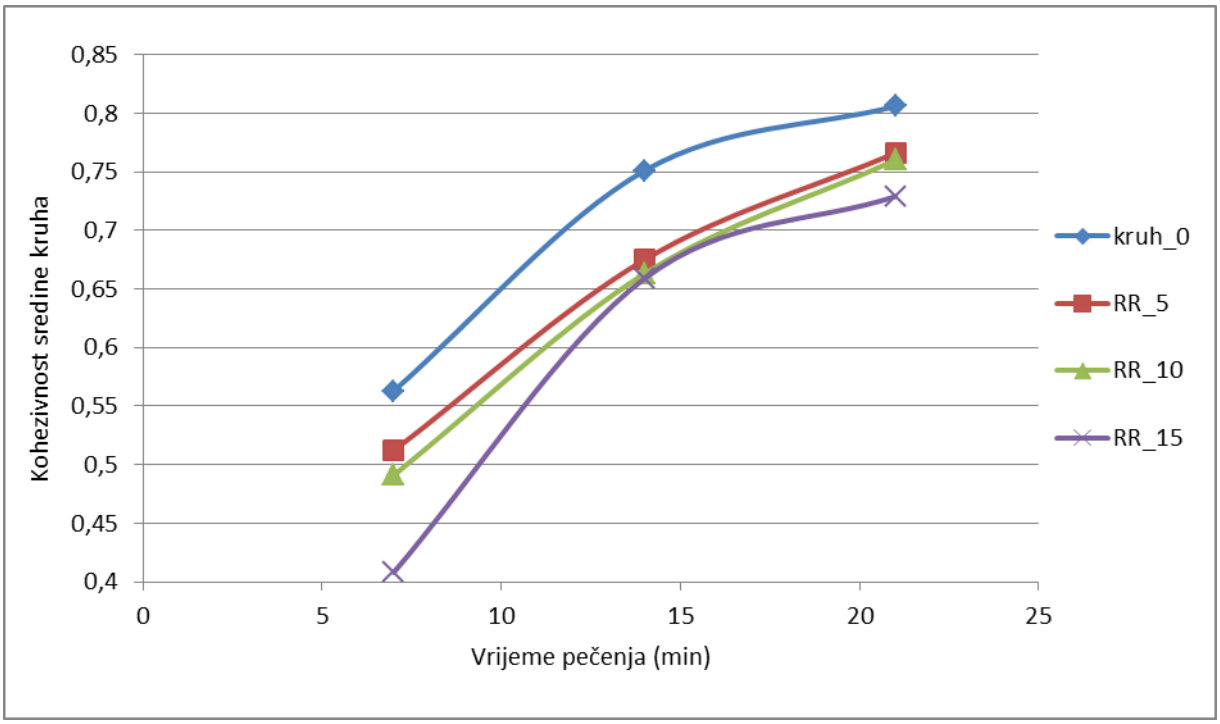



**Slika 12.** *Rezultati izmjerenih vrijednosti čvrstoće (g) sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca*

**Tablica 4**. *Rezultati statističke analize povećanja čvrstoće kruha s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak nakon 7, 14 i 21 minute pečenja*

| Uzorak | 7 minutapečenja | 14 minutapečenja | 21 minutapečenja |
|---|---|---|---|
| **kruh_5RR** | 1,45 ± 0,09 a | 1,65 ± 0,23 a | 1,52 ± 0,13 a |
| **kruh_10RR** | 1,83 ± 0,05 b | 1,73 ± 0,20 a | 1,78 ± 0,22 b |
| **kruh_15RR** | 3,18 ± 0,11 c | 2,86 ± 0,07 b | 2,95 ± 0,06 c |

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

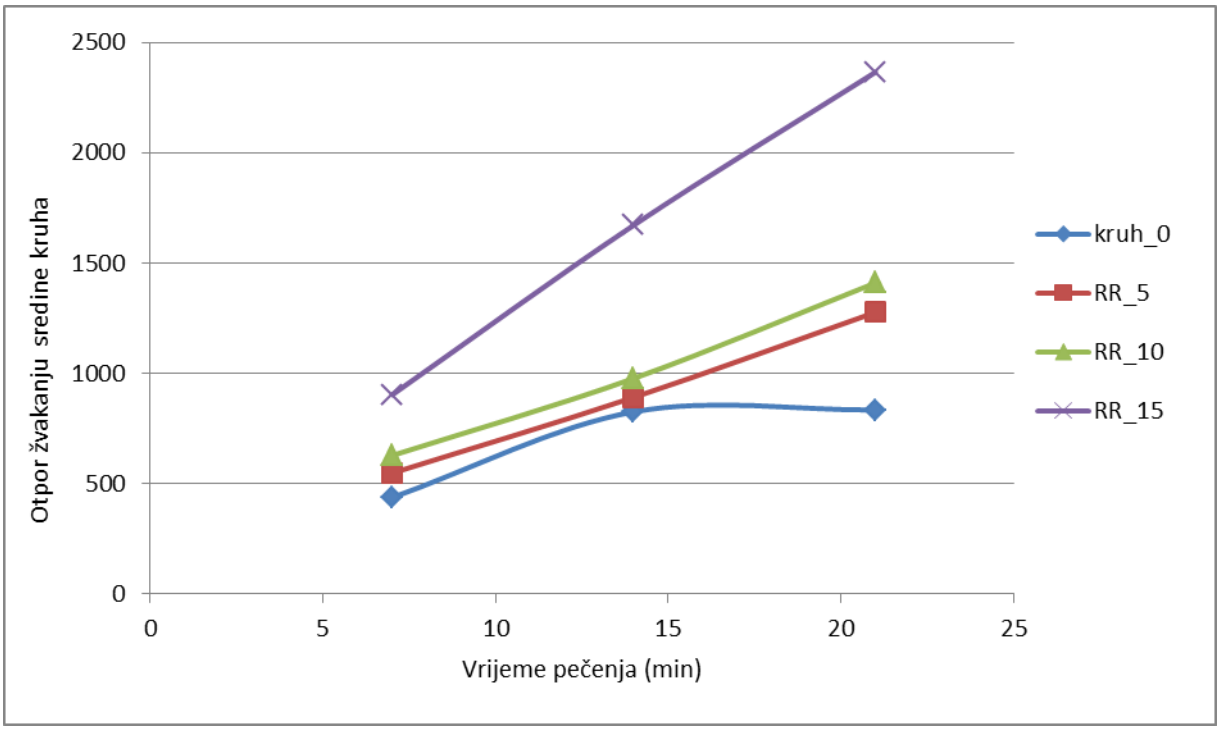



**Slika 13.***Rezultati izmjerenih vrijednosti kohezivnosti sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca*

***Tablica 5.** Rezultati statističke analize smanjenje kohezivnosti kruha s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak nakon 7, 14 i 21 minute pečenja*

| Uzorak | 7 minutapečenja | | 14 minutapečenja | | 21 minutapečenja | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **kruh_5RR** | 0,91 ± 0,02 | a | 0,89 ± 0,05 | a | 0,95 ± 0,01 | a |
| **kruh_10RR** | 0,87 ± 0,10 | a | 0,88 ± 0,01 | a | 0,94 ± 0,03 | ab |
| **kruh_15RR** | 0,72 ± 0,02 | b | 0,87 ± 0,01 | a | 0,90 ± 0,01 | b |

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

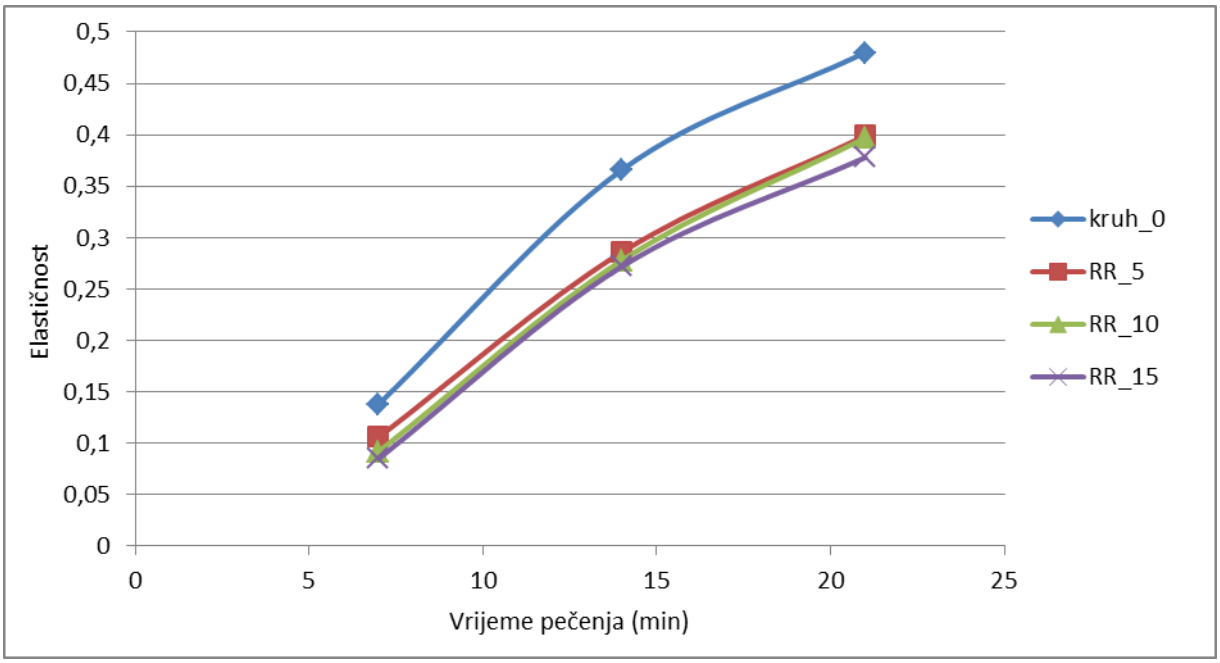



**Slika 14.** *Rezultati izmjerenih vrijednosti otpora žvakanju sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca*

**Tablica 6.** *Rezultati statističke analize povećanja otpora žvakanju kruha s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak nakon 7, 14 i 21 minute pečenja*

| Uzorak | 7 minutapečenja | 14 minutapečenja | 21 minutapečenja |
|---|---|---|---|
| **kruh_5RR** | 1,26 ± 0,23 a | 1,07 ± 0,08 a | 1,53 ± 0,09 a |
| **kruh_10RR** | 1,41 ± 0,36 a | 1,18 ± 0,04 a | 1,67 ± 0,32 a |
| **kruh_15RR** | 2,06 ± 0,08 b | 2,02 ± 0,21 b | 2,84 ± 0,05 b |

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




**Slika15.** *Rezultati izmjerenih vrijednosti elastičnosti sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca*

**Tablica 7.** *Rezultati statističke analize smanjenja elastčnosti kruha s dodatkom 5, 10 i 15 % repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak nakon 7, 14 i 21 minute pečenja*

| Uzorak | 7 minutapečenja | | 14 minutapečenja | | 21 minutapečenja | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **kruh_5RR** | 0,77 ± 0,01 | a | 0,78 ± 0,04 | a | 0,83 ± 0,06 | a |
| **kruh_10RR** | 0,67 ± 0,03 | b | 0,75 ± 0,09 | a | 0,82 ± 0,03 | a |
| **kruh_15RR** | 0,61 ± 0,03 | c | 0,74 ± 0,02 | a | 0,79 ± 0,02 | a |

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. KOEFICIJENTI LNEARNIH KORELACIJA

**Tablica 8.** *Korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem svojstava kruha kao gotovog proizvoda (nakon 21 min pečenja) obzirom na dodatak repinih rezanaca (RR) ispitivanjem svojstava teksture, udjela i aktiviteta vode, te određivanjem gubitka mase i specifičnog volumena*

| | Čvrstoća (g) | Kohezivnost | Otporžvakanju | Elastičnost | Udiovode (%) | Aktivitet | Gubitak mase pečenjem (%) | Specifični volumen (mL/g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Udio RR (%)** | **0,935** | **0,764** | **0,909** | **0,737** | **0,994** | **0,998** | -0,158 | **0,980** |
| **Čvrstoća (g)** | | **0,849** | **0,993** | **0,651** | **0,936** | **0,923** | 0,032 | **0,868** |
| **Kohezivnost** | | | **-0,876** | **0,650** | **0,742** | **0,752** | 0,196 | **0,753** |
| **Otporžvakanju** | | | | **0,664** | **0,907** | **0,894** | 0,037 | **0,841** |
| **Elastičnost** | | | | | **0,685** | **0,722** | 0,454 | **0,769** |
| **Udiovode (%)** | | | | | | **0,996** | -0,064 | **0,960** |
| **Aktivitet** | | | | | | | -0,147 | **0,981** |
| **Gubitak mase pečenjem (%)** | | | | | | | | 0,324 |

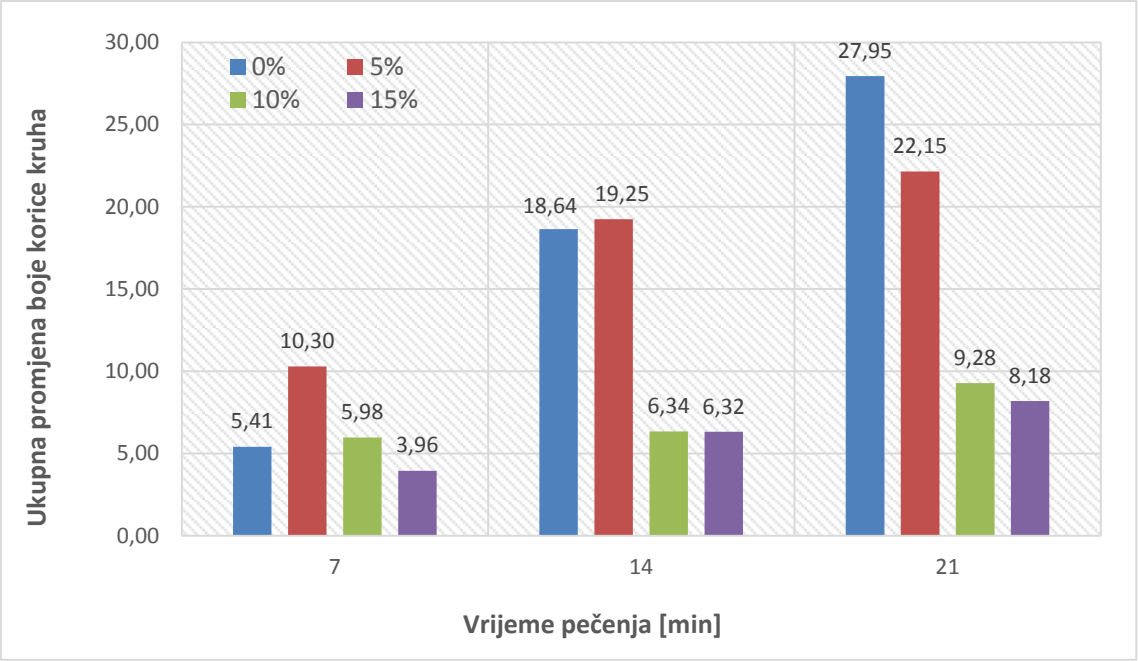
Podebljano označeni koeficijenti linearne korelacije su statistički značajni pri $p<0,05$

## 4.5. REZULTATI MJERENJA BOJE UZORAKA KRUHA POMOĆU KOLORIMETRA

Rezultati mjerenja boje uzoraka kruha (korice i sredine) sa dodatkom različitih udjela repinih rezanaca prikazani su tablicama 9 - 10 te slikama 1 - 17. Boja uzoraka mjerena je kolorimetrom i prikazana u CIE*Lab* modelu boja kao *L**, *a** i *b** komponenta boje te kao ukupna promjena boje $\Delta E$. Boja uzoraka prikazana je kinetički u 0., 7., 14. i 21. min pečenja.

**Tablica 9.** *Rezultati mjerenja boje korice kruha s dodatkom repinih rezanaca od 0, 5, 10 i 15 %*

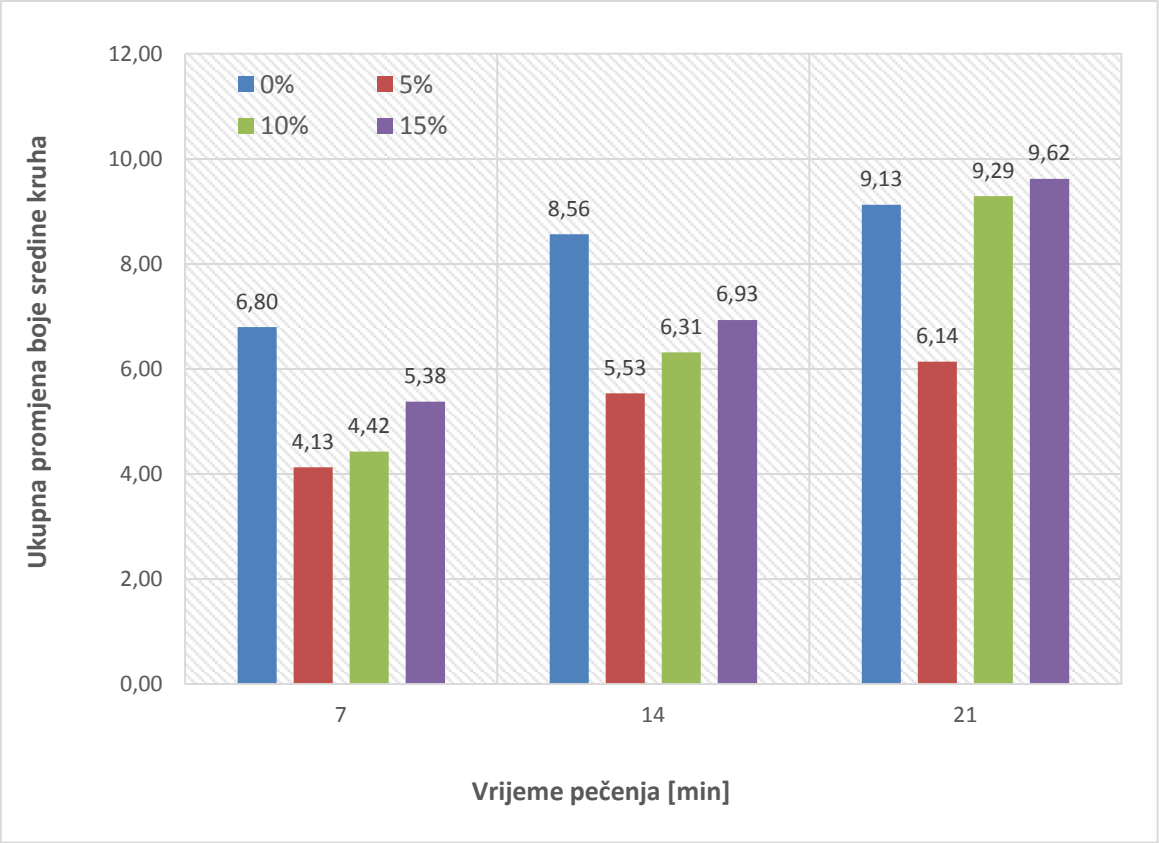
| Udio RR | Vrijeme pečenja [min] | *L** | *a** | *b** |
|---|---|---|---|---|
| 0 % | 0 | 83,858 | -0,834 | 19,682 |
| | 7 | 79,110 | -1,134 | 22,262 |
| | 14 | 72,574 | 4,158 | 33,660 |
| | 21 | 65,512 | 10,072 | 37,732 |
| 5 % | 0 | 76,128 | 0,066 | 13,424 |
| | 7 | 71,738 | 2,020 | 22,530 |
| | 14 | 66,840 | 6,640 | 28,948 |
| | 21 | 64,296 | 8,544 | 30,114 |
| 10 % | 0 | 71,112 | 0,232 | 11,784 |
| | 7 | 67,126 | 0,872 | 13,454 |
| | 14 | 62,852 | 1,054 | 15,408 |
| | 21 | 61,624 | 1,782 | 20,022 |
| 15 % | 0 | 69,300 | 0,536 | 11,902 |
| | 7 | 68,204 | 0,572 | 15,284 |
| | 14 | 67,668 | 0,964 | 17,342 |
| | 21 | 61,526 | 1,754 | 17,278 |




**Slika 16**. *Vrijednosti ukupne promjene boje korice kruha sa različitim udjelom repinih rezanaca*

**Tablica 10.** *Rezultati mjerenja boje sredine kruha s dodatkom repinih rezanaca od 0, 5, 10 i 15 %*

| Udio RR | Vrijeme pečenja [min] | *L** | *a** | *b** |
|---|---|---|---|---|
| 0 % | 0 | 83,858 | -0,834 | 19,682 |
| | 7 | 77,366 | -1,266 | 17,718 |
| | 14 | 75,936 | -1,656 | 16,538 |
| | 21 | 75,258 | -1,694 | 16,748 |
| 5 % | 0 | 76,128 | 0,066 | 13,424 |
| | 7 | 72,010 | -0,128 | 13,598 |
| | 14 | 65,784 | 0,274 | 13,002 |
| | 21 | 64,974 | 0,196 | 13,278 |
| 10 % | 0 | 71,112 | 0,232 | 11,784 |
| | 7 | 66,860 | 0,404 | 11,888 |
| | 14 | 69,836 | -0,380 | 13,036 |
| | 21 | 66,854 | -0,462 | 13,388 |
| 15 % | 0 | 67,668 | 0,536 | 11,902 |
| | 7 | 62,290 | 0,516 | 11,874 |
| | 14 | 60,750 | 0,512 | 12,378 |
| | 21 | 58,052 | 0,458 | 12,164 |




**Slika 17**. *Vrijednosti ukupne promjene boje sredine kruha sa različitim udjelom repinih rezanaca*

# 5. RASPRAVA

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati analize kruha s dodatkom različitih udjela repinih rezanaca koji su uspoređeni s rezultatima analize standardnog uzorka. Parametri koji su određivani su: masa, specifični volumen, udio i aktivitet vode, tekstura i boja kruha.

Iz rezultata prikazanih na slici 5 vidljivo je da je najveće smanjenje udjela vode (u odnosu na početni udio vode u tijestu) nakon 21 min pečenja imao uzorak s dodatkom od 15 % repinih rezanaca (smanjenje udjela vode za oko 2 %). Isti uzorak (s dodatkom 15 % repinih rezanaca) ujedno je imao i najveći udio vode u tijestu prije samog pečenja, a isto tako i u kruhu kao gotovom proizvodu (nakon 21 min pečenja), što je očekivano, obzirom da su repini rezanci bogati vlaknima te se zamjenom brašna s 15 % repinih rezanaca kao sirovine za dobivanje kruha, povećava sposobnost upijanja vode takvog uzorka. Najmanje smanjenje udjela vode imao je uzorak s dodatkom od 5 % repinih rezanaca (smanjenje za oko 0,5 %). Očekivano, najniže vrijednosti udjela vode imao je standardni uzorak, bez dodatka repinih rezanaca.

Rezultati praćenja aktiviteta vode ($a_w$) na slici 6 prikazuju da najveće smanjenje $a_w$ ima uzorak s dodatkom od 5 % repinih rezanaca, a najmanje smanjenje $a_w$ ima uzorak s dodatkom od 15 % repinih rezanaca, koji je imao najvišu vrijednost $a_w$ prije samog pečenja. Najviše vrijednosti aktiviteta vode tijekom cijelog ispitivanja imao je uzorak s dodatkom 15 % repinih rezanaca, a najniže standardni uzorak od čistog pšeničnog brašna.

Slika 7 prikazuje gubitak mase pečenjem u odnosu na početnu masu tijesta nakon 7, 14 i 21 min. Najveći gubitak mase tijekom pečenja bio je kod standardnog uzorka od čistog pšeničnog brašna. Slijedn uzorak s dodatkom 15 % repinih rezanaca. Najmanji gubitak mase pečenjem nakon 7, 14 pa tako i 21 min pečenja imali su uzorci s dodatkom 5 % repinih rezanaca.

Na slikama 8 i 9 prikazana je dinamička promjena gubitka mase pečenjem standardnog uzorka kruha i uzoraka s dodatkom repinih rezanaca (bez obzira na udio), a prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija. Kod standardnog uzorka najveća promjena gubitka mase odvija se u vremenskom intervalu od 7 do 14 min pečenja (7,02 %), dok se najmanja promjena gubitka mase odvija u vremenskom intervalu od 14 do 21 min pečenja (svega 0,95 %). Promjene

gubitka mase pečenjem kod standardnog uzorka se statistički značajno razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ($p<0,5$) u svakom ispitivanom vremenskom intervalu. Prema istom testu, vidimo da kod uzoraka s dodatkom repinih rezanaca u vremenskim intervalima 7 - 14 (3,08 %) i 14 - 21 (3,36 %) min pečenja ne postoji statistički značajna razlika ($p<0,5$). Najveći gubitak mase se pokazao se u vremenskom intervalu od 0 do 7 min pečenja. Usporedbom slike 8 i 9 vidljivo je da su i standardni i kruhovi s dodatkom repinih rezanaca u prvoj trećini ukupnog vremena pečenja (0 - 7 min) imali gotovo iste vrijednosti gubitka mase pečenjem (standardni kruh 4,93 %, a kruh s dodatkom repinih rezanaca 4,92 %).

Iz rezultata praćenja promjene specifičnog volumena prikazanog na slici 10 vidljivo je da najveći porast specifičnog volumena tijekom pečenja pokazuje standardni uzorak, a najmanji porast uzorak s dodatkom 15 % repinih rezanaca, obzirom na početni specifični volumen (nakon 7 min pečenja). Na slici 11 prikazani su rezultati specifičnog volumena svih ispitivanih uzoraka nakon 21 min pečenja (potpuno pečeni uzorci) pri čemu je jasno vidljivo da postoji statistički značajna razlika između standardnog uzorka i uzoraka s dodacima prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ($p<0,5$), te da je najveću vrijednost specifičnog volumena imao standardni uzorak kruha (2,61 mL/g), a najmanju uzorak s dodatkom od 15 % repinih rezanaca (1,65 mL/g). Smanjenje volumena je očekivano, jer je zamjenom pšeničnog brašna repinim rezancima smanjena količina glutena u tim uzorcima, što utječe na smanjenje volumena uzoraka s dodatkom repinih rezanaca.

Rezultati izmjerene **čvrstoće** sredine kruha, vidljivi na slici 12, prikazuju značajno odstupanje uzorka s dodatkom 15 % repinih rezanaca, koji pokazuje najveću čvrstoću, u odnosu na ostale uzorke. Najmanju čvrstoću pokazuje standardni uzorak kruha. Na tablici 4 prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike prikazani su rezultati analize povećanja čvrstoće kruha s različitim udjelom repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak nakon 7,14 i 21 min pečenja, iz čega je jasno vidljivo da je povećanje čvrstoće uzoraka kruha s dodatkom 15 % repinih rezanaca statistički značajno različito prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ($p<0,5$) u odnosu na uzorke s dodatkom 5 % repinih rezanaca nakon svakog ispitivanog vremena pečenja.

Rezultati izmjerenih vrijednosti **kohezivnosti** sredine kruha, vidljivi na slici 13, prikazuju da je najveću kohezivnost pokazao standardni uzorak, a najmanju uzorak s

dodatkom 15 % repinih rezanaca. Statistička analiza značajnosti smanjenja kohezivnosti kruhova s dodatkom repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak prikazana u tablici 5 pokazuje kako je smanjenje kohezivnosti uzoraka s dodatkom 15 % repinih rezanaca statistički značajno različito nakon 7. i 21. minute pečenja u odnosu na uzorak s dodatkom 5 % repinih rezanaca. Uzorci s dodatkom 5 i 10 % repinih rezanaca nisu međusobno pokazali statistički značajno smanjenje kohezivnosti u odnosu na standardni uzorak nakon svakog ispitivanog vremena pečenja.

Na slici 14 prikazane su vrijednosti **otpora pri žvakanju** sredine kruha iz čega je vidljivo da najveći otpor pokazuje kruh s dodatkom od 15% repinih rezanaca, a najmanji standardni uzorak kruha nakon svakog ispitivanog vremena pečenja. U tablici 6 prikazani su rezultati povećanja otpora žvakanju uzoraka kruha s dodatkom repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak. Vidljivo je kako se statistički značajno povećanje otpora žvakanju pokazuje kod uzoraka s dodatkom 15 % repinih rezanaca u odnosu na uzorke s dodatkom 5 i 10 % repinih rezanaca koji se međusobno statistički značajno ne razlikuju.

Iz grafa na slici 15, na kojem su prikazani rezultati vrijednosti **elastičnosti** sredine kruha, vidimo da uzorci s dodatkom repinih rezanaca imaju vrijednosti elastičnosti sredine vrlo blizu vrijednostima standardnog kruha. To potvrđuje i tablica 7 u kojoj su prikazani rezultati statističke analize smanjenja elastičnosti kruha s različitim udjelima repinih rezanaca u odnosu na standardni kruh. Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ($p<0,5$), uzorci s dodatkom repinih rezanaca se nakon 14. i 21. min pečenja međusobno nisu statistički značajno razlikovali u smanjenu elastičnosti u odnosu na standardni uzorak kruha.

U tablici 8 prikazana je korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem svojstva kruha s dodatkom različitog udjela repinih rezanaca nakon 21. minute pečenja (gotov proizvod). U tablici su uspoređeni rezultati određivanja teksture, udjela i aktiviteta vode, te određivanja gubitka mase pečenje I volumena.

Od svih uspoređenih parametara, može se izdvojiti gubitak mase pečenjem koji nije pokazao statistički značajnu korelaciju niti s jednim od ostalih ispitivanih parametara. Udio repinih rezanaca u kruhu je statistički u značajnoj korelaciji s čvrstoćom otpora žvakanju, udjelom i aktivitetom vode, što je očekivan rezultat. Također, udio repinih

rezanaca je u negativnoj korelaciji s kohezivnosti i elastičnosti te specifičnim volumenom, što je također očekivano jer je kod uzoraka s većim udjelom repinih rezanaca manji udio glutena što se odražava na navedene rezultate.

Vrijednosti svjetline (*L**) **korice** kruha kretale su se u rasponu 69,30 - 83,86 za tijesto, 67,13 - 79,11 za uzorke nakon 7 min pečenja, 62,852 - 72,574 za uzorke nakon 14 min pečenja, 61,53 - 65,51 za uzorke nakon 21 min pečenja. Najveće vrijednosti svjetline (najsvjetliji uzorci) zabilježene su kod uzoraka kruha bez dodataka repinih rezanaca, a najmanje vrijednosti svjetline (najtamniji uzorci) kod uzoraka s dodatkom 15 % repinih rezanaca. Povećanjem udjela repinih rezanaca te duljim pečenjem, vrijednosti svjetline su manje (korica kruha je tamnija).

Slika 16 prikazuje rezultate ukupne promjene boje (∆*E*) **korice** kruha tijekom 21 min pečenja, gdje je vidljivo da se vrijednost ukupne promjene boje smanjuju sa povećanjem udjela repinih rezanaca. Uzorci kruha s dodatkom 5 % repinih rezanaca imali su vrijednosti ukupne promjene boje u rasponu 10,30 - 27,95; uzorci kruha s dodatkom 10 % repinih rezanaca u rasponu 5,98-9,28, uzorci kruha s dodatkom 15% repinih rezanaca u rasponu 3,96 - 8,18 u odnosu na kontrolni uzorak kojemu su vrijednosti ukupne promjene boje bile u rasponu 5,41 - 27,95.

Vrijednosti svjetline (*L**) **sredine** kruha kretale su se u rasponu 67,67 - 83,86 za tijesto, 62,29 - 77,37 za uzorke nakon 7 min pečenja, 60,75 - 75,94 za uzorke nakon 14 min pečenja, 58,05 -75,23 za uzorke nakon 21 min pečenja. Najveće vrijednosti svjetline (najsvjetliji uzorci) zabilježene su kod uzoraka kruha bez dodataka repinih rezanaca, a najmanje vrijednosti svjetline (najtamniji uzorci) kod uzoraka s dodatkom 15 % repinih rezanaca. Povećanjem udjela repinih rezanaca te duljim pečenjem, vrijednosti svjetline su manje (sredina kruha je tamnija).

Slika 17 prikazuje rezultate ukupne promjene boje (∆*E*) **sredine** kruha tijekom 21 min pečenja, gdje je vidljivo da se vrijednost ukupne promjene boje povećavaju sa povećanjem udjela repinih rezanaca. Uzorci kruha s dodatkom 5 % repinih rezanaca imali su vrijednosti ukupne promjene boje u rasponu 4,13 - 6,14; uzorci kruha s dodatkom 10 % repinih rezanaca u rasponu 4,42 - 9,29, uzorci kruha s dodatkom 15 % repinih rezanaca u rasponu 5,38 - 9,62 u odnosu na kontrolni uzorak kojemu su vrijednosti ukupne promjene boje bile u rasponu 6,80 - 9,13.

# 6.ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja i analize svih parametara ispitivanih uzoraka standardnog kruha i kruha s dodatkom repinih rezanaca u različitim postotcima doneseni su sljedeći zaključci:

Najveće smanjenje udjela vode tijekom pečenja u odnosu na udio vode u tijestu imao kruh s dodatkom repinih rezanaca od 15 %, dok je najmanje smanjenje udjela vode imao kruh s dodatkom repinih rezanaca od 5 %.

Najveće vrijednosti aktiviteta vode imao je uzorak s dodatkom od 15 % repinih rezanaca, a najmanje standardni uzorka kruha.

Gubitak mase pečenjem najveći je kod standardnog uzorka od čistog pšeničnog brašna, zatim slijedi uzorak s dodatkom od 15 % repinih rezanaca, dok je najmanji gubitak kod uzorka s 5 % repinih rezanaca.

Najveće vrijednost specifičnog volumena imao je standardni uzorak kruha, a najmanje kruh s dodatkom od 15 % repinih rezanaca.

Kruh s dodatkom 15 % repinih rezanaca imao je najveću čvrstoću sredine i najveći otpor pri žvakanju te najmanju kohezivnost i elastičnost sredine u odnosu na sve ostale ispitivane uzorke.

Povećanje čvrstoće sredine kruha i otpora žvakanju uzoraka s dodatkom 15 % repinih rezanaca u odnosu na standardni uzorak se statistički značajno razlikovao od uzoraka s manjim dodatkom repinih rezanaca (5 i 10 %) u svakom ispitivanom vremenu pečenja (nakon 7, 14 i 21 minute pečenja).

Povećanjem udjela repinih rezanaca tamni sredina i korica kruha tj. smanjuje se vrijednost svjetline ($L^*$) tijekom pečenja

Manje vrijednosti ukupne promjene boje korice kruha imali su uzorci sa većim udjelom repinih rezanaca (manji udio repinih rezanaca, tamnija boja korice kruha)

Povećanjem udjela repinih rezanaca, smanjuje se vrijednost ukupne promjene boje sredine kruha (veći udio repinih rezanaca, tamnija boja sredine kruha).

# 7.LITERATURA

1. Arendt, E. K., Zannini, E.: Cerealgrains for the food and beverage industries, Wood head Publishing Limited, CambridgeJ, UK, 2013.
2. Cauvain, S.P., Young, L.S: Technology of breadmaking. Thomson Science, UK, 1998.
3. Chevallier, S. Della Valle, G. Colonna, P. Broyart, B. Trystram: Structural and chemical modification of short dough during baking, Journal of Cereal Science, 2002.
4. Đaković,Lj: Pšenično brašno. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.
5. GraphoMetronic. Color + QualityPart 3: Colorsystems. URL: http://www.graphometronic.com/content/en/TechNotes/index.html(15.07.2014)
6. 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.
7. Ilić, V: Osnovi tehnologije pekarstva, Priručnik za stručno obrazovanje pekarski kadrova, Izdanje udruženja industrije za proizvodnju i preradu brašna Jugoslavije. Beograd, 1959.
8. 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.
9. Kent, N.L., Evers, A.D.: *Technology of cereals* . Elsevier ScienceLtd., U.K., 1994.
10. Koehler P., Wieser, H.: Chemistry of Cereal Grains. u Hand book of Sourdough Biotechnology, Gobbetti, M., Gänzle M. (ur.), Springer, New York, 2013.
11. Mata YN, Blázquez ML, Ballester A, González F, Muñoz JA: Sugar-beet pulp pectin gels as biosorbent for heavy metals: Preparation and determination of biosorption and desorption characteristics. Chemical Engineering Journal, 2009.
12. MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini i proizvodima od tijesta, NN br. 78/2005.

13. MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, NN br. 47/2008.
14. 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.
15. Owens, G.: Cereals processing technology. Wood head Publishing Limited, Cambridge, England, 2001.
16. Özboy Ö, Köksel H: Effects of sugar beet fiber on spaghetti quality. Zuckerindustrie, 125:248–250, 2000.
17. Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta, NN 72/11
18. Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta (»Narodne novine« br. 78/05, 135/09 i 86/10)
19. 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.
20. Rouilly A, Geneau-Sbartaï C, Rigal L: Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. III. Study of extruded films improvement with various plasticizers and cross-linkers. Bioresource Technology, 100:3076–3081, 2009
21. Schieber A, Stintzing FC, Carle R: By-products of plant food processing as a source of functional compounds — Recent developments. Trends in Food Science & Technology, 2001.
22. Stanley P.Cauvain, Bakery food manufacture and quality : water control and effects / Stanley P. Cauvainand Linda S. Young, 2008.
23. Šimundić, B., Jakovlić, V., Tadejević, V.: *Poznavanje robe - živežne namirnice s osnovama tehnologije i prehrane*, Tiskara Rijeka d.d., Rijeka 1994.
24. 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.
25. Yapo BM, Robert C, Etienne I, Wathelet B, Paquot M: Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. Food Chemistry, 2007.

26. Zheng Y, Lee C, Yu C, Cheng YS, Zhang R, Jenkins BM, VanderGheynst JS: Dilute acid pretreatment and fermentation of sugar beet pulp to ethanol. Applied Energy, 2013.