

# Promjene kvalitativnih svojstava čajnog peciva od pšeničnog brašna nakon skladištenja

---

Petrović, Manja

Master's thesis / Diplomski rad

2014

*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:109:174855>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-19**

REPOZITORIJ

PTF

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Manja Petrović**

**PROMJENE KVALITATIVNIH SVOJSTAVA ČAJNOG  
PECIVA OD PŠENIČNOG BRAŠNA NAKON SKLADIŠTENJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, studeni, 2014**

**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: Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda  
**Tema rada** je prihvaćena na IX. sjednici Odbora za završne i diplomske ispite Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 12. lipnja 2014.  
**Predlagatelj teme, mentor:** izv. prof. dr.sc. Daliborka Koceva Komlenić  
**Komentor:** doc. dr. sc. Sandra Budžaki  
**Pomoć pri izradi:** Anđa Kuleš, stručni suradnik

**PROMJENE KVALITATIVNIH SVOJSTAVA ČAJNOG PECIVA OD PŠENIČNOG BRAŠNA NAKON  
SKLADIŠTENJA**

*Manja Petrović, 183-DI/12*

**Sažetak:**

Cilj diplomskog rada bio je odrediti promjene kvalitativnih svojstava čajnih peciva od pšeničnog brašna dobivenih u laboratorijskim uvjetima, nakon skladištenja. U eksperimentalnom dijelu rada promatran je utjecaj temperature (180 °C, 205 °C, 230 °C) i različitog udjela natrijevog hidrogenkarbonata te šećera različite granulacije na kvalitativna svojstva čajnih peciva. Na svim uzorcima čajnog peciva provodila se analiza teksture proizvoda pomoću analizatora teksture, a boja je mjerena pomoću Minolta Chroma Metera-a. Nakon pečenja provedena su mjerenja dužine, visine čajnih peciva, te je određen aktivitet i udio vode. Sve analize su ponovljene nakon tri mjeseca skladištenja čajnog peciva pri sobnoj temperaturi u PVC vrećicama. Rezultati analize pokazali su da je udio i aktivitet vode najmanje promjenjen kod čajnog peciva s najvećim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata, dok najveću čvrstoću ima čajno pecivo s najnižim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata. Čajno pecivo pečeno pri najnižoj temperaturi (180 °C) ima najveću promjenu aktiviteta vode i udjela vode.

Rezultati analize teksture pokazali su da najveću čvrstoću imaju čajna peciva s najvećom granulacijom šećera u zamjesu, dok uzorci s najmanjom granulacijom šećera pokazuju najveću lomljivost nakon skladištenja. Čajna peciva pečena na 230 °C imaju najveću dužinu nakon skladištenja.

**Ključne riječi:** čajno pecivo, tekstura, temperatura, natrijev hidrogenkarbonat, skladištenje

**Rad sadrži:**

|    |                        |
|----|------------------------|
| 49 | Stranica               |
| 27 | Slika                  |
| 14 | Tablica                |
| 26 | Literaturnih referenci |

**Jezik izvornika :** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

1. izv.prof.dr.sc. Marko Jukić - predsjednik
2. izv. prof.dr.sc. Daliborka Koceva-Komlenić – član, mentor
3. doc.dr.sc. Sandra Budžaki – član, komentor
4. doc.dr.sc. Jasmina Lukinac Čačić – zamjena člana

**Datum obrane:** 14. studenoga, 2014.

**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 Osijek**  
**Subdepartment of Technology of production and processing of flour**  
Franje Kuhače 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 Board for Final and Graduate Exams of the Faculty of Food Technology at its session no IX held on Jun, 12<sup>th</sup> 2014.

**Supervisor:** PhD. Daliborka Koceva-Komlenić, associate prof.

**Cosupervisor:** PhD Sandra Budžaki, assistant prof.

**Quality changes of wheat flour cookies after storage**

*Manja Petrović, 183-DI/12*

**Summary**

The aim of this master's thesis was to determine changes in the qualitative properties of biscuits made from wheat flour obtained in the laboratory conditions after storage. In the experimental part of the work were observed effects of temperature (180 °C, 205 °C, 230 °C) and various content of sodium bicarbonate and sugar at various grain quality characteristics of biscuits .

For all cookies samples texture analysis was carried out using a texture analyzer, and the color was measured using a Minolta Chroma Meter. After baking the tested samples were carried out measurements of cookies width and thickness as well as water activity and moisture content. All analysis was repeated after three months storage of cookies at the room temperature in plastic bags. Results of the analysis showed that the proportion of the water activity at least changed in cookies with the largest proportion of sodium bicarbonate, while the greatest strength have cookies with the lowest proportion of sodium bicarbonate. A cookie baked at the lowest operating temperature (180 °C) has the largest change in water activity and water content. The results of texture analysis showed that the greatest strength have cookies prepared with the highest grit of sugar, while the samples prepared with the lowest grit of sugar show the highest brittleness after storage. Cookies baked at 230 °C have a maximum width after storage.

**Key words:** cookies, texture, temperature, sodium hydrogen carbonate, storage

**Thesis contains:**

|    |            |
|----|------------|
| 49 | Pages      |
| 27 | Figures    |
| 14 | Tables     |
| 26 | References |

**Original in:** Croatian

**Defense committee:**

1. PhD Marko Jukić, associate prof. – chair person
2. PhD Daliborka Koceva-Komlenić, associate prof. - supervisor
3. PhD Sandra Budžaki, assistant prof. - cosupervisor
4. PhD Jasmina Lukinac Čačić, assistant prof. – stand-in

**Defense date:** November, 14<sup>th</sup> 2014.

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

## Popis oznaka, kratica i simbola

|            |                                                                 |
|------------|-----------------------------------------------------------------|
| AACC       | Approved methods of the American Association of Cereal Chemists |
| MPŠVG      | Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva     |
| $\Delta E$ | promjena boje čajnog peciva                                     |
| $m_0$      | masa uzorka prije sušenja [g]                                   |
| $m_1$      | masa uzorka nakon sušenja [g]                                   |
| $W_v$      | udio vode (vlage) [%]                                           |
| S800       | šećer s veličinom kristala <800 $\mu\text{m}$                   |
| S1000      | šećer s veličinom kristala >1000 $\mu\text{m}$                  |
| SP         | šećer u prahu                                                   |

## Sadržaj

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. UVOD .....                                                           | 1   |
| 2. TEORIJSKI DIO .....                                                  | 2   |
| 2.1. Čajno pecivo .....                                                 | 2   |
| 2.2. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva .....                        | 3   |
| 2.2.1. Brašno .....                                                     | 3   |
| 2.2.2. Voda .....                                                       | 6   |
| 2.2.3. Masnoće .....                                                    | 7   |
| 2.2.3.1. Biljna mast ( <i>shortening</i> ) .....                        | 7   |
| 2.2.3.2. Maslac .....                                                   | 8   |
| 2.2.4. Šećeri .....                                                     | 9   |
| 2.2.5. Sredstva za narastanje .....                                     | 9   |
| 2.2.5.1. Ostali dodaci .....                                            | 10  |
| 2.3. Proces proizvodnje čajnog peciva .....                             | 11  |
| 2.3.1. Skladištenje sirovina .....                                      | 11  |
| 2.3.2. Predpriprava sirovina .....                                      | 11  |
| 2.3.3. Odvaga i dodavanje po recepturi .....                            | 11  |
| 2.3.4. Zamjes tijesta .....                                             | 12  |
| 2.3.5. Oblikovanje .....                                                | 12  |
| 2.3.6. Pečenje .....                                                    | 13  |
| 2.3.7. Hlađenje .....                                                   | 14  |
| 2.3.8. Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda .....                 | 14  |
| 2.4. Tekstura .....                                                     | 14  |
| 2.5. Boja .....                                                         | 15  |
| 2.5.1. Određivanje boje pomoću kromometra .....                         | 155 |
| 2.5.2. Određivanje boje pomoću sustava za računalnu analizu slike ..... | 157 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO .....                                            | 158 |
| 3.1. Zadatak .....                                                      | 18  |
| 3.2. Materijal i metode .....                                           | 18  |

|        |                                                                   |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.   | Proces proizvodnje čajnog peciva.....                             | 18 |
| 3.4.   | Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnih peciva .....            | 19 |
| 3.5.   | Ispitivanje boje čajnog peciva .....                              | 23 |
| 3.6.   | Određivanje udjela vode u čajnom pecivu.....                      | 23 |
| 3.7.   | Određivanje aktiviteta vode u čajnom pecivu .....                 | 23 |
| 3.8.   | Statistička analiza .....                                         | 23 |
| 4.     | REZULTATI .....                                                   | 24 |
| 4.1.   | Rezultati određivanja udjela i aktiviteta vode.....               | 24 |
| 4.2.   | Rezultati određivanja teksture čajnog peciva .....                | 29 |
| 4.3.   | Rezultati određivanja širine (d) i visine (h) čajnih peciva ..... | 35 |
| 4.4.   | Rezultati određivanja boje čajnog peciva .....                    | 41 |
| 4.4.1. | Ukupna promjena boje ispitivanih uzoraka.....                     | 41 |
| 5.     | RASPRAVA .....                                                    | 43 |
| 6.     | ZAKLJUČCI .....                                                   | 47 |
| 7.     | LITERATURA .....                                                  | 48 |

## **1.UVOD**

Čajno pecivo je prehrambeni proizvod uglavnom dobiven od brašna, šećera i masnoće. Obično ima udio vlage niži od 4% i pakirano je u odgovarajuću ambalažu te ima dug vijek trajanja. Proizvodi se u raznim oblicima, veličinama, a može biti s različitim preljevima ili dodacima. Tradicionalni je proizvod i tipični predstavnik poslastica od brašna koje se proizvode kako u tvornicama tako i u domaćinstvima. U industrijskoj proizvodnji primjenjuju se visokotehničke tehnološke mjere, no postoji tek nekoliko potpuno automatiziranih linija za proizvodnju čajnog peciva. Vrlo je bitna uloga tehnologa u kontroli i vođenju proizvodnog procesa, njegov visok stupanj znanja o sastojcima i njihovom utjecaju na samu proizvodnju čajnog peciva, mogućnost varijacije u kvaliteti, te kontrola kvalitete gotovog proizvoda.

U izradi ovog diplomskog rada pratile su se promjene kvalitativnih svojstava čajnog peciva prije i nakon skladištenja. Uzorci čajnih peciva proizvedeni su u laboratorijskim uvjetima, a razlikovali su se s obzirom na temperaturu pečenja, dodanu količinu natrijevog hidrogenkarbonata i granulaciju šećera. Pratile su se promjene udjela i aktivitet vode, dužine i visine, teksture te boje uzorka čajnih peciva prije i nakon skladištenja pri sobnoj temperaturi u PVC ambalaži.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. Čajno pecivo

Čajno pecivo je proizvod dobiven pečenjem oblikovanog masnog tijesta, a sadrži najmanje 10% masnoće, izraženo na gotov proizvod s najviše 5% vode (MPŠVG NN 73/05). To je tradicionalni proizvod koji se i danas može praviti u domaćinstvima. U industrijskim uvjetima formiranje, pečenje i pakiranje su većinom kontinuirane aktivnosti dok se vaganje sastojaka i zamjes tijesta obično provodi u serijama. Postoje dvije vrste zamjesa tijesta: tvrdi i meki. Razlika je u količini vode koja se dodaje da bi tijesto imalo zadovoljavajuću kvalitetu za rukovanje tijekom izrade proizvoda. Tvrdi zamjes tijesta ima više vode i relativno malo masnoće (i šećera), čvrsto je, tvrdo i rastezljivo (može se rastezati, a da ne dođe odmah do pucanja). Meka tijesta sadrže mnogo manje vode i relativno visoke udjele masnoće i šećera. Takvo tijesto lako puca što znači da mu je rastezljivost mala. Oprema koja se koristi za proizvodnju čajnog peciva prilagođena je tipu tijesta, razvijanju strukture proizvoda i odgovarajućem obliku pojedinačnog čajnog peciva. (Manley, 2000.)

Prema načinima oblikovanja čajnih peciva razlikujemo:

- prešano čajno pecivo,
- rezano čajno pecivo,
- oblikovano (formirano) čajno pecivo, i
- dresirano (istisnuto) čajno pecivo

Svaka podskupina čajnih peciva razlikuje se po izgledu. Površina čajnog peciva može biti glatka pa sve do jako hrapava, sjajna ili bez sjaja, no ono što im je zajedničko su sirovine. Sirovine u sastavu tijesta za čajno pecivo su prvenstveno u funkciji reoloških svojstava tijesta predviđenog za određenu mehaničku obradu dok su funkcionalna svojstva sirovina povezana s kvalitetom sirovina. Sirovine se mogu podijeliti u dvije skupine: osnovne i dodatne sirovine. Osnovne sirovine su brašno koje tijekom zamjesa dolazi u kontakt s ostalim osnovnim sirovinama: vodom, masti i šećerom. Od dodatnih sirovina veliku ulogu imaju sredstva za narastanje jer mijenjaju pH sredine tijesta i važni su u formiranju strukture proizvoda tijekom pečenja. Osim sredstava za narastanje, od dodatnih sirovina u proizvodnji čajnih peciva mogu se koristiti i aditivi, te jaja i med koji često mogu značajno utjecati na reološka svojstva tijesta. (Gavrilović, 2011).

Koje će sirovine biti upotrebljene u proizvodnji ovisit će o recepturi za pojedino čajno pecivo. Na tržištu je dostupna široka lepeza čajnih peciva, bilo da je riječ o čajnim pecivima s dodacima, čajnim pecivima s preljevima od kakaa, čokolade ili šećernim preljevima. Postoje čajna peciva koja se mogu puniti punilima, ukrašavati ili dorađivati. (Manley, 2000.)

## 2.2. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva

### 2.2.1. Brašno

Kvaliteta brašna je jedna od mjerljivih svojstava koje su u praksi značajne za kvalitetu krajnjih proizvoda. Elementarna definicija kvalitete brašna je sposobnost brašna da se iz njega mogu proizvesti privlačni krajnji proizvodi pod povoljnijim financijskim uvjetima, u određenim uvjetima proizvodnje krajnjih proizvoda, i da uz to ta brašna budu ujednačene kvalitete. Udio i kvaliteta proteina se uzimaju kao primarni faktori pri mjerenju potencijalne sposobnosti brašna za proizvodnju željenih krajnjih proizvoda. Kvantitativno izražavanje predstavlja ukupan udio proteina, izražen preko dušika prisutnog u brašnu, dok kvalitativno određivanje predstavlja specijalna svojstva komponente glutena. (Đaković, 1997 )

Tehnološka kvaliteta brašna, prehrambena vrijednost, kemijski sastav i zdravstveno stanje određuje se nizom kemijskih, fizikalnih, mikrobioloških, reoloških i drugih analitičkih metoda. (Kent i Evers, 1994.). Kod proizvodnje čajnih peciva najčešće korištena brašna su pšenično brašno T-400 i T-550. Vrlo bitna značajka je i granulacija brašna. Izbor brašna po granulometrijskom sastavu ovisi o sirovinskom sastavu tijesta i načinu mehaničke obrade. Takva pšenična brašna imaju nizak udio proteina i brašnastu strukturu te imaju veću granulaciju nego brašna za tvrdi keks, a razlog tomu je što upotrebom čestica veće veličine i brašna s niskim udjelom proteina smanjuje se moć upijanja. (Gavrilović, 2011.)

Brašno se dobiva procesom mljevenja pšeničnog zrna. 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 |

Voda, proteini, škrob, masti, pentozani i šećeri najznačajniji su sastojci koji utječu na kvalitetu brašna tijekom tehnološke prerade. Prosječni kemijski sastav brašna za određeni stupanj izmeljavanja dobiven je mljevenjem raznih smjesa pšenice.(Đaković. 1980.)

Škrob je količinski glavna komponenta pšeničnog zrna. Tijekom sazrijevanja zrna pšenice, biljka stvara rezervnu hranu u obliku škroba za novu sjemenku. Udio škroba u brašnu ovisi o udjelu škroba u pšenici i o stupnju izmeljavanja i obrnuto je proporcionalan udjelu proteina, pa brašno bogato proteinima ima manje škroba, a brašno siromašno proteinima ima više škroba. Celuloza je strukturni polisaharid staničnih membrana viših biljaka i nije od posebnog značaja u proizvodima dobivenim mljevenjem pšenice jer nije probavljiva u ljudskom organizmu, a u brašnu se ponaša inertno. Ukupni udio šećera, ali i zastupljenost pojedinog šećera u pšenici mijenja se ovisno o sorti pšenice kao i o uvjetima razvoja. Udio šećera u klici je 16,2-16,9%, dok je ukupni udio šećera u omotaču oko 5% (Đaković, 1997.)

#### *Hemicelulozne tvari i pentozani*

Hemiceluloza i pentozani obuhvaćaju ne škrobni i ne celulozni polisaharidni dio biljke. Polisaharidi koji za osnovnu jedinicu imaju pentoze dijelimo na pentozane koji su topljivi i one koji nisu topljivi u vodi. Hemicelulozne tvari su pentozni polisaharidi ne topljivi u vodi, dok su pentozani pentozni polisaharidi topljivi u vodi. Topljivi i netopljivi pentozani imaju razgranatu strukturu koja im omogućuje da na sebe vežu veliku količinu vode, što znači da pentozani povećavaju moć apsorpcije vode brašna, povećavaju viskoznost tijesta i zadržavaju vodu u proizvodima od brašna, te usporavaju sklonost ka starenju pekarskih proizvoda. (Hoseney, 1994.) Uloga pentozana u reološkim svojstvima tijesta je malo poznata.

#### *Lipidi*

Brašno sadrži male količine masti, ali njihova funkcionalna svojstva u brašnu su od posebnog značaja za tehnološku kvalitetu brašna. Masti u brašnu su u velikoj mjeri trigliceridi, velik udio čine složeni fosfolipidi i glikolipidi, zbog čega se masti brašna nazivaju lipidima. U sastavu triglicerida su uglavnom palmitinska, oleinska, linolna i linoleinska kiselina.

Trigliceridi i ostali nepolarni lipidi djeluju kao omekšivači i utječu na konzistenciju tijesta. Oni grade kompleksne spojeve sa škrobom tijekom termičke obrade tijesta. Neki polarni fosfolipidi grade također kompleksne spojeve sa amilozom na isti način tijekom toplinske obrade tijesta.

Fosfolipidi i glikolipidi se preko svojih hidrofilnih i hidrofobnih skupina povezuju sa proteinima i škrobom brašna, te utječu na njihovu pokretljivost i savitljivost. Fosfolipid lecitin koji se nalazi u sastavu lipida brašna u udjelu 10-20%, utječe povoljno na gluten, tako da zadrži više plinova u

tijestu, pri čemu proizvod dobiva veći volumen i bolju teksturu. Glikolipidi povoljno utječu na povećanje volumena proizvoda.

Polarni lipidi s proteinima grade lipoproteine koji se nalaze u sastavu endosperma i pšenične klice. Oni utječu na plastična svojstva glutena, što se primjeti na plastično elastičnim svojstvima tijesta. Brašno iz kojeg se ekstrahiraju lipidi daju tijesto koje je manje rastezljivo i daje veći otpor rastezanju. (Gavrilović, 2003.)

U lošim uvjetima sušenja pšenice, mljevenja ili skladištenja, lipidi brašna podliježu procesima hidrolize lipida i procesima oksidacije. Kvarenje lipida brašna podrazumijeva i kvarenje brašna, a posljedice kvarenja odražavaju se u povećanju kiselinskog stupnja, užeglom mirisu ili gorkom okusu brašna.

### *Proteini*

Proteini su složeni kemijski spojevi velike molekulske mase i glavna komponenta za određivanje kvalitete brašna u pšeničnom zrnju. U zrnju pšenice su različito zastupljeni i u omotaču zrna pšenice ih ima oko 15%, dok je u klici udjel proteina između 17% i 27%. U endospermu, ovisno o vrsti pšenice, ima 5-16% proteina, iako unutar endosperma udjeli proteina rastu od centra prema aleuronskom sloju. (Hoseney, 1994. )

Proteini pšenice, odnosno proteini brašna, sastoje se od albumina, globulina, prolamina (gliadin) i glutelina. (glutenin). Albumini i globulini čine 15-20% ukupnih proteina pšenice. Gliadin i glutenin se nazivaju proteini glutena i čine 80-85% ukupnih proteina pšenice. Zahvaljujući prolaminu i glutelinu pšenica se razlikuje od ostalih žitarica. (Gavrilović, 2003.)

### *Pigmenti*

Pšenica sadrži značajne količine žućkastih pigmenata karotenoida. Glavni su pigment ksantofilni pigment lutein i njegovi esteri, s manjim udjelima (2-12%)  $\beta$ -karotena. Flavoni poput tricina i razgradni produkti klorofila su također prisutni. Međutim, pšenice različitog podrijetla, uvjeta uzgoja i sorte daju brašna s različitim sadržajem pigmenata. Ova varijabilnost uzrokuje probleme u proizvodnji bijelog brašna i tjestenine. Karoteni imaju provitaminsku aktivnost i podložni su procesima oksidacije, a najveću aktivnost posjeduje  $\beta$ -karoten. Glavni pigment flavona je tricin, koji je gotovo netopljiv u vodi dok su njegovi glikozidi topljivi.

Pigmenti su nosioci boje različitog kemijskog sastava. Procjena boje brašna provodi se na temelju spektrofotometrijskog mjerenja ekstrakata, pomoću  $\beta$ -karotena kao standarda. (Cornell, H. J. i Hoveling, A.W. 1998. )

### *Mineralne tvari*

Za mineralne tvari je bitno spomenuti da su to tvari koje potpomažu mnogobrojne vitalne funkcije u organizmu, te imaju bitnu ulogu u prehrani. Glavne mineralne tvari potrebne organizmu su natrij, kalij, kalcij, magnezij, željezo, klor, sumpor i fosfor, dok mineralne tvari koje su prisutne u brašnu su fosfor, kalij, magnezij i kalcij. (Anglani, 1998.)

Najviše minerala se nalazi u omotaču zrna i aleuronskom sloju, a najmanje u endospermu. Razlika u udjelu mineralnih tvari u pojedinim dijelovima zrna služi za određivanje tipa brašna i dokazivanje porijekla brašna. Određivanje udjela mineralnih tvari u brašnu provodi se metodom spaljivanja uzorka nakon čega zaostaje bijeli prah, koji predstavlja pepeo. Pepeo čine oksidi natrija, kalija, fosfora i dr. (Ugarčić-Hardi, Ž i sur., 2009.)

Mineralne tvari imaju značajnu ulogu u prehrani i tamnija brašna koja su bogatija mineralnim tvarima imaju i veću nutritivnu vrijednost. (Anglani, 1998.)

### **2.2.2. 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, NN 47/08). Tijekom tehnološke proizvodnje određenih proizvoda koristi se voda koja mora biti bezbojna, bez okusa i mirisa, a ako dođe do povećanja kiselosti vode ili su prisutni ostaci amonijaka, znači da je došlo do onečišćenja vode uslijed razgradnje organskih materijala, te se takva voda ne smije upotrebljavati u prehrambenoj industriji, pa tako niti u proizvodnji čajnih peciva. Ukoliko je tvrdoća vode prevelika, koriste se ionski izmjenjivači, dok se za uklanjanje mehaničkih nečistoća koristi filtracija. Voda je u tijestu prisutna u slobodnom i vezanom obliku. Količina slobodne vode u tijestu regulira viskoelastična svojstva tijesta. Tijekom zamjesa proteini glutena bubre, sve dok se ne postigne ravnoteža između osmotskog tlaka i tlaka između micela glutena. Tijekom bubrenja, proteini glutena formiraju prostornu molekulsku rešetku ispunjenu suspenzijom hidratiziranog škroba. Prisustvo masti i šećera, koje tijekom zamjesa u interakcijama sa brašnom i vodom, ograničava količinu vode na način da utječe na promjenu osmotskog tlaka i na predviđenu konzistenciju tijesta. Pri određenom sirovinskom sastavu brašno je sposobno stvoriti tijesto s minimalnim udjelom vode kao i s udjelom vode većim od vrijednosti za moć upijanja vode brašna. U slučaju kada tijesto sadrži masti oko 0,2 g/g suhe tvari brašna i šećer oko 0,3 g/g suhe tvari brašna, udio vode odgovara dobivanju sitno grudicaštog tijesta potrebnog prilikom oblikovanja formiranog čajnog peciva. (Gavrilović, 2003.)

### 2.2.3. Masnoće

Mast je vrlo hranjiva i koncentrirani je izvor energije ljudske prehrane. U proizvodnji čajnih peciva mogu se koristiti različite masnoće, bilo da su prirodne, hidrogenirane ili emulgirane.

Poznato je da uz brašno glavne sirovine kod proizvodnje čajnih peciva su masnoće i šećer.

Masti i ulja su esteri zasićenih i nezasićenih viših masnih kiselina i glicerola. Prema kemijskom sastavu dijele se na tvrde (masti), tekuće (ulje) i masnoće mazive konzistencije, a prema porijeklu na životinjske i biljne. U sastavu masti prevladavaju zasićene masne kiseline, palmitinska i stearinska, dok su u uljima pretežno nezasićene, najčešće oleinska.

#### 2.2.3.1. Biljna mast (shortening)

U tijestu od brašna, vode i masnoće, masnoća je raspodijeljena u tankim slojevima i povezana preko svojih hidrofobnih veza sa hidrofobnim vezama proteina brašna. Prirodni polarni lipidi brašna stupaju u interakcije sa prirodnim polarnim lipidima masnoće i stvaraju lipoproteine. Lipoproteini formiraju plastično-elastična i elastično-plastična svojstva tijesta. Masnoća ima sposobnost reguliranja ponašanja tijesta preko svojstva plastičnosti i sposobnosti apsorpcije mjehurića zraka. Nepolarni trigliceridi masnoća djeluju kao omekšivač i utječu na konzistenciju tijesta. (Gavrilović, 2000). Plastična svojstva pecivih masnoća imaju važnu funkciju tijekom zamjesa tijesta. Čvrsta faza triglicerida utječe na smanjenu čvrstoću strukturne organizacije kompleksa glutena dok tekuća faza triglicerida utječe na pokretljivost tijesta. Unošenjem masnoće u tijesto prekida se kontinuitet škrobne i proteinske faze. Masnoća smanjuje skupljanje tijesta tijekom mehaničke obrade jer smanjuje napetost koja dovodi do deformacije oblikovanog komada tijesta. Tijekom zamjesa tijesta bitan je redosljed dodavanja masnoće i vode. Dokazano je kako istovremeno dodavanje masnoće i vode brašnu doprinosi optimalnom razvoju tijesta. Tijekom zamjesa, voda i masnoća su istovremeno u dodiru sa sastojcima brašna. Masnoća se raspodjeljuje, te vodi omogućava pristup i hidrataciju proteina i škroba. S razvojem topline tijekom zamjesa, dio masnoće s obzirom na plastična svojstva (pogotovo shortening) sporo prelazi u tekuću fazu, što povoljno utječe na proces hidratacije. Međutim, u slučaju da masnoća nije dovoljno plastična, otapa se rastom topline tijekom zamjesa. Tekuća faza se raspoređuje po površini čestica brašna i time sprječava vodu da dođe u kontakt s brašnom, pa je usporeno bubrenje proteina glutena. Uslijed migracije tekuće faze tijesto je masno u usporedbi s tijestom zamješanim sa shorteningom. Zahvaljujući ulozi pecive masnoće, poboljšavaju se svojstva visko-elastičnog sustava tijesta u keksarstvu; ono dobiva mekšu konzistenciju, zahtijeva manju energiju tijekom zamjesa i zbog smanjenih napetosti mehanički

se lakše obrađuje. U tijestu je masnoća u kontaktu s enzimima brašna, sredstvima za narastanje, kiselinama i drugim sirovinama i manjom ili većom količinom vode. Upravo zato je tijesto sredina u kojoj može doći do kemijske promjene masti u procesima hidrolize ili oksidacije. Posljedica toga je kvarenje masnoće te istovremeno kvarenje samog proizvoda, tj. čajnog peciva. Kako bi se spriječilo neželjeno kvarenje proizvoda, masnoća treba imati potrebnu stabilnost i sposobnost održivosti tijekom čitavog tehnološkog procesa proizvodnje i trajnosti čajnih peciva i drugih srodnih proizvoda. Kemijska svojstva masnoće se tijekom zamjesa, obrade i pečenja ne smiju mijenjati. (Gavrilović,2000.)

### **2.2.3.2. Maslac**

Maslac je proizvod koji se dobiva izdvajanjem mliječne masti iz masne faze mlijeka - vrhnja. Prema Pravilniku o mazivim mastima (MPŠVG, NN br.41/2012), mliječne masti su proizvodi u obliku krute, plastične emulzije dobiveni isključivo od mlijeka ili drugih mliječnih proizvoda. Maslac je visokoenergetski proizvod čiji je udio mliječne masti najmanje 80%, a najviše 90%, udio vode najviše 16% te udio bezmasne suhe tvari mlijeka najviše 2%. (Maslac se može proizvesti bez soli i s dodatkom soli, te bez boje i s dodatkom boje.) Proces proizvodnje maslaca obuhvaća tri faze. Prva faza je proizvodnja vrhnja koja uključuje obiranje mlijeka i standardizacija udjela mliječne masti u vrhnju. Druga faza proizvodnje je obrada vrhnja koja uključuje pasterizaciju i zrenje vrhnja, a treća faza prerada vrhnja u maslac uz odvajanje stepke ili mlaćenice. Maslac se može proizvoditi diskontinuiranim i kontinuiranim postupkom. Diskontinuirani postupak je stariji i u tom se postupku maslac proizvodi iz slatkog i iz kiselog vrhnja aglomeracijom masnih globula. Kontinuirani postupak proizvodnje maslaca je noviji postupak i u njemu se koristi pretežno slatko vrhnje a podrazumijeva konstantan ulaz vrhnja u uređaj za proizvodnju i konstantan izlaz proizvoda – maslaca. Kontinuiranim postupkom maslac se može proizvoditi aglomeracijom masnih globula, ali se može proizvoditi i postupkom koncentriranja masnih globula do 80%.

Pri jednom broju 32-37 konzistencija maslaca je optimalna. Ljeti je u mliječnoj masti veći udio masnih kiselina niske točke topljenja pa je maslac mekši, a zimi je u masti veći udio masnih kiselina visoke točke topljenja pa je maslac tvrdi. Maslac prihvatljive konzistencije može se proizvesti kada dominiraju čvrste masti (jodni broj niži od 28) ili mekane masti (jodni broj viši od 42), ali je postupak zrenja drugačiji. Energetska vrijednost 100 g maslaca iznosi oko 700 kcal (3000 kJ). Sadrži vitamine topljive u mastima kao što su A, D, E i K, te provitamin vitamina A,  $\beta$ -karoten, od kojeg upravo potječe žuta boja maslaca. Maslac u 100 g sadržava i 4 mg beta-sitosterola, koji ima važnu ulogu u reduciranju razine kolesterola u krvi, a koristi se i u tretmanima za liječenje raka dojke i prostate. Maslac se čuva pri temperaturi 4-5 °C do mjesec

dana. Može se i zamrznuti pa mu se tako vijek trajanja značajno produžuje. Važno je izbjeći kontakt maslaca sa zrakom i svjetlom kako ne bi došlo do neželjenih promjena. (Tratnik, 2012.)

U keksarskoj industriji maslac je svakako najpopularnija masnoća, ali zbog svoje visoke cijene koristi se isključivo u proizvodnji visokokvalitetnih keksarskih proizvoda.

#### **2.2.4. Šećeri**

Pod nazivom šećer često se misli na saharozu dobivenu iz šećerne repe ili šećerne trske. Saharoza je nereducirajući disaharid, kojemu su glavne jedinice glukoza i fruktoza. Glukoza i fruktoza međusobno su povezane karbonilnim skupinama. (Afoakwa, E. O., 2010.)

Uobičajeno je da sirovi šećer sadrži 95% saharoze dok se u konzumnom rafiniranom šećeru nalazi približno 99,8% saharoze. Konzumni bijeli šećer sadrži najmanje 99,6% saharoze. (Mičić, 1976).

Tijekom zamjesa tijesta saharozu smanjuje osmotsku aktivnost vode, proteini glutena sporije bubre, pa je proces oblikovanja tijesta sporiji. Tijekom zamjesa se pojavljuju jaki otpori, što se može prikazati farinogramom. Prisutnost saharoze u udjelu 15-30% na brašno u tijestu utječe na dobivanje manje količine izdvojenog glutena. Ako je u tijestu udio vlage ispod 25% preferira se upotreba šećera u prahu, čija je maksimalna veličina čestica 100 µm. Prednost šećera je u prahu je brže otapanje tijekom zamjesa tijesta. Fino samljeveni šećer u prahu, sa česticama maksimalne veličine od 30 µm upotrebljava se pri izradi masnih punjenja, jer masna punjenja ne smiju biti pjeskovita prilikom žvakanja. U masnom punjenju za čajna peciva mast se raspodjeljuje po površini čestica šećera i dodataka, sprječava upijanje vlage i rekristalizaciju šećera. Prisustvo saharoze usporava bubrenje škroba, povećava pokretljivost tijesta odnosno smanjuje viskozitet tijesta. (Gavrilović, 2000.)

#### **2.2.5. Sredstva za narastanje**

Kemijska sredstva za narastanje su nezamjenjivi dodaci u zamjesu tijesta za keks. Pekarski kvasac je nazaobilazni dodatak u zamjesu tijesta za keks u kojem se odvijaju procesi fermentacije.

Kod proizvodnje keksova i srodnih proizvoda, kao aditivi upotrebljavaju se kemijska i biokemijska sredstva za narastanje tijesta. Biokemijsko sredstvo za narastanje tijesta je pekarski kvasac (*Saccharomyces cerevisiae*), dok najčešće upotrebljavana kemijska sredstva su amonijev hidrogenkarbonat i natrijev hidrogenkarbonat (natrijev bikarbonat). Uloga kemijskih sredstava za narastanje tijesta u zamjesu tijesta kod keksova je višestruka. Kemijska sredstva mijenjaju pH

sredine tijesta, sprječavaju ljepljivost tijesta, utječu na promjenu reoloških svojstava tijesta te je zbog svega toga moguće stanjivanje pojedinog tijesta tijekom mehaničke obrade. Promjene reoloških osobina tijesta su posljedica djelovanja alkalnih soli na proteine i škrob brašna. Nastaje djelomična denaturacija globularnih proteina i promjene u strukturi amiloze, što dovodi do sporijeg bubrenja škroba. (Gavrilović, 2003.)

Koncentracija kemijskih sredstava za narastanje u tijestu za keks ovisi od sirovinskog sastava tijesta; tijesta za keks imaju pH od 7 do 9 i jedan od ograničavajućih faktora za udjel natrijevog hidrogenkarbonata je visok udjel masti u tijestu, kao što je slučaj kod oblikovanog čajnog peciva. Zbog visokog udjela masti u ovom tijestu (da bi se izbjegla pojava osapunjavanja) ovo tijesto se izrađuje samo sa dodatkom amonijevog hidrogenkarbonata, a u rjeđe sa veoma malim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata. Kemijska sredstva za narastanje se tijekom pečenja oblikovanog tijesta za keks, djelovanjem topline, razlažu i stvaraju plinove koji sudjeluju u formiranju oblika, volumena i strukture proizvoda.

Natrijev hidrogenkarbonat (natrijev bikarbonat,  $\text{NaHCO}_3$ ) stvara u tijestu i masama pri oko 60 °C manju količinu ugljikovog dioksida i bez nositelja kiselina. Natrijev hidrogenkarbonat je bijeli kristalni prah, slabog mirisa i slabo alkalno-slanog okusa. (Gavrilović, 2003.). Kao nusprodukt nastaje natrijev karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , soda). Natrijev hidrogenkarbonat se može pronaći na tržištu u različitim granulacijama. Vrlo teško se topi u vodi (grublje čestice, >0,15 mm), pa mogu zaostati u tijestu ili masi i time izazvati promjene u obojenju sredine proizvoda. Fino mljeveni natrijev hidrogenkarbonat (čestice veličine promjera <0,15 mm) koristi se za tijesta koja se kratko miješaju (ispod jedne minute). Natrij hidrogenkarbonat dodaje se pri pripremi tijesta u keksarskoj industriji u količini od 2 do 6 g/kg brašna. (Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo, 2007.) Osim natrijevog hidrogenkarbonata postoje još neka sredstva za narastanje kao što je kalijev hidrogenkarbonat i amonijev hidrogenkarbonat.

### 2.2.5.1. Ostali dodaci

Osnovna uloga ostalih dodataka, kao npr. soli, jest korekcija okusa proizvoda, dok uloga ostalih sirovina je dobivanje homogenog tijesta, formiranje boje, reguliranje ravnoteže relativne vlažnosti, svježine i zaokruženja arome proizvoda. To su emulgatori, među kojima lecitin, prerađevine od mlijeka, invertni šećer, sladni ekstrakt, aroma, vanilin-šećer, neki začini. Poželjni su u tijestu za keksarske proizvode, jer sa svojstvima emulgiranja povećavaju volumen, djeluju da se dobije finija struktura, usporavaju migraciju masti i zadržavaju svježinu proizvoda. Prerađevine od mlijeka sa visokim udjelom proteina unose sulfhidrilne grupe korisne za formiranje konzistencije tijesta. (Gavrilović, 2003.) Sve sirovine u sastavu tijesta za čajno pecivo potrebno je definirati, tj. odrediti njihovu namjenu, ali i kvalitetu. Iz tog razloga nužno je koristiti

se metodama uspoređivanja i metodama probnih pečenja sa strogo definiranim uvjetima u kojima je promjenjiva materija samo sirovina koja se ispituje.

## **2.3. Proces proizvodnje čajnog peciva**

### **2.3.1. Skladištenje sirovina**

Skladište mora odgovarati zahtjevima za skladištenje svih sirovina, te mora biti dostatnog kapaciteta za skladištenje svih potrebnih sirovina kako bi se osigurao kontinuitet rada u pogonu. Sve sirovine koje dolaze u skladište kontroliraju se u laboratoriju u svrhu osiguranja kvalitete.

Za skladištenje brašna optimalna je temperatura 18-20 °C, a relativna vlažnost treba biti 60%. Šećer se skladišti na temperaturi oko 18°C, uz relativnu vlažnost do 75%. Za skladištenje masnoće, skladišta moraju biti suha i hladna, bez direktne sunčeve svjetlosti, kako ne bi došlo do kvarenja.. (Ugarčić-Hardi, 1999.)

### **2.3.2. Predpriprava sirovina**

Nakon dopreme sirovina iz skladišta provodi se predpriprava sirovina u svrhu osiguranja kontinuiteta tehnološkog procesa proizvodnje. Brašno se prosijava kako bi se uklonile nečistoće (vlakna, insekti brašna, korovsko sjemenje, zrno pšenice i dr.), te kako bi postalo pogodno za zamjes; šećer u kristalu (prema potrebi) melje sedo odgovarajuće granulacije, kemikalije u kristalu se usitnjavaju, masnoće se omekšavaju ili otapaju. Sirovine koje su prošle kontrolnu kvalitetu uzimaju se za proizvodnju prema normativu za svaku vrstu proizvoda. Pri proizvodnji keksarskih proizvoda koristi se konzumni rafinirani šećer u kristalu koji se prema potrebi melje u šećer u prahu jer je kao takav pogodniji u proizvodnji određenih proizvoda, brže se i potpunije otapa u tijestu i ne osjeti se u gotovom proizvodu. Njegova veličina čestica trebala bi biti ispod 0,1 mm. Tijekom pripreme sirovina masnoće se temperiraju tako što se otapaju. Proces dozrijevanja masti se odvija na temperaturi od 30,5 °C tijekom 24 h.

### **2.3.3. Odvaga i dodavanje po recepturi**

Vaganje sirovina odvija se prema pogonskoj recepturi, a svaka sirovina se posebno važe. Odvagano brašno, šećer te odmjerena količina vode se direktno dodaju preko automatske ili poluautomatske vage i dozirnog automata, a ostale sirovine se ručno važu i dodaju u zamjes. Sirovine koje se odvaguju za izradu jedne mase predstavljaju jednu šaržu i njena veličina ovisi o kapacitetu mješalice. ( Ugarčić-Hardi, 1999.)

### 2.3.4. Zamjes tijesta

Dodavanje sirovina u mjesilicu ide takvim redoslijedom da brašno istovremeno stupi u dodir sa čvrstim i masnim sirovinama, sirovinama pripremljenim u obliku suspenzije i slobodnom vodom. Izrada zamjesa tijesta za čajna peciva se odvija prema jednofaznom ili dvofaznom postupku, ovisno o vrsti čajnog peciva. Kod jednofaznog postupka sve se sirovine dodaju odjednom, s tim da se sredstvo za rahljenje dodaje pomješano s brašnom. Kod dvofaznog postupka prvo se doziraju potrebne količine šećera, vode, masti i ostalih sirovina osim brašna, miješaju se, a zatim se dodaje dio brašna, otopina sredstva za rahljenje, te ostatak brašna. Tijesto koje se sječe i dresirano čajno pecivo najčešće se priprema dvofaznim postupkom dok se za oblikovano i rezano sve sirovine dodaju odjednom. Granulacija brašna, temperatura sirovina, konzistencija upotrebene masti, ali i veličina čestica šećera u prahu utječu na vrijeme miješanja zamjesa. Na trajanje zamjesa utječe i vrsta mjesilice. Da bi se odredila količina vode koja je potrebna za zamjes, mora se znati sirovinski sastav proizvoda, udio vlage u svakoj sirovini te koji udio vlage treba imati tijesto nakon zamjesa. Vlaga tijesta u sječenom čajnom pecivu je 20-24%, oblikovanom 14-16%, rezanom 18-26%, a dresiranom 16-26%. (Gavrilović, 2003.)

Kod zamjesa tijesta za oblikovano čajno pecivo u mjesilici se homogeniziraju sve sirovine kroz 5 minuta, osim brašna i  $\text{NaHCO}_3$ , koje se naknadno dodaju. Kod zamjesa za istisnuta čajna peciva u mjesilici se najprije umute šećer i masnoće, zatim se dodaju ostale sirovine, a na kraju brašno i  $\text{NaHCO}_3$ , pa voda. Udio vlage kod ovog tijesta se kreće u rasponu od 16 do 26%.

Iz ovih podataka se vidi da oblikovano čajno pecivo sadrži najmanje vlage i njegovo tijesto je nakon zamjesa nepovezano, grudasto, suho i lako se kida. Za ostala čajna peciva tijesta su povezane i meke strukture. Osim o udjelu vode, izgled tijesta ovisi o svojstvima brašna koje se upotrebljava kao i o načinu izrade tijesta. Temperatura sirovina tijekom izrade tijesta je vrlo važna i treba se nalaziti u rasponu 18-25 °C. Pri višoj temperaturi masa bi postala žilava jer bi se povećala elastična, a izgubila plastična svojstva, što bi nakon oblikovanja rezultiralo nepravilnim oblicima proizvoda. Pri temperaturama nižim od 18 °C, tijesto bi se teže obrađivalo. (Ugarčić-Hardi, 1999.)

### 2.3.5. Oblikovanje

Oblikovanje čajnih peciva različito je za svaku vrstu. Tijesta za oblikovano čajno pecivo oblikuje se neposredno poslije zamjesa, pomoću dva valjka, od kojih je jedan formirajući i u čije kalupe se utiskuje tijesto, a drugi je rebrasti i služi za utiskivanje tijesta. Valjci se vrte jedan prema

drugome. Dodirom valjaka i transportne trake oblikovano tijesto pomoću podtlaka prebacuje se na transportnu traku. Tijesto za sječeno čajno pecivo se propušta kroz otvore kalupa, oblikuju se paralelne trake, koje se rotirajućim nožem sijeku na željenu duljinu. Rezana čajna peciva se režu pomoću žice, također nakon prolaska kroz otvore kalupa, tako da prilikom spuštanja tijesta na traku, čelična žica reže komade tijesta. Dresirana čajna peciva se oblikuju pomoću uređaja za istiskivanje kroz kalupe pomoću pokretne ploče. (Gavrilović, 2003.)

U fazi oblikovanja, tijesto ne daje otpor pritisku kalupa i dimenzije oblikovanog komada ostaju u veličini dimenzija kalupa. Dužina oblikovanog tijesta smatra se veličina svakog komada po širini tjestene trake. Širina oblikovanog komada tijesta je paralelna sa smjerom istanjivanja tjestene trake, odnosno sa smjerom kretanja tjestene trake.

### **2.3.6. Pečenje**

Pečenje je složena operacija tehnološkog procesa proizvodnje jer tada nastaju fizikalno-kemijske i koloidne promjene tijesta i dobiva se proizvod određene kvalitete. U procesu pečenja oblikovano tijesto mijenja vanjski izgled, dimenzije, formira strukturu, okus i aromatična svojstva. 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.)

Procesi promjene sastojaka tijesta počinju u trenutku kad temperatura tijesta u površinskim slojevima dostigne 40 °C i završavaju se na kraju pečenja. Škrob i proteini prelaze u supstance probavljive u organizmu. Sastav saharoze i masnoća mijenja se neznatno tijekom pečenja. Masnoća obavijena oko škrobnih zrnaca smanjuje krutost škroba, a s druge strane šećer utječe na staklavost proizvoda.

Proces pečenja se može opisati u tri faze. U prvoj fazi nastaje ekspanzija tijesta i smanjenje vlage. U drugoj fazi se nastavlja ekspanzija volumena tijesta, ali istovremeno dolazi do nastanka boje na površini oblikovanog tijesta – čajnog peciva. U trećoj fazi se regulira visina proizvoda i pojačava boja. (Gavrilović, 2011.)

Oblikovano čajno pecivo peče se tijekom 5-8 minuta pri temperaturi 190-220 °C nakon čega slijedi hlađenje. Pečenje se odvija u tunelskim pećima i treba paziti kako ne bi do naglog porasta temperature, jer samo površina proizvoda smije biti obojena. (Gavrilović, 2003.)

### **2.3.7.Hlađenje**

Odmah nakon izlaska čajnog peciva iz pećnice započinje hlađenje, a sam proces hlađenja može se provoditi prorodnim putem, umjetno ili kombinirano. Hlađenje se nastavlja sve dok se ne izjednači temperatura čajnog peciva s temperaturom prostorije, te dok se ne postigne svojstvena čvrstoća proizvoda. Ukoliko se čajno pecivo hladi prirodnim putem izbjeći će se nagle promjene temperature koje bi mogle dovesti do pucanja proizvoda. Umjetno hlađenje provodi se ventilatorima uz brzinu strujanja zraka od 3 do 4 m/s. Na kraju hlađenja izjednačava se brzina izmjene topline u svim slojevima čajnog peciva i prekida se apsorpcija vlage. Čajno pecivo se nalazi u ravnotežnom stanju u kojem je njegova temperatura izjednačena sa temperaturom proizvodne prostorije i uspostavljena je ravnotežna vlaga. (Gavrilović, 2003.)

### **2.3.8.Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda**

Nakon hlađenja, čajna peciva temperature koja je izjednačena sa temperaturom prostorije za pakiranje, pakiraju se ručno ili automatski u odgovarajuću ambalažu, te se nakon provedene analize gotovih proizvoda odvoze u skladište i čuvaju pod točno određenim uvjetima.

Čajna peciva mogu biti upakirana u pakiranja pogodna za prodaju, pojedinačno ili skupno u ambalažu nepropusnu za vlagu (poput celofana, polipropilenske folije, različitih laminiranih folija), potom se mogu pakirati u kutije i na kraju u transportnu ambalažu za skladištenje i transport. Kupci traže različite oblike keksarskih proizvoda u pakiranjima različite veličine. Ambalaža je zaštita keksarskom proizvodu od utjecaja svjetlosti, vlage, stranih mirisa i djelovanja štetnika. Isto tako, ambalaža je zaštita keksarskim proizvodima od propuštanja masnoće i vlage.

Uvjeti temperature i vlage u skladištu gdje se čuva keksarski proizvod trebaju biti konstantni. Zidovi i strop skladišta trebaju biti dobro izolirani, a po potrebi prostorija treba biti klimatizirana s osiguranom cirkulacijom zraka. Oscilacije u temperaturama skladištenja mogu dovesti do migracije i oksidacije masnoća. Povećana vlažnost može dovesti do smanjenja čvrstoće kartonske ambalaže, što povećava pritisak na pakiranja u nižim slojevima te degradacije kvalitete proizvoda. (Manley, D., 1998.)

## **2.4. Tekstura**

Tekstura je vrlo važno svojstvo koje utječe na procesiranje i rukovanje proizvodom, na vijek trajnosti 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. U prehrambenoj industriji je vrlo važno kontinuirano pratiti teksturalna svojstva kako bi se postigla konzistentnost tijekom proizvodnje te poboljšala sama kvaliteta proizvoda, odnosno kako bi se zadovoljili zahtjevi potrošača u pogledu teksture proizvoda. ([www.members.ift.org](http://www.members.ift.org)). Tekstura proizvoda ovisi o kemijskim vezama unutar samog proizvoda, tj. uslijed promjena tih veza kao što su mehaničke deformacije, jer se time mijenja i tekstura samog proizvoda. Osnovna svojstva teksture kod čajnih peciva su tvrdoća, lomljivost i otpor žvakanju. Otpor 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.

Tekstura proizvoda određuje se na nekom od uređaja za određivanje teksture, kao što je Analizator teksture TA.XT Plus.

## 2.5. Boja

Boja namirnice prvi je doživljaj kod potrošača prilikom odabira te je tijekom proizvodnje čajnog peciva bitan korak kontroliranja razvoja boje kako bi sam proizvod bio što bolje prihvaćen od strane potrošača. Razvijene su različite indirektna i direktne metode mjerenja boje na površini proizvoda. Direktne metode usmjerene su na kvantitativno praćenje produkata Maillardovih reakcija i karamelizacije, dok se indirektna metoda zasnivaju na principu mjerenja količine reflektirane svjetlosti s površine uzorka raznim uređajima kao što su kolorimetar, kromametar i u novije vrijeme sustav za računalnu analizu slike. (Lukinac Čačić, 2012)

### 2.5.1. Određivanje boje pomoću kromometra

Za mjerenje boje čajnog peciva može se koristiti Minolta Chroma Meter CR-400, koji je prikazan na slici 1. Primjena kolorimetra tijekom mjerenja boje čajnih peciva 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).

U CIE  $L^*a^*b^*$  prostoru boja, svaka boja definirana je točnim mjestom u trodimenzionalnom prostoru kojeg predstavljaju tri međusobno okomite osi označene kao  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , pri čemu je :

- ✓  $L^*$  koordinata svjetline s podjelom od 0 (crna) do 100 (bijela);

- ✓  $a^*$  koordinata obojenja (engl. *chromaticity*) 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:  $(+b^*)$  vektorom žute boje (engl. *yellowness*) i  $(-b^*)$  vektorom komplementarne plave (engl. *blueness*). Prema izmjerenim vrijednostima boje čajnog peciva ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) izračunata je i ukupna promjena boje prema jednadžbi 3.1. 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 2.. (Leon i sur., 2006.; Pedreschi i sur., 2007., Wee i sur., 2006)

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

$L_0^*$  – 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

$\Delta E$  – ukupna promjena boje čajnog peciva

Glavni nedostatak ovih mjernih instrumenata je ograničenje u veličini i geometriji uzorka koji je podvrgnut mjerenju (mjere malo područje uzorka). Stoga je za objektivnu analizu, određivanje boje istog uzorka potrebno provesti na više različitih mjesta na uzorku.

Tablica 2. Odnos između izračunate vrijednosti ( $\Delta E$ ) i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja (Grapho Metronic, 2014)

| $\Delta E$ | oznaka              |
|------------|---------------------|
| <0,2       | Nije uočljiva       |
| 0,2-1      | Vrlo slabo uočljiva |
| 1-3        | Slabo uočljiva      |
| 3-6        | Uočljivo            |
| >6         | Vrlo uočljiva       |



**Slika 1.** Minolta Chroma Meter CR-400

### 2.5.2. Određivanje boje pomoću sustava za računalnu analizu slike

Boja površine uzorka primjenom računalne analize slike (*engl. Digital image analysis, DIA*) određuje se beskontaktno. Ova metoda za praćenje boje može se koristiti kao alat za automatsko vođenje procesa u industriji (za vizualni pregled procesa proizvodnje) te time poboljšati ukupnu kvalitetu proizvoda. Prednost sustava za analizu slike, nad praćenjem boje ljudskim okom je objektivnost i kontinuiranost u procjeni boje. Sustav za analizu slike boju uzorka registrira s tri senzora boje, a sastoji se od tri najvažnija elementa: rasvjete, skenera i računala. (Lukinac Čačić, 2012.)

#### *Rasvjeta*

Izvor svjetlosti je fizički realizirano zračenje (svijeća, lampa, sunce) kojeg karakteriziraju svojstva poput spektralnog zračenja i temperature boje svjetlosti. Različiti izvori svjetla imaju i različitu raspodjelu relativne energije zračenja. Osvijetljeni objekti prenose primljenu svjetlost apsorpcijom, refleksijom i propuštanjem, te se razlika boja pojedinih uzoraka prati određivanjem razlike u količini reflektirane svjetlosti s njegove površine. Kut između osi objektiva i izvora svjetlosti koji obasjava uzorak trebao bi biti oko 45°. (Yam i sur., 2004.)

### *Skener*

Slike uzoraka čajnog peciva mogu se dobiti skeniranjem svakog pojedinog uzorka pomoću skenera. Princip rada skenera zasniva se na pretvorbi svjetlosti, koja se odbije od predmeta skeniranja u električne impulse. Slika koja se želi unijeti u računalo osvjetljava se ugrađenim izvorom svjetlosti. Zrake svjetlosti koje se odbiju o predmet usmjeravaju se sustavom leća i ogledala prema senzorima svjetlosti za pretvorbu u električnu struju. Slika se pri tom postupku dijeli u točke i što je više tih točaka, to će slika biti veće kvalitete. Broj očitanih točaka naziva se razlučivost ili rezolucija.

### *Računalo*

Slike dobivene skeniranjem uzoraka čajnog peciva mogu se obraditi u raznim programima. Jedan od njih je i *ImageJ* 1.43u (Wayne Rasband, National Institute of Health, USA).

*ImageJ* je program za analizu slike u kojem je moguće prikazati, urediti, analizirati, spremiti i printati slike od 8, 16 i 32 bita. U programu je moguće izračunati područje i vrijednost piksela, izmjeriti udaljenosti i kutove, a sadrži i opcije za podešavanje kontrasta, izoštravanje, poravnavanje, i dr.

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. Zadatak

Zadatak ovog diplomskog rada bio je praćenje promjene kvalitativnih svojstava čajnog peciva od pšeničnog brašna prije i nakon skladištenja od 3 mjeseca. Svi proizvodi koji su obrađeni u ovom diplomskom radu napravljeni su u laboratorijskim uvjetima. Praćene su promjene slijedećih kvalitativnih svojstava čajnog peciva: tekstura, udio i aktivitet vode, dužina i visina te boja uzoraka uzrokovane različitim fizikalno-kemijskim promjenama tijekom pečenja i skladištenja te utjecajem temperature na kojoj je provedeno pečenje (180, 205 230 °C).

### 3.2. Materijal i metode

Materijali

Proizvod : Čajno pecivo

Receptura: prema AACC 10-50D(AACC, 2000a),

225,0 g pšeničnog brašna (14% vlage, Tena T550, oštro )

64,0 g shortening-a (margarin)

130,0 g šećera\* (kristal, šećer u prahu)

2,1 g NaCl

2,5 g NaHCO<sub>3</sub>\*\*

33,0 g otopine glukoze (otopinu glukoze: 8,9 glukoze otopiti u 150 cm<sup>3</sup> destilirane vode)

16,0 g destilirane vode

\* upotrebjene su tri različite granulacije šećera: šećer s kristalima većim od 1000 µm, šećer s kristalima manjim od 800 µm, te šećer u prahu;

\*\* korišteni različiti udjeli natrijevog hidrogenkarbonata: 0,67% (1,5 g NaHCO<sub>3</sub> u recepturi zamjesa), 1,11% (2,5 g NaHCO<sub>3</sub> u recepturi zamjesa) i 1,56% (3,5 g NaHCO<sub>3</sub> u recepturi zamjesa).

### 3.3. Proces proizvodnje čajnog peciva

Sva čajna peciva koja su dobivena i analizirana pri izradi ovog diplomskog rada oblikovana su i pečena čajna peciva u laboratorijskim uvjetima, od sirovina koje su nabavljene u lokalnim trgovinama. Sirovine su vagane prema recepturi AACC metode 10-50D (AACC, 2000a), a svaka sirovina je posebno vagana na laboratorijskoj vagi (Ohaus Adventurer Pro AV4102).

Odvagano brašno, šećer, NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, otopina glukoze i odmjerena količina destilirane vode dodaju se u posudu miksera (MM800W, „Gorenje“ robot) kojim se miješanje provelo. Odvaga sirovina za izradu jedne mase čine jednu šaržu čija veličina ovisi o ukupnoj masi sirovina koje su propisane AACC metodom. Izvagane sirovine (masnoća, šećer, NaCl i NaHCO<sub>3</sub>) koje su stavljene u posudu miksera miješaju se brzinom 1 (najsporijom) tijekom 3 minute. Za miješanje se koriste žičane mutilice miksera. Svake minute potrebno je zaustaviti mikser i sastrugati sastojke sa stijenki posude u kojoj se odvija miješanje, kako bi se svi sastojci ravnomjerno izmiješali. Nakon završetka miješanja masnoća, šećer, NaCl i NaHCO<sub>3</sub>, potrebno je dodati otopinu glukoze i destiliranu vodu, te nastaviti miješati brzinom 1 tijekom 1 minute, a potom još 1 minutu brzinom 2 (srednja brzina miksera).

Nakon što je dodana glukoza i destilirana voda, miješalo se 2 minute i sve sirovine su sjedinjene, nakon čega se dodaje ukupna količina brašna te se sadržaj nastavlja miješati 2 minute brzinom 1 pri čemu je potrebno svakih 30 sekundi sastrugati sastojke sa stijenki posude. Dobiveno tijesto sakupiti ručno i okruglo oblikovati, staviti u PVC vrećicu te u hladnjak (do 8 °C) tijekom 30 - 60 minuta.

Nakon što se tijesto ohladi, prvo se važe cjelokupna masa tijesta, razvalja se valjkom za tijesto na debljinu 7 mm (u dva poteza valjka za tijesto - naprijed-nazad). Potom se izrezu okrugli oblici tijesta promjera 60 mm (≈35g). Komad oblikovanog tijesta od svakog uzorka se ostavlja nepečen, te se njemu također određuje boja, vlaga i aktivitet vode. Oblikovano tijesto peče se 10 minuta pri temperaturama 180 °C, 205 °C i 230 °C.

Nakon pečenja čajno pecivo je potrebno hladiti 30 minuta pri sobnoj temperaturi, izvagati te izmjeriti dužinu (poslagati 6 komada jedan do drugog te izmjeriti dužinu, a potom svaki komad zarotirati za 90° i opet izmjeriti dužinu) i visinu (poslagati 6 komada jedan na drugi, izmjeriti visinu, zatim ponovno poslagati jedan na drugi slučajnim odabirom redoslijeda, te ponovno izmjeriti visinu). Iz omjera dužine ( $d$ ) i visine ( $h$ ), uzimajući u obzir faktor korekcije (AACC, 2000a), računa se koeficijent širenja ( $SP$ , *engl. spread factor*) prema jednadžbi:

$$d/h \times CF \times 10 = SP \quad (1)$$

### 3.4. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnih peciva

Za analizu teksturalnih svojstava čajnog peciva korišten je uređaj TA.XT Plus (*Stable Micro Systems, UK*), a dobiveni podaci analizirani su pomoću Texture Exponent 32 softera (verzija 3.0.5.0.). Računalni program Texture Exponent 32 softer putem krivulje prezentira kompresiju uzorka u određenom vremenu. Teksturalni profil čajnog peciva procijenjen je putem dobivenih vrijednosti za čvrstoću i elastičnost.

Na slici 2. prikazan je izgled uređaja TA.XT. Plus. Uzorci čajnog peciva analizirani su na dva načina:

- savijanjem/lomljenjem uzoraka koji su podvrgnuti kompresiji, i
- prodiranjem cilindrične sonde u uzorak uz zapis sile, puta i vremena.

#### **Savijanje/lomljenje čajnog peciva**

Uzorci čajnog peciva fiksiraju se na bazu s prorezom i presijecaju pomoću noža koji služi za savijanje/lomljenje uzoraka (Slika 2.) prema sljedećim parametrima:

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



**Slika 2.** Analizator tekture TA.XT Plus s opremom za savijanje/lomljenje uzoraka

Iz dobivenih podataka očitavaju su sljedeći :

- Čvrstoća – kao maksimalna visina prvog pika izražena u gramima (g),
- Lomljivost – kao udaljenosti do koje se vrši kompresija do trenutka pucanja uzorka i izražava se u milimetrima (mm).

#### **Prodiranje cilindrične sonde u uzorak**

Nakon primjene metode savijanja/lomljenja uzorka, uzorci čajnog peciva postavljaju se na čvrstu podlogu analizatora teksture i podvrgavaju su metodi prodiranja cilindrične sonde, uz zapis sile, puta i vremena (Slika 3.) prema sljedećim parametrima:

- Brzina prije mjerenja: 1,5 mm/s,
- Brzina mjerenja: 2 mm/s,
- Brzina poslije mjerenja: 10 mm/s,
- Dubina prodiranja: 17 mm,
- Sila potrebna za početni signal: 10 g.

Iz dobivenih rezultata očituju se vrijednosti za rad smicanja koji je definiran ukupnom površinom ispod krivulje i izražava se u gram sekundama (g s).



**Slika 3.** Analizator tekstore TA.XT Plus s opremom za prodiranje u uzorak

### 3.5. Ispitivanje boje čajnog peciva

Za skeniranje uzoraka čajnog peciva upotrijebljen je skener EPSON PERFECTION V500 photo (*Epson, USA*). Skeniranje je odrađeno u kontroliranim uvjetima, odnosno u prostoru koji ne propušta nikakav vanjski izvor svjetlosti. Nakon skeniranja uzoraka dobivena slika obrađena je računalnom analizom u programu *ImageJ*.

### 3.6. Određivanje udjela vode u čajnom pecivu

Određivanje udjela vode u čajnom pecivu provedeno je prema AACC metodi (AACC, 2000b.) Udio vode u postocima računa se prema jednadžbi:

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$m_0$  – masa uzorka prije sušenja [g]

$m_1$  – masa uzorka nakon sušenja [g]

$wv$  – udio vode (vlage) [%]

### 3.7. Određivanje aktiviteta vode u čajnom pecivu

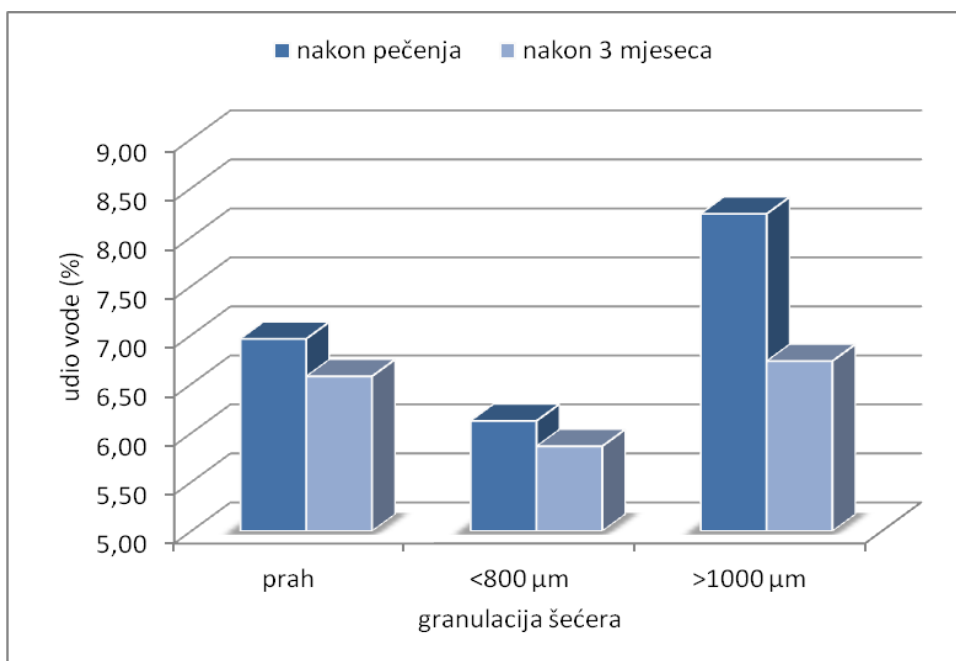
Uzorci se pripremaju na isti način kao i za određivanje udjela vode. Usitnjeni uzorak stavlja se u malu plastičnu posudu predviđenu za uzorak u sklopu uređaja za određivanje aktiviteta vode, posuda se zatim stavlja u ležište uređaja (*Rotronic, HygroPalm AW1*) i pokreće se mjerenje. (Primo-Martina i sur.,2006.)

### 3.8. Statistička analiza

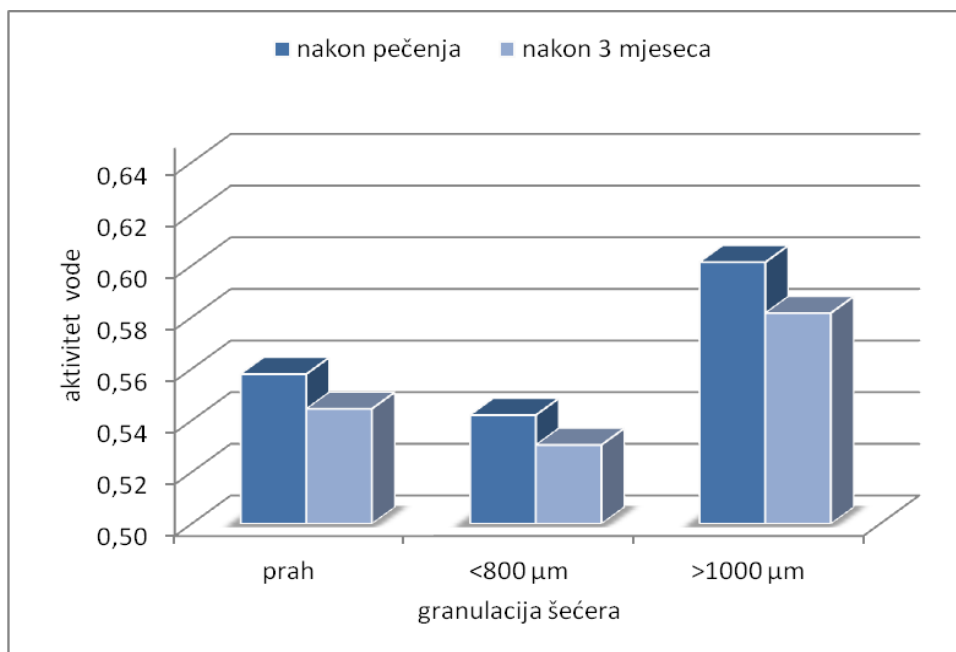
Statistički obrada podataka provedena je analizom varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ov LSD testom najmanje značajne razlike (*engl. Last Significant Difference*) upotrebom programa Statistica . 12.0. Stat Soft Inc. Tulsa, OK, USA

## 4. REZULTATI

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



Slika 4: Srednje vrijednosti određivanja udjela vode *ovisno o granulaciji šećera* nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i udio  $\text{NaHCO}_3$

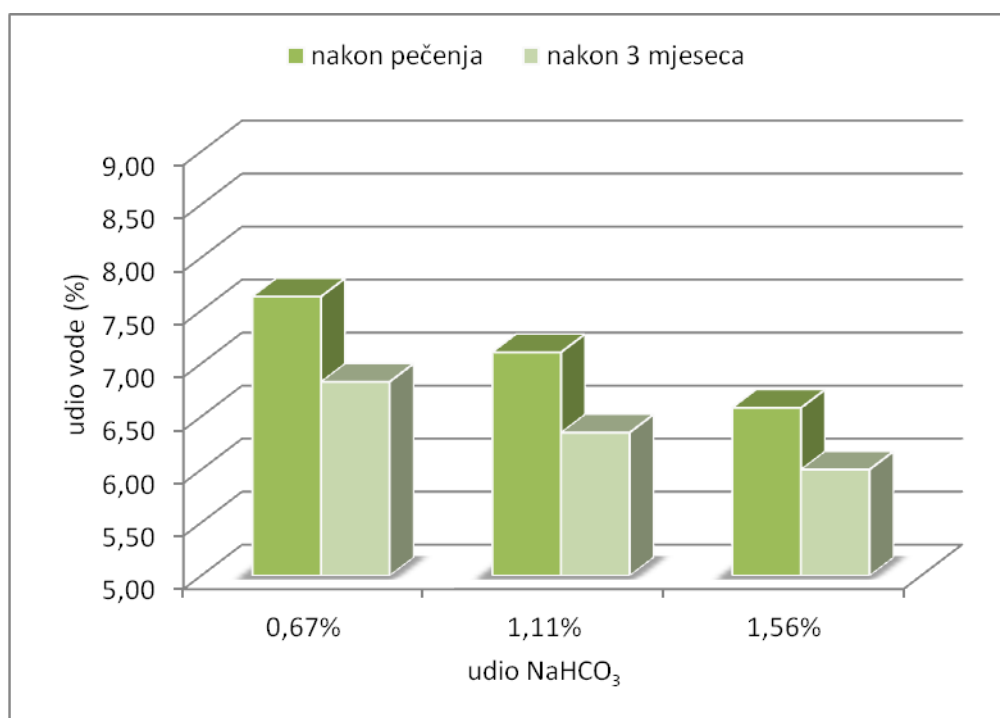


Slika 5: Srednje vrijednosti određivanja aktiviteta vode *ovisno o granulaciji šećera* nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i udio  $\text{NaHCO}_3$

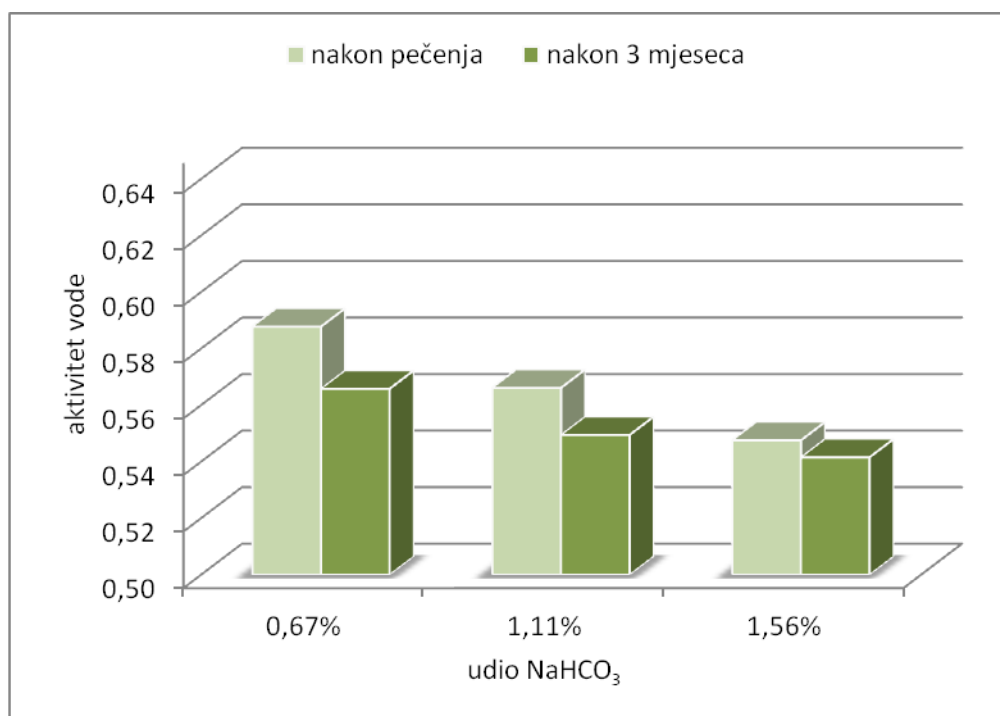
Tablica 3: Promjena aktiviteta i udjela vode čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o granulaciji šećera, bez obzira na temperaturu pečenja i udio natrijevog hidrogenkarbonata.

| Granulacija šećera  | $\Delta$ udio vode (%) |   | $\Delta$ aktivitet |   |
|---------------------|------------------------|---|--------------------|---|
| Prah                | $0,38 \pm 0,44$        | b | $0,013 \pm 0,010$  | a |
| <800 $\mu\text{m}$  | $0,26 \pm 0,28$        | b | $0,012 \pm 0,017$  | a |
| >1000 $\mu\text{m}$ | $1,50 \pm 1,15$        | a | $0,020 \pm 0,024$  | a |

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



Slika 6: Srednje vrijednosti određivanja udjela vode ovisno o udjelu NaHCO<sub>3</sub> nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera.

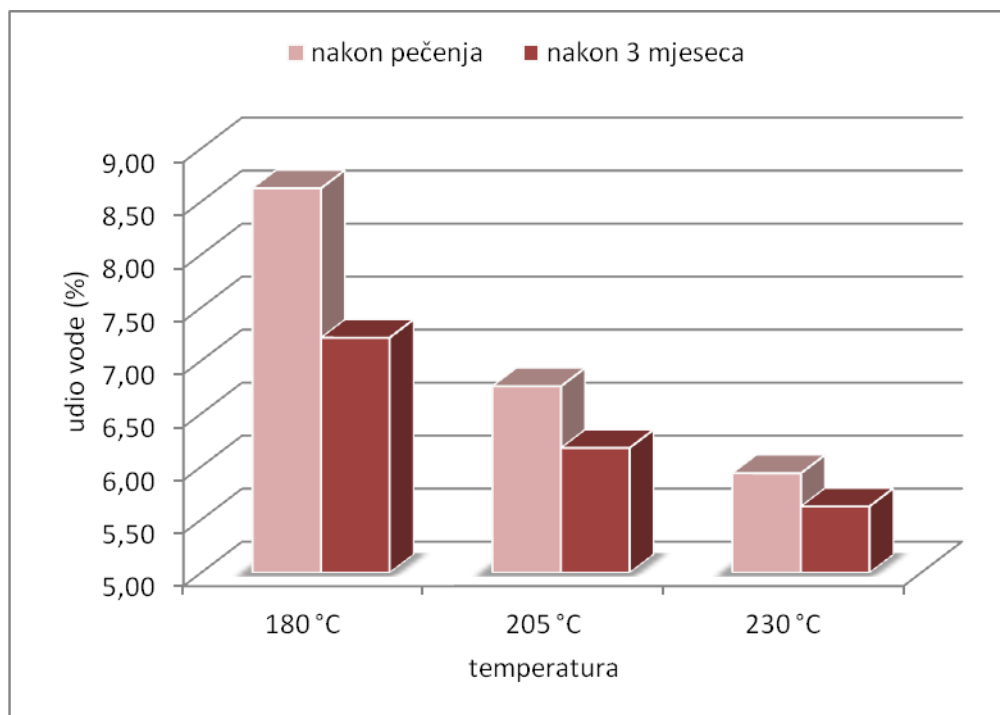


Slika 7: Srednje vrijednosti određivanja aktiviteta vode ovisno o udjelu NaHCO<sub>3</sub> nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera.

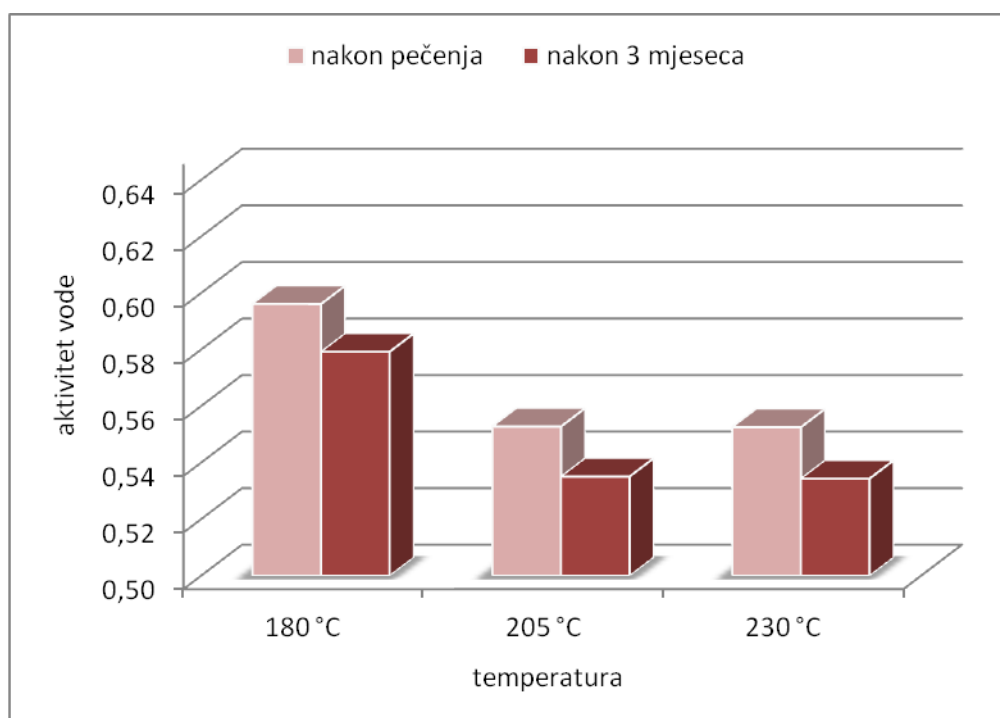
Tablica 4: Promjena aktiviteta i udjela vode čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o udjelu natrijevog hidrogenkarbonata, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja

| udio NaHCO <sub>3</sub> (%) | Δ udio vode (%) | Δ aktivitet     |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| 0,67                        | 0,80 ± 0,97 a   | 0,022 ± 0,024 a |
| 1,11                        | 0,76 ± 1,05 a   | 0,017 ± 0,016 a |
| 1,56                        | 0,58 ± 0,76 a   | 0,006 ± 0,005 a |

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



Slika 8: Srednje vrijednosti određivanja udjela vode *ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera



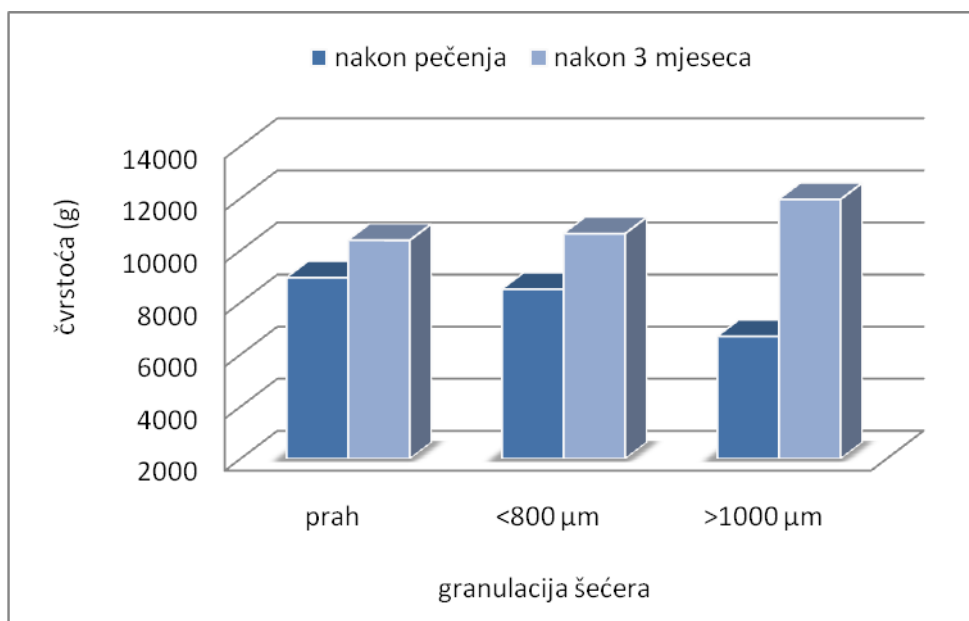
Slika 9 : Srednje vrijednosti određivanja aktiviteta vode *ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera

Tablica 5: Promjena aktiviteta i udjela vode čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o temperaturi pečenja, bez obzira na udio natrijevog hidrogenkarbonata i granulaciju šećera

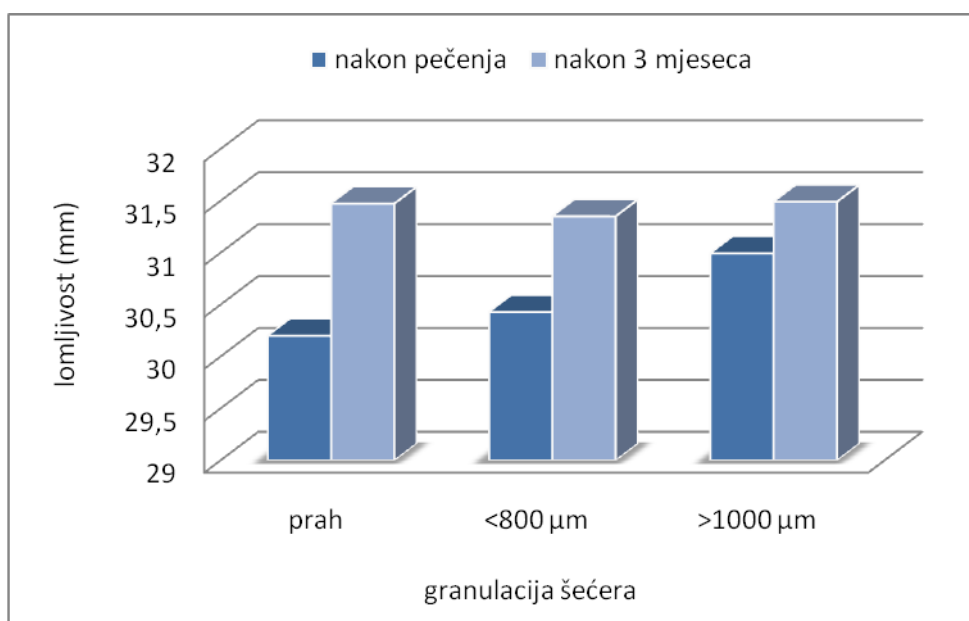
| temperatura (°C) | $\Delta$ udio vode (%) | $\Delta$ aktivitet  |
|------------------|------------------------|---------------------|
| 180              | 1,41 $\pm$ 1,12 a      | 0,017 $\pm$ 0,021 a |
| 205              | 0,48 $\pm$ 0,58 b      | 0,014 $\pm$ 0,017 a |
| 230              | 0,26 $\pm$ 0,44 b      | 0,014 $\pm$ 0,016 a |

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

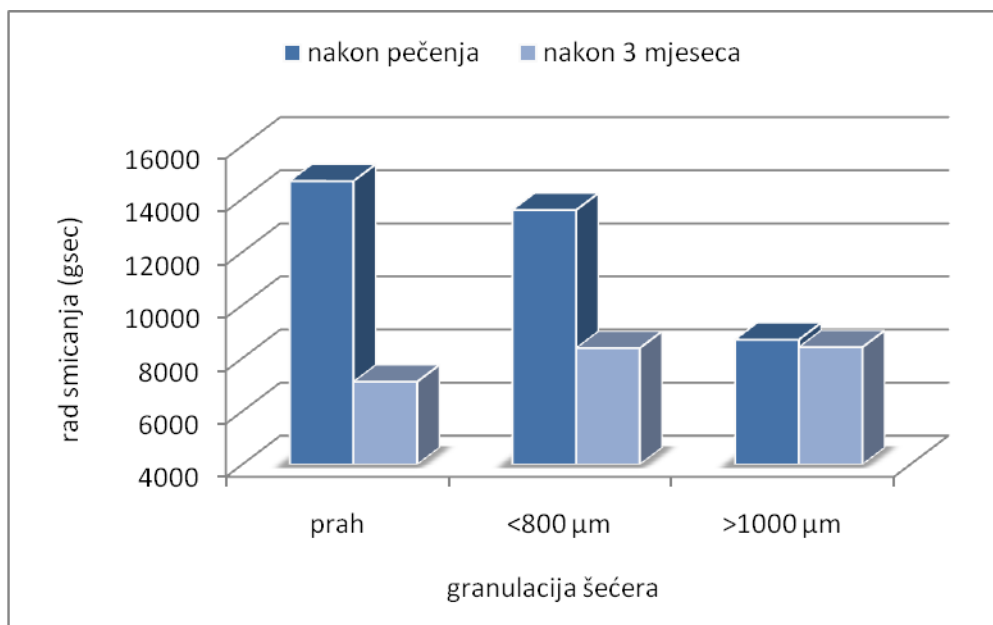
## 4.2.Rezultati određivanja teksture čajnog peciva



Slika 10: Srednje vrijednosti čvrstoće *ovisno o granulaciji šećera* nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i udio  $\text{NaHCO}_3$ .



Slika 11 : Srednje vrijednosti lomljivosti *ovisno o granulaciji šećera* nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i udio  $\text{NaHCO}_3$ .

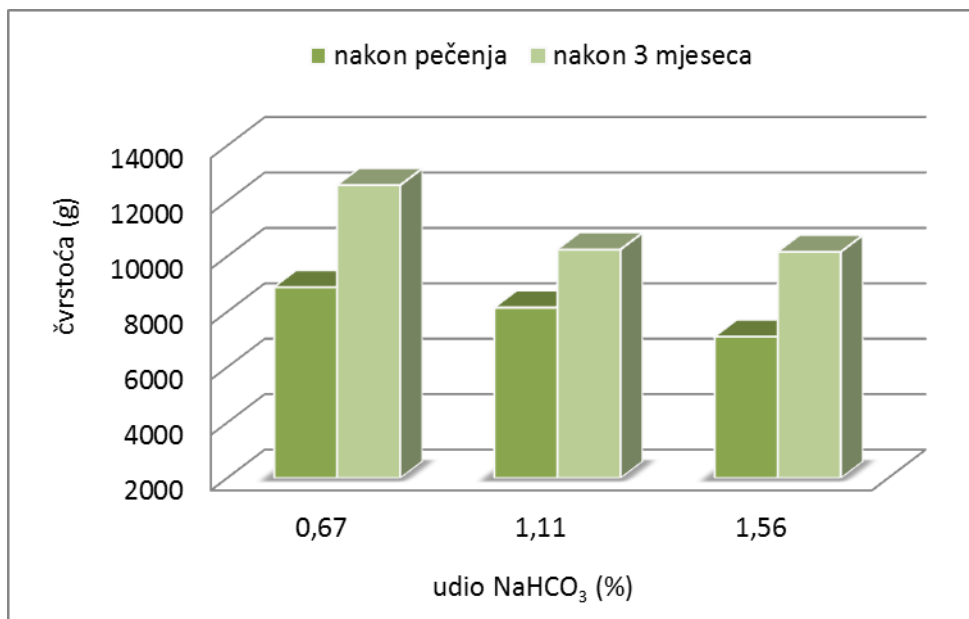


Slika 12: Srednje vrijednosti rada smicanja *ovisno o granulaciji šećera* nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i udio  $\text{NaHCO}_3$ .

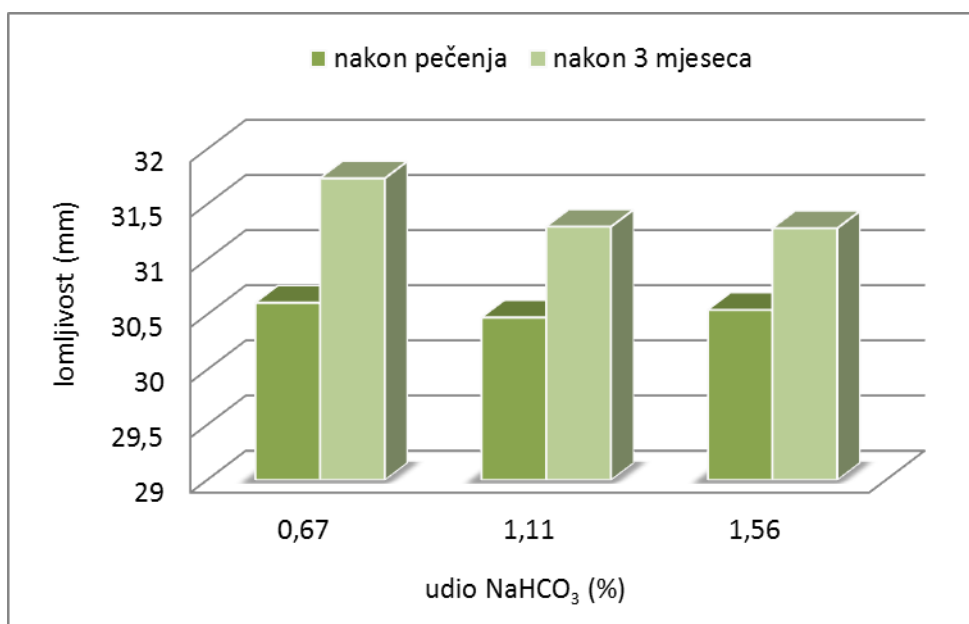
Tablica 6: Promjena parametara određenih analizom teksture čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o granulaciji šećera, bez obzira na temperaturu pečenja i udio natrijevog hidrogenkarbonata

| Granulacija šećera | $\Delta$ čvrstoća(g) | $\Delta$ lomljivost (mm) | $\Delta$ rad smicanja(gsec) |
|--------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Prah               | 997 ± 2711 a         | 1,27± 0,41 a             | 7563 ± 3020 a               |
| <800 μm            | 1767 ± 1956 a        | 0,92± 0,61 b             | 5203 ± 2575 b               |
| >1000 μm           | 5224 ± 5225 b        | 0,50± 0,28 c             | 285± 588 c                  |

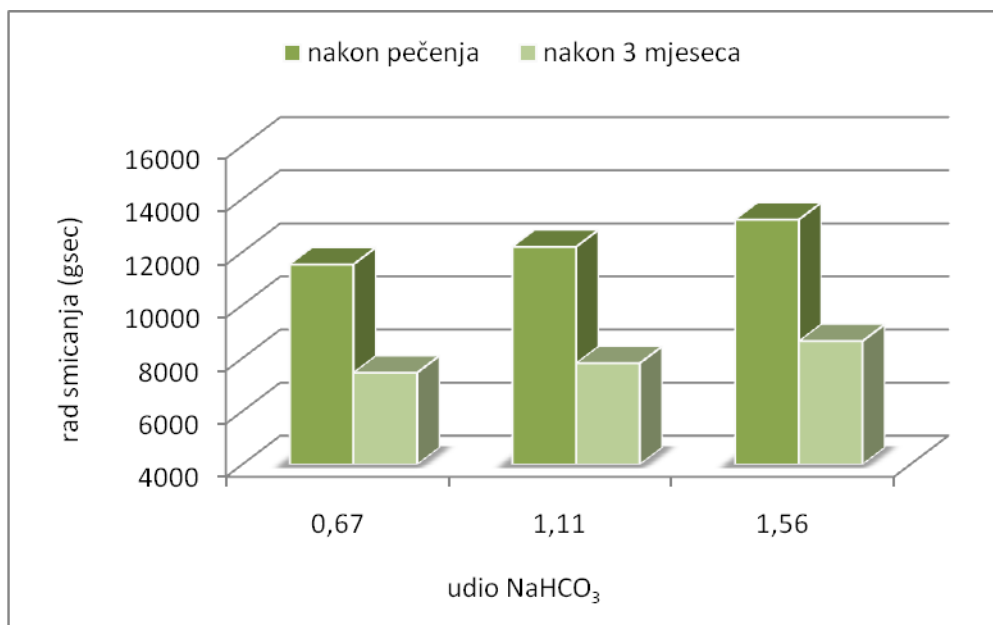
Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fischerovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 13: Srednje vrijednosti čvrstoće ovisno o udjelu  $\text{NaHCO}_3$ , nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera.



Slika 14: Srednje vrijednosti lomljivosti ovisno o udjelu  $\text{NaHCO}_3$ , nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera.

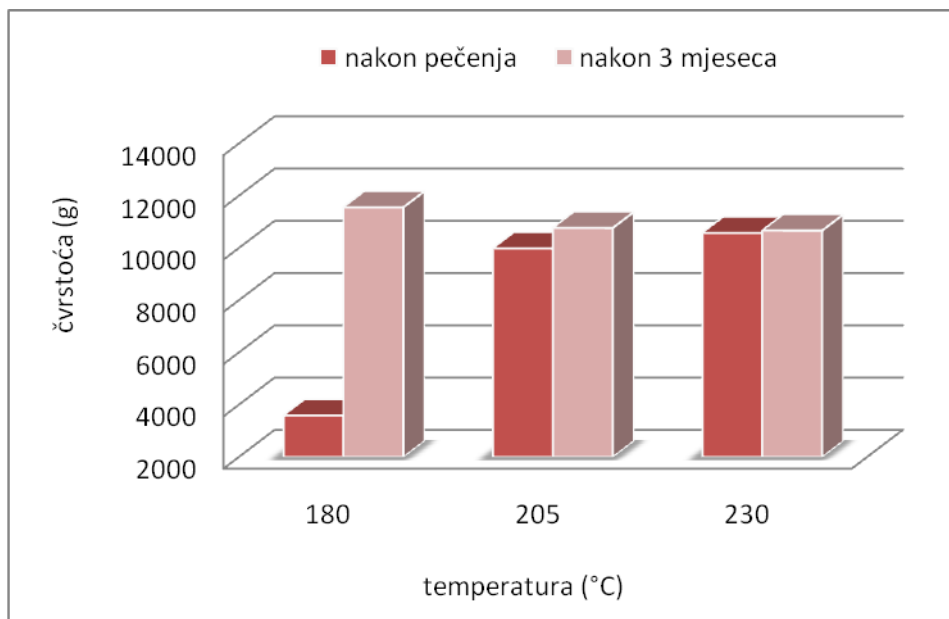


Slika 15: Srednje vrijednosti rada smicanja ovisno o udjelu  $\text{NaHCO}_3$ , nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera

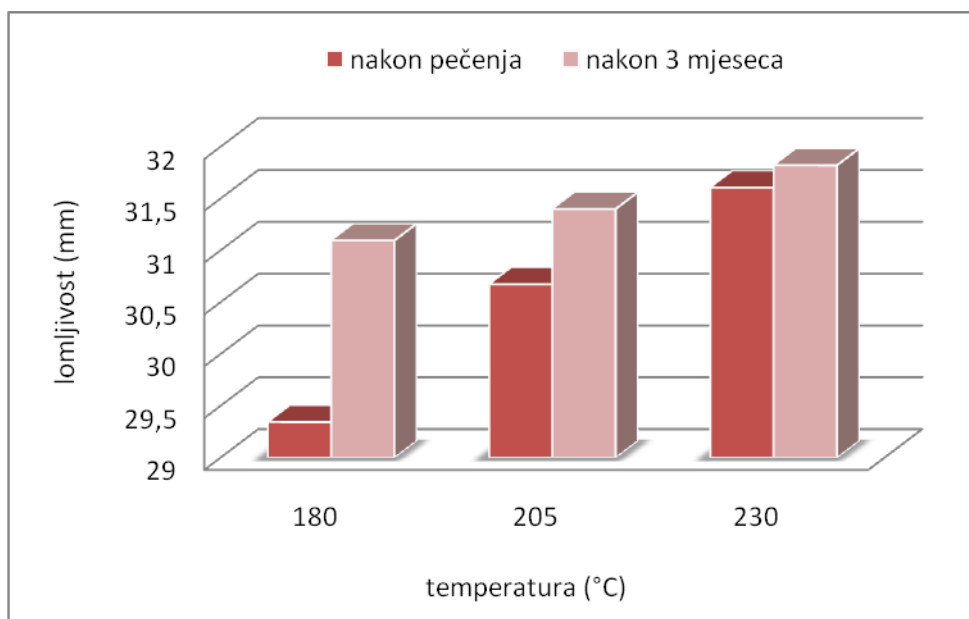
Tablica 7: Promjena parametara određenih analizom teksture čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o udjelu natrijevog hidrogenkarbonata, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja

| udio $\text{NaHCO}_3$ (%) | $\Delta$ čvrstoća (g) | $\Delta$ lomljivost (mm) | $\Delta$ rad smicanja (gsec) |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|
| 0,67                      | $3679 \pm 1579$ a     | $1,23 \pm 0,21$ a        | $-4080 \pm 2751$ a           |
| 1,11                      | $2096 \pm 2502$ b     | $0,82 \pm 0,57$ ab       | $-4388 \pm 2587$ a           |
| 1,56                      | $3060 \pm 1725$ ab    | $0,74 \pm 0,77$ b        | $-4581 \pm 2328$ a           |

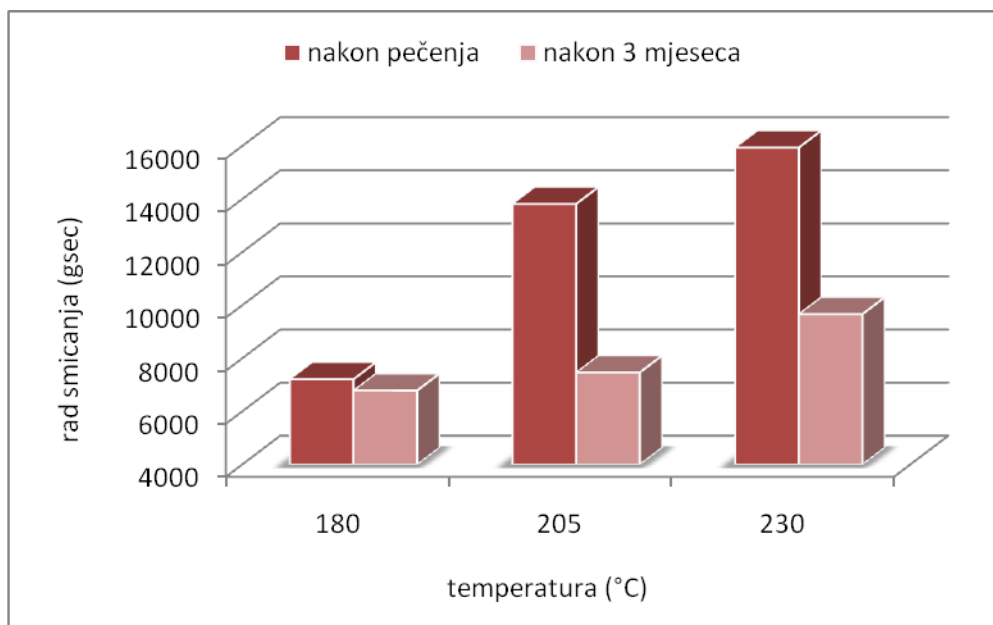
Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fischerovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 16: Srednje vrijednosti čvrstoće ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera



Slika 17: Srednje vrijednosti lomljivosti ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera.



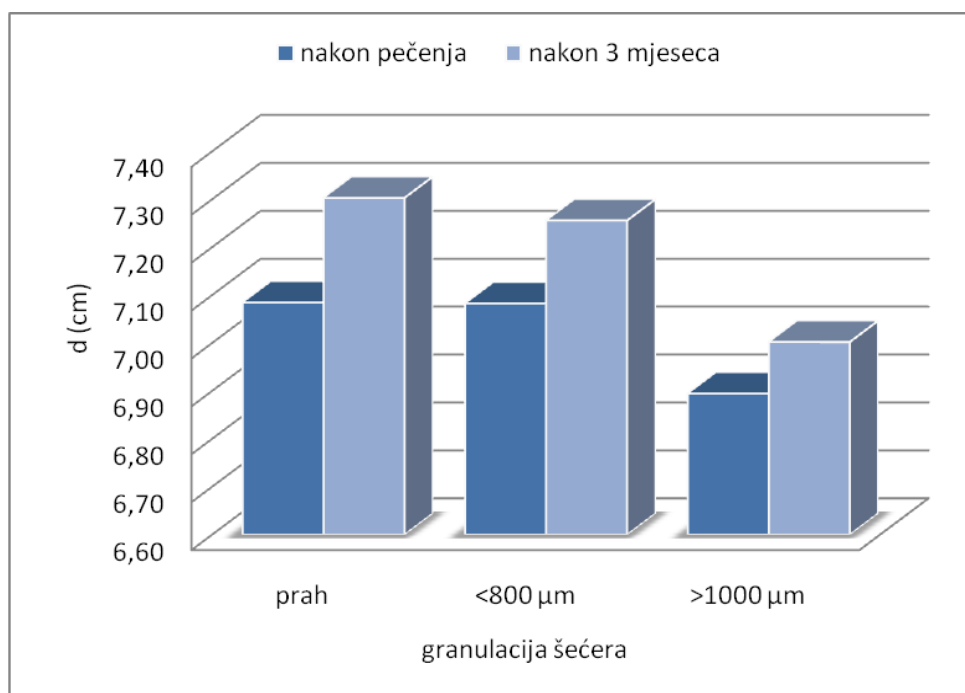
Slika 18 : Srednje vrijednosti rada smicanja ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera

Tablica 8: Promjena parametara određenih analizom teksture čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o temperaturi pečenja, bez obzira na udio natrijevog hidrogenkarbonata i granulaciju šećera

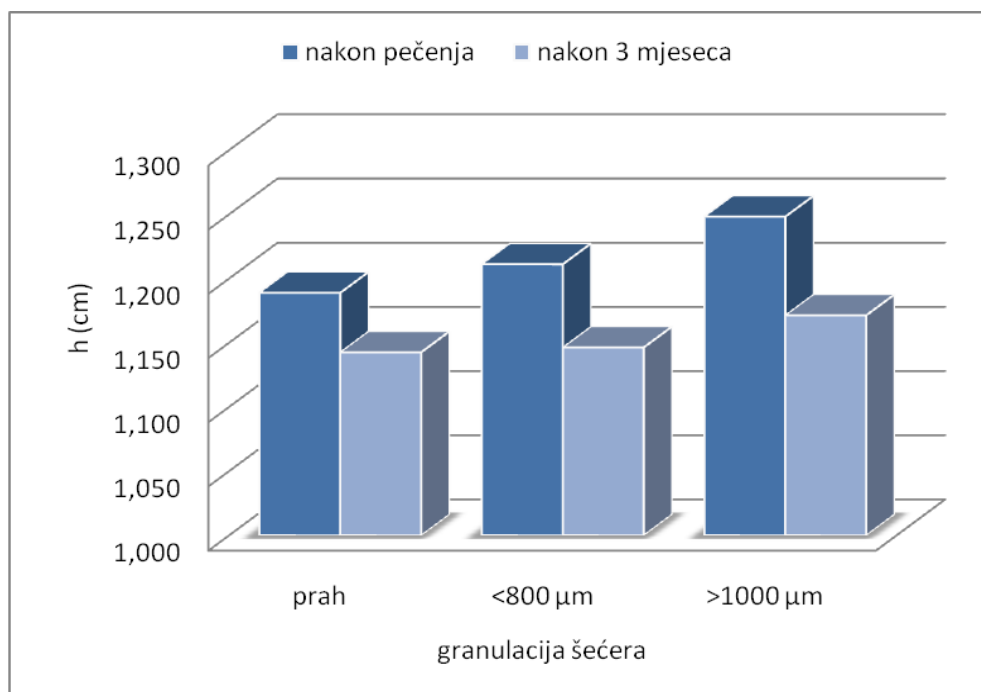
| temperatura (°C) | $\Delta$ čvrstoća (g) | $\Delta$ lomljivost (mm) | $\Delta$ rad smicanja (gsec) |
|------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|
| 180              | 7967 ± 1832 a         | 1,75 ± 0,21 a            | -424 ± 332 a                 |
| 205              | 779 ± 1089 b          | 0,73 ± 0,15 b            | -6351 ± 1362 b               |
| 230              | 88 ± 961 b            | 0,21 ± 0,26 c            | -6275 ± 2280 b               |

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

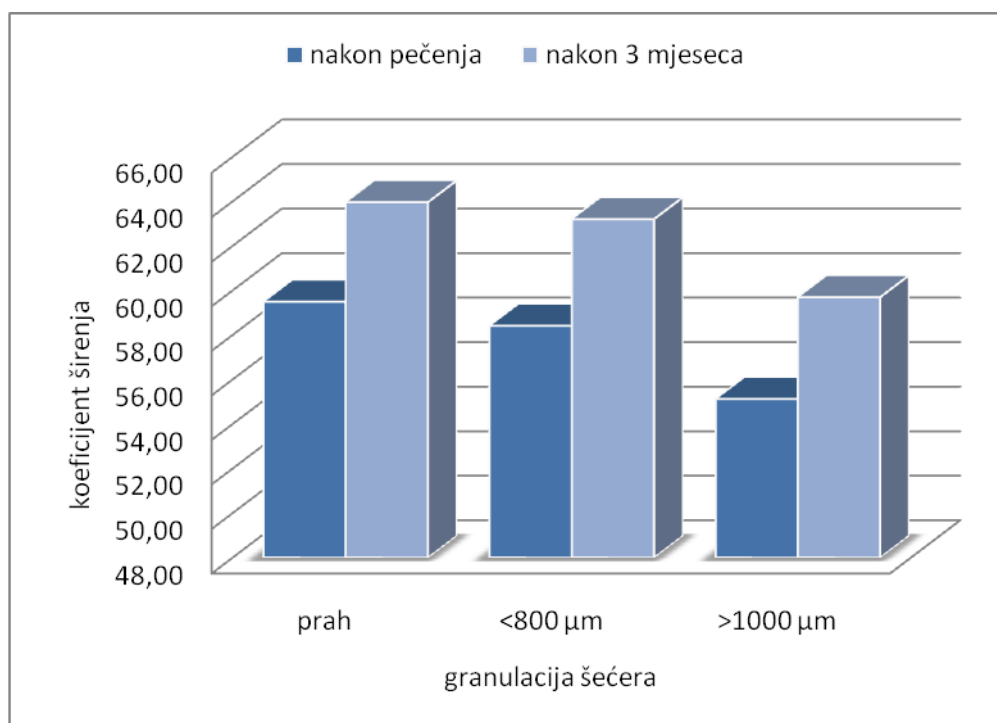
### 4.3. Rezultati određivanja dužine ( $d$ ) i visine ( $h$ ) čajnih peciva



Slika 19: Srednje vrijednosti promjera (dužine) čajnog peciva *ovisno o granulaciji šećera*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i temperaturu pečenja



Slika 20: Srednje vrijednosti visine (debljine) čajnog peciva *ovisno o granulaciji šećera*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i temperaturu pečenja

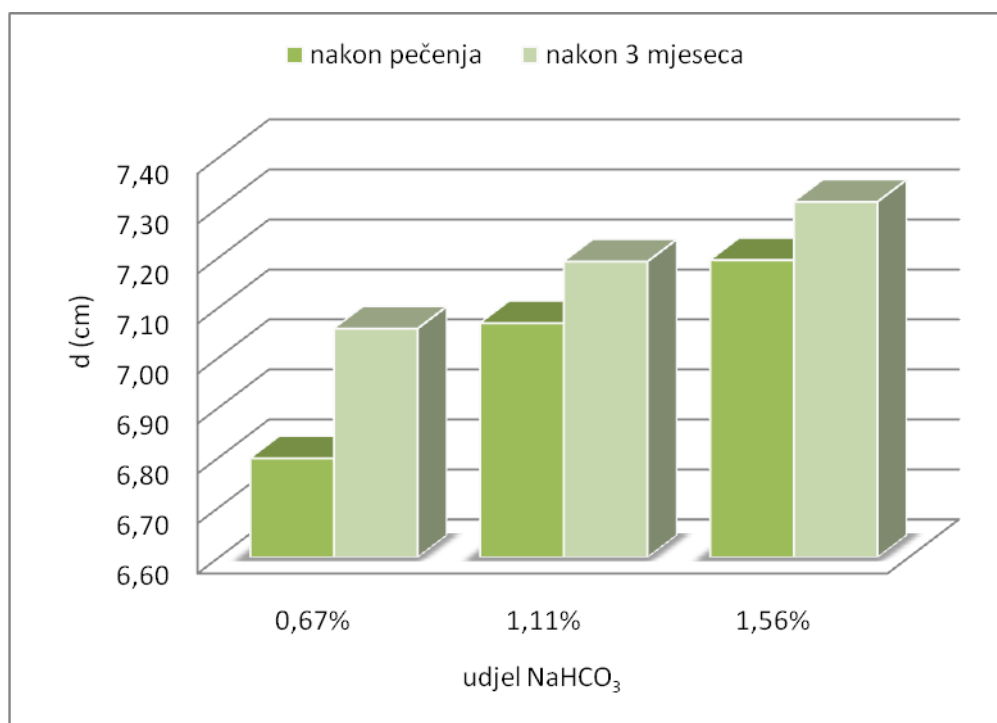


Slika 21: Srednje vrijednosti koeficijenta širenja čajnog peciva *ovisno o granulaciji šećera*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i temperaturu pečenja

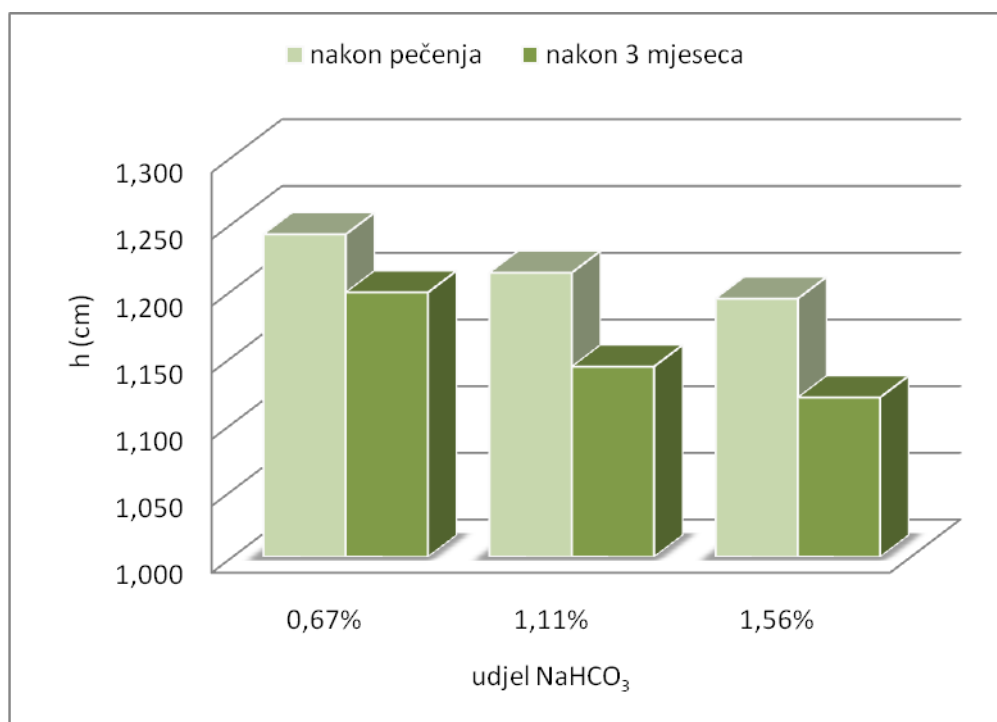
Tablica 9: Rezultati statističke analize promjene promjera, debljine i koeficijenta širenja čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o granulaciji šećera, bez obzira na temperaturu pečenja i udio natrijevog hidrogenkarbonata

| Granulacija šećera | $\Delta$ promjer (cm) |   | $\Delta$ debljina (cm) |   | $\Delta$ koeficijent širenja |
|--------------------|-----------------------|---|------------------------|---|------------------------------|
| Prah               | 0,22 ± 0,09           | a | -0,05 ± -0,019         | a | 4,47 ± 1,71 a                |
| <800 μm            | 0,17 ± 0,04           | a | -0,07 ± 0,021          | b | 4,79 ± 1,18 a                |
| >1000 μm           | 0,11 ± 0,10           | b | -0,08 ± 0,022          | b | 4,57 ± 1,55 a                |

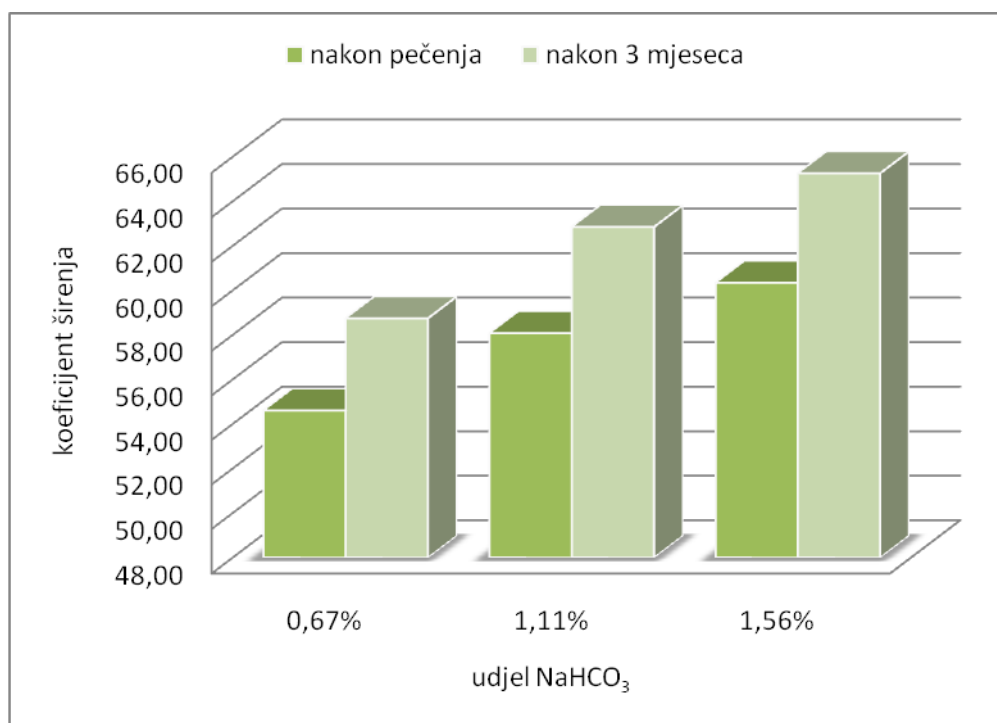
Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fischerovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 22: Srednje vrijednosti promjera (dužine) čajnog peciva *ovisno o udjelu NaHCO<sub>3</sub>*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja



Slika 23: Srednje vrijednosti visine (debljine) čajnog peciva *ovisno o udjelu NaHCO<sub>3</sub>*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja

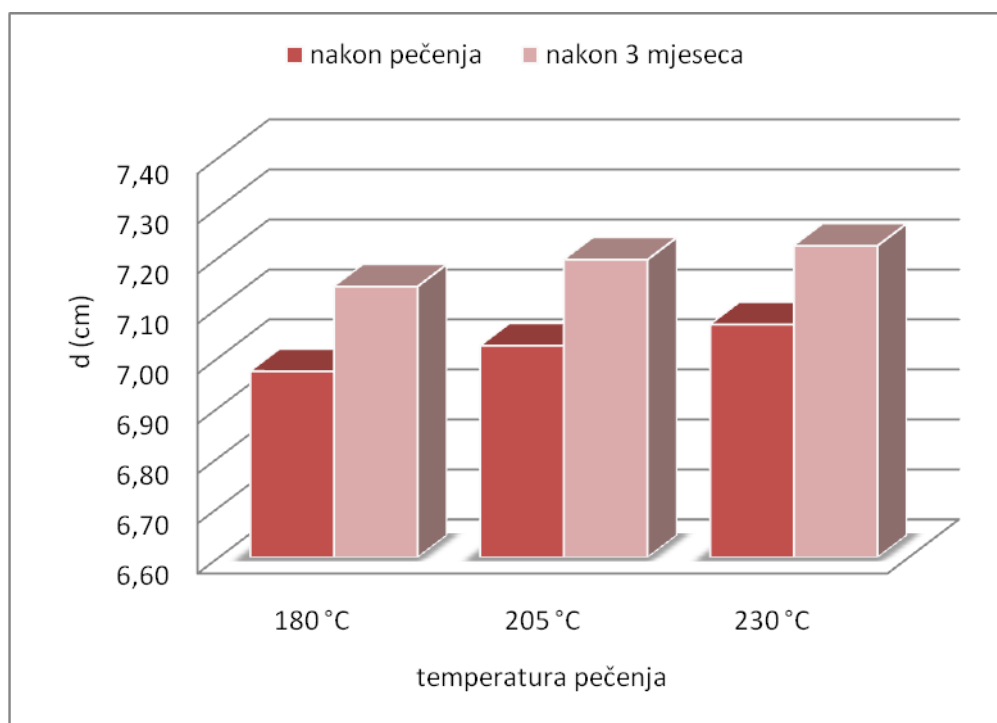


Slika 24: Srednje vrijednosti koeficijenta širenja čajnog peciva ovisno o udjelu NaHCO<sub>3</sub>, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja

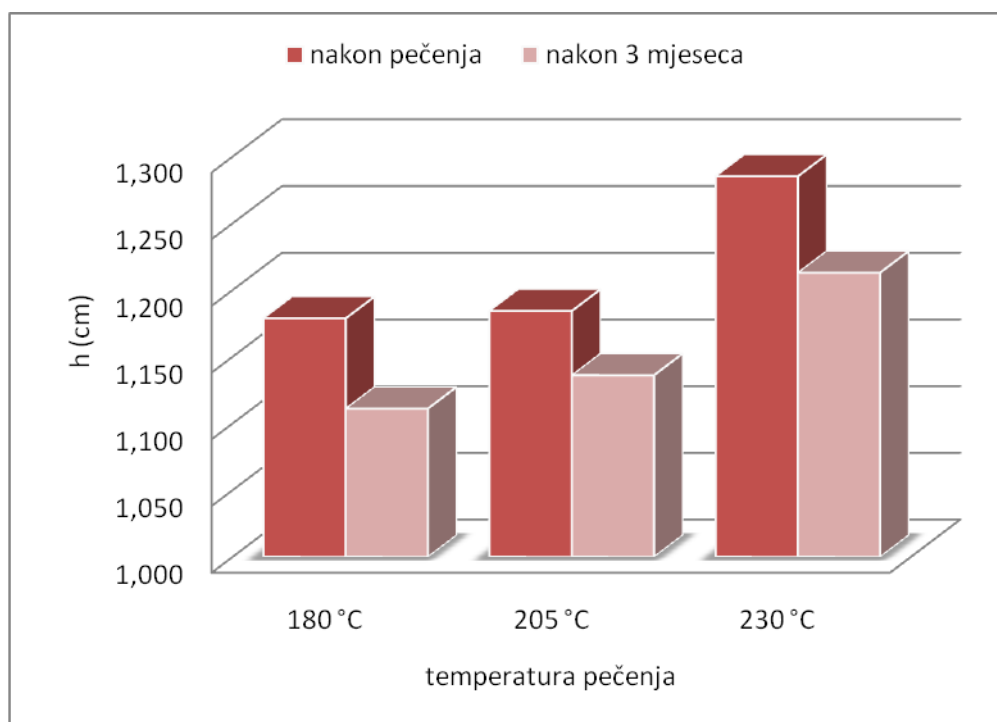
Tablica 10: Rezultati statističke analize promjene promjera, debljine i koeficijenta širenja čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o udjelu natrijevog hidrogenkarbonata, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja

| udio NaHCO <sub>3</sub> (%) | Δ promjer (cm) | Δ debljina (cm) | Δ koeficijent širenja |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| 0,67                        | 0,26 ± 0,15 a  | -0,04 ± 0,01 a  | 4,14 ± 1,43 a         |
| 1,11                        | 0,12 ± 0,11 b  | -0,07 ± 0,03 b  | 4,77 ± 2,03 a         |
| 1,56                        | 0,12 ± 0,05 b  | -0,07 ± 0,03 b  | 4,92 ± 1,00 a         |

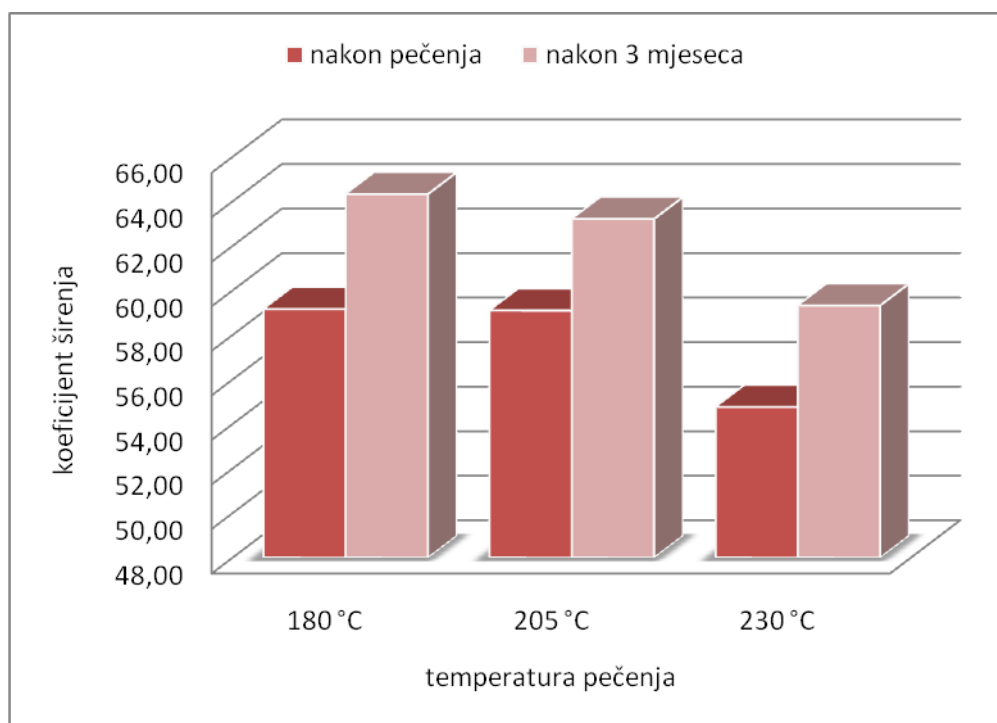
Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fischerovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 25: Srednje vrijednosti promjera (dužine) čajnog peciva *ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera



Slika 26: Srednje vrijednosti visine (debljine) čajnog peciva *ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja*, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera.



Slika 27: Srednje vrijednosti koeficijenta širenja čajnog peciva ovisno o primjenjenoj temperaturi pečenja, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka čajnog peciva, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera

Tablica 11: Rezultati statističke analize promjene promjera, debljine i koeficijenta širenja čajnog peciva nakon pečenja i nakon skladištenja ovisno o temperaturi pečenja, bez obzira na udio natrijevog hidrogenkarbonata i granulaciju šećera

| temperatura (°C) | $\Delta$ promjer (cm) | $\Delta$ debljina (cm) | $\Delta$ koeficijent širenja |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| 180              | $0,17 \pm 0,06$ a     | $-0,07 \pm 0,03$ b     | $5,16 \pm 1,90$ a            |
| 205              | $0,17 \pm 0,04$ a     | $-0,05 \pm 0,02$ a     | $4,11 \pm 1,57$ a            |
| 230              | $0,16 \pm 0,09$ a     | $-0,07 \pm 0,02$ b     | $4,56 \pm 1,17$ a            |

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

#### 4.4. Rezultati određivanja boje čajnog peciva

##### 4.4.1. Ukupna promjena boje ispitivanih uzoraka

Tablica 12: Vrijednosti ukupne promjene boje uzoraka nakon pečenja te nakon skladištenja 3 mjeseca s dodatkom 0,67% NaHCO<sub>3</sub>

| Granulacija šećera         | $\Delta E_{CVS}$ površina |       |       |       |       |       | $\Delta E_{CVS}$ donji dio |       |       |       |       |       |
|----------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | Temperatura [°C]          |       |       |       |       |       | Temperatura [°C]           |       |       |       |       |       |
|                            | 180                       | %     | 205   | %     | 230   | %     | 180                        | %     | 205   | %     | 230   | %     |
| SP                         | 11,61                     | 36,78 | 17,79 | 35,81 | 26,07 | 35,02 | 18,35                      | 15,42 | 27,45 | 24,30 | 35,85 | 24,69 |
| SP (nakon skladištenja)    | 7,34                      |       | 11,42 |       | 16,94 |       | 15,52                      |       | 20,78 |       | 27,00 |       |
| S800                       | 15,14                     | 63,67 | 23,20 | 47,46 | 25,22 | 26,88 | 27,13                      | 47,36 | 40,07 | 46,67 | 34,06 | 20,82 |
| S800 (nakon skladištenja)  | 5,50                      |       | 12,19 |       | 18,44 |       | 14,28                      |       | 21,37 |       | 26,97 |       |
| S1000                      | 9,80                      | 27,96 | 18,59 | 36,58 | 18,15 | 21,38 | 18,47                      | 51,43 | 26,94 | 31,14 | 28,26 | 5,73  |
| S1000 (nakon skladištenja) | 7,06                      |       | 11,79 |       | 14,27 |       | 8,97                       |       | 18,55 |       | 26,64 |       |

Tablica 13: Vrijednosti ukupne promjene boje uzoraka nakon pečenja te nakon skladištenja 3 mjeseca s dodatkom 1,11% NaHCO<sub>3</sub>

| Granulacija šećera         | $\Delta E_{CVS}$ površina |       |       |       |       |       | $\Delta E_{CVS}$ donji dio |       |       |       |       |       |
|----------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | Temperatura [°C]          |       |       |       |       |       | Temperatura [°C]           |       |       |       |       |       |
|                            | 180                       | %     | 205   | %     | 230   | %     | 180                        | %     | 205   | %     | 230   | %     |
| SP                         | 10,09                     | 23,49 | 24,24 | 47,85 | 24,23 | 24,39 | 28,86                      | 33,26 | 39,92 | 40,08 | 34,55 | 11,14 |
| SP (nakon skladištenja)    | 7,72                      |       | 12,64 |       | 18,32 |       | 19,26                      |       | 23,92 |       | 30,70 |       |
| S800                       | 13,60                     | 49,04 | 23,69 | 38,24 | 25,63 | 26,88 | 31,95                      | 39,00 | 33,76 | 28,17 | 36,80 | 13,67 |
| S800 (nakon skladištenja)  | 6,93                      |       | 14,63 |       | 18,74 |       | 19,49                      |       | 24,25 |       | 31,77 |       |
| S1000                      | 10,15                     | 24,53 | 18,33 | 33,82 | 20,20 | 12,72 | 22,18                      | 30,79 | 27,92 | 26,11 | 30,30 | 24,09 |
| S1000 (nakon skladištenja) | 7,66                      |       | 12,13 |       | 17,63 |       | 15,35                      |       | 20,63 |       | 23,00 |       |

Tablica 14: Vrijednosti ukupne promjene boje uzoraka nakon pečenja te nakon skladištenja 3 mjeseca s dodatkom 1,56% NaHCO<sub>3</sub>

| Granulacija šećera                | $\Delta E_{CVS}$ površina |       |       |       |       |       | $\Delta E_{CVS}$ donji dio |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                   | Temperatura [°C]          |       |       |       |       |       | Temperatura [°C]           |       |       |       |       |       |
|                                   | 180                       | %     | 205   | %     | 230   | %     | 180                        | %     | 205   | %     | 230   | %     |
| <b>SP</b>                         | 16,61                     | 71,94 | 23,29 | 46,16 | 25,68 | 24,03 | 29,41                      | 51,92 | 38,28 | 38,98 | 34,63 | 14,03 |
| <b>SP</b> (nakon skladištenja)    | 4,66                      |       | 12,54 |       | 19,51 |       | 14,14                      |       | 23,36 |       | 29,77 |       |
| <b>S800</b>                       | 20,05                     | 60,40 | 27,67 | 41,56 | 27,25 | 25,50 | 32,32                      | 47,62 | 42,31 | 40,91 | 36,85 | 20,00 |
| <b>S800</b> (nakon skladištenja)  | 7,94                      |       | 16,17 |       | 20,30 |       | 16,93                      |       | 25,00 |       | 29,48 |       |
| <b>S1000</b>                      | 13,56                     | 32,37 | 16,08 | 10,51 | 26,14 | 21,19 | 26,26                      | 22,54 | 26,26 | 4,57  | 36,51 | 17,61 |
| <b>S1000</b> (nakon skladištenja) | 9,17                      |       | 14,39 |       | 20,60 |       | 20,34                      |       | 25,06 |       | 30,08 |       |

## **5. RASPRAVA**

U diplomskom radu prikazani su rezultati analize ukupno 27 serija zamjesa čajnih peciva (ne računajući preliminarna istraživanja) i praćeni su slijedeći parametri: tekstura čajnih peciva nakon pečenja i nakon skladištenja, promjena boje, zatim visina i dužina pečenih i skladištenih čajnih peciva, te promjene udjela i aktiviteta vode nakon pečenja i skladištenja.

Na slikama 4 i 5 i tablici 3 prikazani su rezultati **određivanja udjela i aktiviteta vode** uzoraka čajnog peciva **ovisno o granulaciji šećera** nakon pečenja i skladištenja. Statistički obrađeni rezultati **promjene udjela vode** nakon pečenja i skladištenja uzoraka čajnog peciva **ovisno o granulaciji šećera**, bez obzira na temperaturu pečenja i udio natrijevog hidrogenkarbonata (tablica 3.) pokazuju da se ustalila statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) u promjeni udjela vode između uzoraka pripremljenih s šećerom granulacije  $> 1000 \mu\text{m}$  (S1000) i uzoraka pripremljenih s ostale dvije granulacije šećera (šećera u prahu, SP i šećera granulacije  $< 800 \mu\text{m}$ , S800). Uzorci pripremljeni od SP i S800 statistički se značajno ne razlikuju tijekom cijelog vremena skladištenja prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Statistički obrađeni rezultati **promjene aktiviteta vode**, nakon pečenja i skladištenja, pokazuju da se svi ispitivani uzorci obzirom na granulaciju šećera (SP, S800, S1000) statistički značajno ne razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Rezultati praćenja **promjene udjela i aktiviteta vode** nakon pečenja i skladištenja uzoraka čajnog peciva obzirom na različite **udjele  $\text{NaHCO}_3$**  (slika 6., slika 7., tablica 4.) pokazali su, nakon statističke analize, nepostojanje statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Promjena udjela vode** nakon pečenja i skladištenja uzoraka čajnog peciva pri **različitim temperaturama** (slika 8., slika 9., tablica 5.) pokazala je kako postoji statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) u promjeni udjela vode između uzoraka pečenih pri  $180^\circ\text{C}$  i uzoraka pečenih pri  $205^\circ\text{C}$  i  $230^\circ\text{C}$ . Između uzoraka pečenih pri  $205^\circ\text{C}$  i  $230^\circ\text{C}$  nema statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za vrijednosti promjene udjela vode prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Rezultati statističke obrade **promjene aktiviteta vode** pokazali su da se svi ispitivani uzorci statistički značajno ne razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike obzirom na primjenjene temperature pečenja.

Padajući trend koji pokazuju rezultati udjela i aktiviteta vode tijekom skladištenja su u skladu s rezultatima koje je objavio Antonio Piga sa suradnicima (Piga, A., 2005), pri čemu su uzorci skladišteni 35 dana također u PVC vrećicama.

Na slikama 10 i 11 i 12 prikazani su podaci dobiveni **određivanjem čvrstoće, lomljivosti i rada smicanja** na ispitivanim uzorcima koji su pečeni s različitim **granulacijama šećera** (SP, S800, S1000) nakon pečenja i skladištenja. Iz rezultata je vidljivo da su se čvrstoća i lomljivost povećali, a rad smicanja smanjio nakon skladištenja. Statistička analiza promjene parametara

određenih analizom teksture (tablica 6) pokazala je da se uzorci pečeni sa SP i S800 međusobno statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u čvrstoći, ovisno o granulaciji šećera, bez obzira na udio natrijevog hidrogenkarbonata i temperaturu pečenja, dok se uzorci pečeni sa S1000 statistički značajno razlikuju od ostala dva prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u čvrstoći neovisno o udjelu natrijevog hidrogenkarbonata i temperaturi pečenja. Rezultati prikazani u tablici 6 pokazali su kako promjena lomljivosti i rada smicanja ispitivanih uzoraka nakon 3 mjeseca skladištenja statistički značajno ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike, ovisi o primjenjenoj granulaciji šećera kod zamjesa uzorka, bez obzira na udio natrijevog hidrogenkarbonata i temperaturu pečenja.

Slike 13, 14 i 15, te tablica 7 prikazuju rezultate dobivene mjerenjem čvrstoće, lomljivosti i rada smicanja kao i rezultate statističke analize promjene čvrstoće, lomljivosti i rada smicanja nakon skladištenja obzirom na različiti udio  $\text{NaHCO}_3$ . Rezultati određivanja **čvrstoće** (slika 13) i **lomljivosti** (slika 14) pokazuju rast u vrijednosti tih parametara nakon skladištenja. Statistička analiza (tablica 7) pokazuje da se uzorci s 0,67% i 1,11%  $\text{NaHCO}_3$  međusobno statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne u **promjeni čvrstoće**, bez obzira na primijenjenu temperaturu pečenja i granulaciju šećera. Najveće vrijednosti promjene čvrstoće nakon 3 mjeseca skladištenja pokazali su uzorci s najmanjim udjelom  $\text{NaHCO}_3$ . Rezultati statističke obrade **promjene lomljivosti** (tablica 7) pokazuju da se uzorci s 0,67%  $\text{NaHCO}_3$  i 1,56%  $\text{NaHCO}_3$  statistički značajno razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Najveće vrijednosti povećanja promjene lomljivosti nakon skladištenja, s obzirom na udio  $\text{NaHCO}_3$ , bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera, imali su uzorci s najmanjim udjelom (0,67%)  $\text{NaHCO}_3$ . Vrijednosti **rada smicanja** (slika 15) ovisno o **udjelu  $\text{NaHCO}_3$**  su se smanjile nakon skladištenja, a statistička analiza promjene rada smicanja ovisno o udjelu  $\text{NaHCO}_3$ , bez obzira na temperaturu pečenja i granulaciju šećera, pokazuje kako se svi ispitivani uzorci statistički značajno ne razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u radu smicanja.

Na slikama 16 i 17 i 18 prikazani su rezultati određivanja **čvrstoće**, **lomljivosti** i **rada smicanja** na ispitivanim uzorcima u **ovisnosti o temperaturi pečenja**, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera. Najveću čvrstoću nakon skladištenja, imali su uzorci pečeni pri 180 °C, a rezultati statističke analize (tablica 8) pokazali su da se ti uzorci statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) od uzoraka pečenih pri 205 °C i 230 °C, dok se uzorci pečeni pri 205 °C, i 230 °C međusobno statistički značajno ne razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u čvrstoći obzirom na temperature pečenja uzoraka čajnog peciva. Vrijednosti za **lomljivost** (slika 17) nakon 3 mjeseca skladištenja su se povećale kod svih uzoraka pečenih pri različitim temperaturama, a najviša vrijednost promjene

lomljivosti nakon skladištenja (tablica 8) imali su uzorci pečeni pri 180 °C, dok su minimalan porast promjene lomljivosti imali uzorci pečeni pri 230 °C. Rezultati statističke analize pokazali su da se svi uzorci pečeni pri različitim temperaturama međusobno statistički razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u lomljivosti. Srednje vrijednosti **rada smicanja** ovisno o **temperaturi pečenja**, pokazale su pad vrijednosti kod svih ispitivanih uzoraka nakon 3 mjeseca skladištenja (slika 18). Najmanju promjenu u vrijednostima rada smicanja nakon skladištenja imali su uzorci pečeni pri 180 °C i ti se uzorci statistički značajno razlikuju od uzoraka pečenih na 205 °C i 230 °C prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike, bez obzira na udio natrijvog hidrogenkarbonata i granulaciju šećera (tablica 8.).

Slike 19 - 26 prikazuju rezultate mjerenja **dužine** ( $d$ ), **visine** ( $h$ ) te izračunatog **koeficijenta širenja** čajnih peciva nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja. Rezultati su pokazali smanjenje visine te porast vrijednosti dužine i koeficijenta širenja nakon skladištenja.

Rezultati mjerenja **dužine**, **visine** te **koeficijenta širenja** čajnih peciva u **ovisnosti o različitoj granulaciji** šećera, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i temperaturu pečenja prikazani su na slikama 19, 20 i 21, a rezultati statističke analize promjene dužine, visine i koeficijenta širenja nakon skladištenja u tablici 9. Statistička analiza je pokazala da se uzorci pripremljeni s šećerom granulacije SP i S800 međusobno statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) te da se isti statistički značajno razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike od uzoraka pripremljenih s šećerom granulacije S1000 obzirom na promjenu dužine (promjera) uzoraka nakon skladištenja. Pored toga, statistička analiza je pokazala kako se nakon skladištenja u promjeni visine uzorci pripremljeni s šećerom u prahu (SP) statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) od uzoraka pripremljenih s šećerom S800 i S1000 prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (tablica 9.) Statistička obrada izračunatih rezultata promjene **koeficijenta širenja** čajnog peciva nakon 3 mjeseca skladištenja pokazuje kako nema statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike obzirom na **granulaciju šećera**, a bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i temperaturu pečenja (tablica 9).

Slike 22, 23, 24 prikazuju rezultate **dužine**, **visine** i **koeficijenta širenja** pečenih čajnih peciva u ovisnosti o različitom **udjelu  $\text{NaHCO}_3$** , nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka, bez obzira na granulaciju šećera i temperaturu pečenja. Rezultati statističke analize promjene dužine, visine i koeficijenta širenja čajnog peciva nakon skladištenja ovisno o udjelu  $\text{NaHCO}_3$  prikazani su u tablici 10. Najveću promjenu u dužini i najmanju promjenu u visini nakon skladištenja imali su uzorci čajnog peciva s najnižom koncentracijom  $\text{NaHCO}_3$  (0,67%) i oni su se obzirom na promjenu dužine i visine statistički značajno razlikovali ( $p < 0,05$ ) od uzoraka s

1,11% i 1,56%  $\text{NaHCO}_3$  prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (tablica 10). Svi uzorci s različitim udjelima  $\text{NaHCO}_3$  nisu se međusobno statistički značano razlikovali ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike obzirom na promjenu koeficijenta širenja nakon skladištenja (tablica 10).

Slike 25 26 i 27 prikazuju rezultate **dužine, visine i koeficijenta širenja** pečenih uzoraka čajnih peciva **ovisno o temperaturi pečenja**, nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja uzoraka, bez obzira na udio  $\text{NaHCO}_3$  i granulaciju šećera. Rezultati statističke analize u tablici 11 pokazali su da se svi ispitivani uzorci statistički značajno međusobno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike obzirom na primijenjenu temperaturu pečenja u promjeni dužine i koeficijenta širenja nakon skladištenja, te da se uzorci pečeni pri 205 °C statistički značajno razlikuju od uzoraka pečenih na 180 °C i 230 °C prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u promjeni visine nakon skladištenja.

U tablicama 12, 13 i 14 prikazani su rezultati određivanja boje uzoraka čajnog peciva nakon pečenja i nakon 3 mjeseca skladištenja. Rezultati u tablici 12 pokazuju da se, obzirom na udio natrijevog hidrogenkarbonata od 0,67%, porastom temperature pečenja kod uzoraka S800 i S1000 smanjuje razlika ukupne promjene boje, kod uzoraka SP povećanjem temperature pečenja dolazi do povećanja razlike ukupne promjene boje pri temperaturi pečenja od 205 °C.

Rezultati promjene boje nakon pečenja i skladištenja kod uzoraka s dodatkom 1,11% natrijevog hidrogenkarbonata (tablica 13) pokazuju kako porastom temperature pečenja kod uzoraka S800 smanjuje se razlika ukupne promjene boje. Kod uzoraka S1000 i SP pečenih na 205 °C povećanjem temperature pečenja dolazi do povećanja razlike ukupne promjene boje.

U tablici 14 prikazani su rezultati promjene ukupne promjene boje nakon skladištenja kod uzoraka s dodatkom 1,56% natrijevog hidrogenkarbonata koji pokazuju da se porastom temperature pečenja kod uzoraka S800 i SP smanjuje razlika ukupne promjene boje. Kod uzoraka S1000 205 °C povećanjem temperature pečenja dolazi do povećanja razlike ukupne promjene boje.

## 6. ZAKLJUČCI

Nakon provedenog istraživanja i analize svih parametara ispitivanih uzoraka čajnog peciva, nakon 3 mjeseca skladištenja, doneseni su sljedeći zaključci:

- Udio i aktivitet vode nakon skladištenja ispitivanih uzoraka čajnog peciva su se smanjili.
- Promjena aktiviteta vode nakon skladištenja nije bila statistički značajna niti kod uzoraka s različitom granulacijom šećera, niti kod uzoraka s različitim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata, a isto tako obzirom na primjenjene temperature pečenja. Najveću promjenu udjela vode imali su uzorci pripremljeni s šećerom granulacije preko 1000  $\mu\text{m}$  i oni pečeni pri 180 °C.
- Teksturalna svojstva čvrstoće i lomljivosti rasla su nakon skladištenja, a vrijednosti rada smicanja su opadale.
- Najveće promjene u čvrstoći i lomljivosti nakon skladištenja imali su uzorci s najmanjim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata (0,67%) pečeni pri 180 °C. Obzirom na granulaciju šećera, najveću promjenu u čvrstoći pokazali su uzorci sa šećerom granulacije preko 1000  $\mu\text{m}$ , a najveću promjenu u lomljivosti uzorci pripremljeni s šećerom u prahu.
- Izračunati koeficijent širenja uzoraka čajnog peciva, kao i izmjerene vrijednosti dužine rasle su nakon skladištenja, dok se visina čajnog peciva smanjila obzirom na sva tri parametra koja su se mijenjala prilikom pripreme uzoraka (granulacija šećera, udio natrijevog hidrogenkarbonata i temperaturu pečenja).
- Promjene u dužini čajnog peciva bile su najmanje kod uzoraka pripremljenih s šećerom u prahu, s najnižim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata (0,67%) i primjenjenoj temperaturi pečenja od 180 °C. Najveće promjene visine zabilježene su kod uzoraka pripremljenih s šećerom granulacije preko 1000  $\mu\text{m}$ .
- Statistička analiza promjene koeficijenta širenja uzoraka čajnog peciva pokazala je nepostojanje statistički značajne razlike obzirom na granulaciju šećera, udio natrijevog hidrogenkarbonata i sve tri primjenjene temperature pečenja.
- Rezultati određivanja ukupne promjene boje pokazali su da se porastom temperature pečenja kod uzoraka pripremljenih s šećerom granulacije manje od 800  $\mu\text{m}$  smanjuje razlika ukupne promjene boje, kod sve tri ispitivane koncentracije natrijevog hidrogenkarbonata.

## **7. LITERATURA**

- Afoakwa, E. O.: *Chocolate Science and Technology*, Wiley-Blackwell, UK, 2010.
- Anglani, C.: Wheat minerals – A review. *Plant Foods for Human Nutrition* 52. 177-186, 1998.
- AACC 10-50D, Baking Quality of Cookie Flour, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000a
- AACC Method 44-15A: Moisture-Air-Oven Methods. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000b
- Arendt, E. K., Zannini, E.: *Cereal grains for the food and beverage industries*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 2013
- Chevallier i sur., 2002.
- Tratnik Lj, Božanić R.: *Mlijeko i mliječni proizvodi*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 2012.
- Đaković Lj: *Pšenično brašno*. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.
- Grapho Metronic. Color + Quality Part 3: Color systems. URL: <http://www.grapho-metronic.com/content/en/TechNotes/index.html> (15.07.2014).
- Hoseney R.C: *Principles of cereal science and technology*, AACC, Inc. St. Paul Minnesota, USA, 1994.
- Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2011
- Cornell, H. J., Hoveling A. W.: *Wheat chemistry and utilization*, Technomic Publishing Company, Inc. 1998
- Koehler P., Wieser, H.: *Chemistry of Cereal Grains*. u *Handbook of Sourdough Biotechnology*, Gobbetti, M., Gänzle M. (ur.), Springer, New York, 2013.
- Lukinac Čačić J: *Matematičko modeliranje i optimiranje kinetike promjene boje kruha tijekom pečenja*. Doktorski rad. Prehrambeno- tehnološki fakultet, Osijek, 2012.
- Manley D: *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Woodhead publishing Limited, 2000.
- Manley, D., *Biscuit packaging and storage*, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 1998.
- Mićić B: *Osnovi pekarstva*. Poslovno udruženje proizvođača hleba i peciva, Beograd, 1976.
- Piga, A., Catzeddu, P., Farris, S., Roggio, T., Sanguinetti, A., Scano, E.: Texture evolution of „Amaretti“ cookies during storage. *Eur Food Res Technol* 221: 387-391, 2005.

Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo. TIM ZIP d.o.o, Biblioteka Kruh za život, Zagreb, 2007.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, NN br. 47/2008.

Ministarstvo poljoprivrede RH: Pravilnik o mazivim mastima, NN br.41/2012

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva. Pravilnik o keksima i keksima srodnim proizvodima, NN 73/05

Ugarčić-Hardi Ž: Tehnologija tjestenine i keksova (interna skripta). Prehrambeno- tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 1999

Ugarčić-Hardi, Ž, Koceva Komlenić, D, Jukić, M, Kuleš, A.: Sirovine biljnog podrijetla - žitarice, leguminoze i uljarice, Upute za laboratorijske vježbe (interna skripta), Prehrambeno- tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2009

Yam, K.L., Papadakis, S.E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering. 61:137–142, 2004.

[www.members.ift.org](http://www.members.ift.org) – Institute of Food Technologists (11.07.2014.)