

# Utjecaj temperature i različitog udjela natrijevog hidrogenkarbonata na teksturu i boju čajnog peciva

---

Jurošević, Ivana

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:109:960687>

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

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



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

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



image not found or type unknown

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

**Ivana Jurošević**

**Utjecaj temperature i različitog udjela natrijevog  
hidrogenkarbonata na teksturu i boju čajnog peciva**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, srpanj, 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:** Biotehničke znanosti

**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 18. lipnja 2014.

**Predlagatelj teme, mentor :** izv. prof. dr.sc. Daliborka Koceva Komlenić

**Komentor:** doc. dr. sc. Jasmina Lukinac Čačić

**Utjecaj temperature i različitog udjela natrijevog hidrogenkarbonata na teksturu i boju čajnog peciva**

Ivana Jurošević, 179-DI/12

**Sažetak:**

Cilj diplomskog rada bio je odrediti utjecaj temperature i različitog udjela natrijevog hidrogenkarbonata na teksturu i boju čajnih peciva dobivenih u laboratorijskim uvjetima. Svaki zamjes razlikovao se prema dodanoj količini natrijevog hidrogenkarbonata, granulaciji šećera ili temperaturi pečenja. Svakodnevno je analizirana tekstura proizvoda pomoću analizatora teksture, a boja je mjerena pomoću Minolta Chroma Metera-a. Nakon pečenja ispitivanih uzoraka, provedena su mjerenja dužine, visine čajnih peciva te dinamika promjene aktiviteta vode i udjela vlage tijekom pečenja. Rezultati analize teksture pokazali su da povećani udio natrijevog hidrogenkarbonata smanjuje čvrstoću čajnih peciva, dok se na većim temperaturama čvrstoća i lomljivost povećavaju. Što se tiče boje, rezultati su pokazali da usporedbom ukupne promjene boje čajnog peciva dobivenog od različitih zamjesa i pečenog na različitim temperaturama, najmanje promjene boje u većini slučajeva imao je zamjes s najmanjim udjelom natrijevog hidrogenkarbonata.

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

**Rad sadrži:**

45	Stranica
30	Slika
14	Tablica
22	literaturnih referenci

**Jezik izvornika :** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

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

**Datum obrane:** 22. srpnja, 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**  
**Subdepartem 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, 7<sup>th</sup> 2014.

**Supervisor:** Ph. D. Daliborka Koceva-Komlenić, associate prof.

**Cosupervisor:** Ph. D Jasmina Lukinac Čačić, assistant prof.

Influence of temperature changes and different contribution of sodium hydrogen carbonate on texture and color of biscuits

Ivana Jurošević, 179-DI/12

### Summary

The aim of this master's thesis was to determine influence of temperature changes and different contribution of sodium hydrogen carbonate on texture and color of biscuits made in the laboratory conditions. Each kneading differed according to the amount of added sodium hydrogen carbonate granulation sugar or baking temperature. Daily texture of the product was analyzed using a texture analyzer and the color was measured using a Minolta Chroma Meter's. After baking samples were carried out measuring biscuit length and height, as well as water activity and moisture content during the baking. Results texture analysis showed that an increased proportion of sodium bicarbonate reduces the strength of biscuits, while at higher temperatures increase the strength and fragility. As for the colors, the results showed that comparing the total color change of biscuits obtained from different mixtures and baked at different temperatures, at least change the colors in most cases he is kneading with the lowest proportion of the sodium hydrogen bicarbonate.

**Key words:** biscuits, texture, color, temperature, sodium hydrogen carbonate

**Thesis contains:**

45	Pages
30	Figures
14	Tables
22	references

**Original in:** Croatian

**Defense committee:**

1. Ph. D Frane Čačić Kenjeric, assistant prof. – chair person
2. Ph. D. Daliborka Koceva-Komlenić, associate prof. - supervisor
3. Ph. D Jasmina Lukinac Čačić, assistant prof. - cosupervisor
4. Ph. D. Marko Jukić, associate prof. – stand-in

**Defense date:** July, 22<sup>nd</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

$L_0^*$	– 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
$\Delta E$	– promjena boje čajnog peciva
$m_0$	– masa uzorka prije sušenja [g]
$m_1$	– masa uzorka nakon sušenja [g]
$wv$	– udio vode (vlage) [%]

## 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
2.2.1.1. Kemijski sastav pšenice i brašna .....	3
2.2.2. Voda .....	7
2.2.3. Masnoće .....	7
2.2.3.1. Biljna mast .....	8
2.2.3.2. Maslac .....	8
2.2.4. Šećeri .....	9
2.2.5. Sredstva za narastanje .....	9
2.3. Proces proizvodnje čajnog peciva .....	10
2.3.1. Priprema sirovina .....	10
2.3.2. Odvaga i dodavanje po recepturi .....	11
2.3.3. Zamjes tijesta .....	11
2.3.4. Oblikovanje .....	12
2.3.5. Pečenje .....	12
2.3.6. Hlađenje .....	12
2.3.7. Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda .....	13
2.3.8. Tekstura .....	13
2.3.9. Boja .....	14
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	15
3.1. Zadatak .....	15
3.2. Materijal i metode .....	15
3.3. Proces proizvodnje čajnog peciva .....	15
3.4. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnih peciva .....	16
3.5. Ispitivanje boje čajnog peciva .....	18

3.6.	Određivanje udjela vode u čajnom pecivu.....	20
3.7.	Određivanje aktiviteta vode u čajnom pecivu .....	20
4.	REZULTATI .....	21
4.1.	Rezultati određivanja udjela i aktiviteta vode tijekom pečenja .....	21
4.2.	Rezultati određivanja teksture čajnog peciva .....	23
4.3.	Rezultati statističke analize gubitka mase tijekom pečenja čajnog peciva .....	27
4.4.	Rezultati statističke analize izmjerene dužine i visine čajnih peciva .....	29
4.5.	Rezultati određivanja boje čajnog peciva .....	32
4.5.1.	Ukupna promjena boje ispitivanih uzoraka.....	32
4.5.2.	Ukupna promjena boje u 10. minuti pečenja .....	33
4.5.2.1.	Promjene boje o vremenu pečenja za S800 .....	34
4.5.2.2.	Promjene boje o vremenu pečenja za S1000 .....	36
4.5.2.3.	Promjene boje o vremenu pečenja za SP .....	37
5.	RASPRAVA .....	39
6.	ZAKLJUČCI .....	44
7.	LITERATURA .....	45

## **1.UVOD**



Čajno pecivo je prehrambeni proizvod uglavnom dobiven od brašna, šećera i masnoće. Mogu biti raznih oblika, veličina, s različitim preljevima ili dodacima. I danas se čajna peciva smatraju tipičnim predstavnicima poslastica od brašna koja se proizvode kako u tvornicama tako i u domaćinstvima. Linije za proizvodnju čajnog peciva su automatizirane, iako je trenutno jako malo onih proizvođača koji su u potpunosti automatizirali cijeli proizvodni proces. Jedna od bitnih značajki je odgovornost tehnologa proizvodnje svakako njegova sposobnost u izradi kvalitetnih čajnih peciva te svjesnosti o potencijalu nabavake kvalitetnih sastojaka.

U ovom diplomskom radu pratio se utjecaj temperature pečenja i različiti udio natrijevog hidrogenkarbonata na promjenu teksture i boje čajnog peciva. Proizvedena čajna peciva dobivena su u laboratorijskim uvjetima, a razlikovala su se u temperaturi pečenja, dodanoj količini natrijevog hidrogenkarbonata, vrsti masnoće i šećera. Paralelno s praćenjem temperature i sredstava za narastanje tijesta pratio se i udio vlage te aktivitet vode.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. Čajno pecivo

Čajno pecivo je proizvod dobiven pečenjem oblikovanog masnog tijesta, a sadrži najmanje 10% masnoće, računato na gotov proizvod s najviše 5% vode (Pravilnik NN 73/05). Formiranje, pečenje i pakiranje su uglavnom kontinuirane aktivnosti dok je vaganje sastojaka i zamijes tijesta obično provođeno u serijama. U osnovi postoje dvije vrste zamijesa tijesta: tvrdi i meki zamijes. Razlika je određena u količini vode potrebne za tijesto koje ima zadovoljavajuću kvalitetu za rukovanje tijekom izrade tijesta. Tvrdi zamijes tijesta ima više vode i relativno malo masnoće (i šećera). Tijesto je čvrsto, tvrdo i rastezljivo (može se rastezati, a da ne dođe odmah do pucanja). Meka tijesta sadrže manje vode i relativno visoke razine masti i šećera. Takvo tijesto lako puca što znači da mu je rastezljivost mala. Kada govorimo o načinima oblikovanja čajnih peciva tada imamo sljedeću podjelu :

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

Svaka podskupina čajnih peciva razlikuje se po izgledu, bilo da je riječ o površini čajnog peciva koja može biti glatka pa sve do jako hrapava, sjajna ili bez sjaja ali 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 je mijenjaju pH sredine tijesta i bitni 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 kaka, 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

Tehnološka kakvoća brašna, hranjiva vrijednost, kemijski sastav i zdravstveno stanje određuje se nizom kemijskih, fizikalnih, mikrobioloških, reoloških i drugih analitičkih metoda. Cilj je da se unaprijed utvrdi sposobnost brašna da se iz njega mogu proizvesti kvalitetni komercijalni proizvodi. (Kent i Evers, 1994.). Kod proizvodnje čajnih peciva najčešće korištena brašna su pšenično brašno T-400 i T-550. Vrlo bitna značajka kod čajnih peciva je i granulacija brašna, a izbor brašna po granulometrijskom sastavu ovisi o sirovinskom tijesta i načina 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.

#### 2.2.1.1. Kemijski sastav pšenice i brašna

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 mekinje, a endosperm brašno. (Arendt i Zannini, 2013.)

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

	%
<b>Proteini (Nx6,25)</b>	11,3
<b>Lipidi</b>	1,8
<b>Ugljikohidrati</b>	59,4
<b>Prehrambena vlakna</b>	13,2
<b>Minerali</b>	1,7
<b>Voda</b>	12,6

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

Tablica 2. Prosječni kemijski sastav brašna (%) kod različitog stupnja izmeljavanja (Đaković, 1997.)

	% izmeljavanja			
	50	70	80	94-100
<b>Minerali</b>	0,46	0,62	0,80	1,7
<b>Proteini</b>	10,7	12,2	13,0	13,5
<b>Lipidi</b>	1,1	1,5	1,8	2,3
<b>Vlakna</b>	0,1	0,2	0,3	2,1
<b>Škrob i šećeri</b>	84	81	81	73

Velik dio hrane koji ljudi konzumiraju je u obliku škroba, koji je izvrstan izvor energije. Škrob se nalazi u biljkama u obliku granula te je poznato da je količinski glavna komponenta pšeničnog zrna. Škrobne granule različitog porijekla razlikuju se po obliku, veličini i općem izgledu. Mikroskopskim praćenjem može se uočiti razlika između granula škroba pšenice i granula škroba drugih žitarica. Grupiranjem granula po veličini dobivamo male, srednje i velike granule škroba. Veličina granula škroba zapravo nema nikakav utjecaj na samu kvalitetu brašna. Ukoliko dođe do grijanja pšeničnog škroba s vodom, granule škroba nabubre te nastaje koloidna suspenzija koja se odijeli u dvije komponente, amilozu i amilopektin. Mljevenjem zrna pšenice dolazi do postupnog usitnjavanja endosperma, te do rušenja strukture krupnih i sitnih čestica. Što je mljevenje finije to ima više oštećenih granula, a kakvoća brašna ovisi o količini oštećenih škrobnih granula. Naime, oštećene granule škroba su izvor ugljikohidrata za proizvodnju šećera koji je potreban pri fermentaciji tijesta dok neoštećene granule škroba na temperaturi fermentacije tijesta ne želatiniraju. (Hoseney, 1994., Arendt i Zannini, 2013.)

### Šećeri

Pokraj škroba, u pšeničnom brašnu su prisutni i drugi ugljikohidrati kao što su monosaharidi, disaharidi, oligosaharidi i polisaharidi. 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.)

Tablica 3. Prosječni udio slobodnih šećera u pšeničnom brašnu (MacArthur, L.A., D'Appolonia, B. I., 1979.)

Šećer	%
Saharoza	0,47
Rafinoza	0,31
Maltoza	0,08
Fruktoza	0,03
Glukoza	0,04

#### Hemicelulozne tvari i pentozani

Termini hemiceluloza i pentozani često se koriste naizmjenično, pa se time često čini da nemaju točno značenje. Međutim, oni zajedno 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. Hemiceluloznim tvarima zovu se pentozni polisaharidi ne topljivi u vodi, dok su pentozani pentozni polisaharidi topljivi u vodi. Topljivi i netopljivi pentozani imaju takav položaj hidroksilne grupe u vodi da se lako povezuju sa molekulama vode. Njihova razgranata struktura omogućuje im da na sebe vežu veliku količinu vode, što znači da pentozani povećavaju udio vode u tijestu i daju proizvode s većim udjelom vode te usporavaju sklonost ka starenju pekarskih proizvoda. (Hoseney, 1994.)

#### Proteini

Proteini su složeni kemijski spojevi velike molekularne mase, a ujedno su i glavna komponenta za određivanje kakvoće brašna u pšeničnom zrnu. U zrnu pšenice proteini su različito zastupljeni, pa tako u omotaču zrna pšenice ima oko 15% dok je u klici udio proteina između 17% i 27%. U endospermu, ovisno o vrsti pšenice, ima 5-16% proteina, iako unutar endosperma udio proteina raste od centra prema aleuronskom sloju. U pšenici se nalaze sljedeći proteini:

- albumin
- globulin
- prolamin(gliadin)
- glutelin(glutenin)

Upravo zahvaljujući prolaminu i glutelinu pšenica se razlikuje od ostalih žitarica. (Hoseney, 1994.)

### Lipidi

Pod izrazom lipidi, često se podrazumijevaju i masti i mastima slične tvari, kojih u brašnu ima 1,5-2,5%. Lipidi su prirodni organski spojevi koji se otape u otapalima za masti, ali i najnestabilniji spojevi u pšeničnom zrnju. Iako su prisutni u malim udjelima, lipidi igraju bitnu ulogu u formiranju fizikalnih svojstava tijesta i u velikoj mjeri pozitivno utječu na tehnološku kvalitetu brašna. Brašno iz kojeg se ekstrahiraju lipidi daje tijesto koje je manje rastezljivo i daje veći otpor rastezanju.

Iako su udjeli lipida u brašnu mali, funkcionalna svojstva su im od velikog značaja kod tehnološke proizvodnje na bazi brašna. Lipide brašna čine: trigliceridi, fosfolipidi i glikolipidi. Fosfolipidi povoljno utječu na gluten koji pri tome zadržava više plinova u tijestu, a pri tome sam proizvod dobiva veći volumen i bolju strukturu. Glikolipidi i fosfolipidi se povezuju s proteinima i škrobom brašna te utječu na njihovu pokretljivost i savitljivost. (Gavrilović, 2003.)

### Pigmenti

Pigmenti su nosioci boje različitog kemijskog sastava. U pšenici i proizvodima od pšenice nalaze se u vrlo malim količinama, a obično su to pigmenti žute boje: karoteni, ksantofili i flavoni. (Pomeranz, 1988.)

### 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. Koliko su mineralne tvari bitne u brašnu pokazuju tamnija brašna, koja imaju više mineralnih tvari i ujedno i veću biološku 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, 2005). Voda koja se koristi tijekom tehnološke proizvodnje određenih proizvoda mora biti bezbojna, bez okusa i mirisa. U slučaju kada dođe do povećanja kiselosti vode ili su prisutni ostaci amonijaka, znači da je došlo do onečišćenja vode uslijed razgradnje organskih materijala te se iz tog razloga 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. Brašno pri određenom sirovinskom sastavu je sposobno stvoriti tijesto s minimalnim udjelom vode kao i s udjelom vode većim od vrijednosti za moć upijanja vode brašna. (Gavrilović, 2000.)

### 2.2.3. Masnoće

Još prije šećera, koji je bio poznat tek u srednjem vijeku i koji se najprije koristio kao začim, a tek poslije kao namirnica upotrebljavale su se masnoće kao sastojak raznih proizvoda. (Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo, 2007.). U to vrijeme nije se razmišljalo o funkcionalnim svojstvima masti iako se već tada znalo da je mast vrlo hranjiva i da je koncentrirani izvor energije ljudske prehrane. Pojam masnoća obuhvaća iznenađujuće velik broj kemijskih, vrlo različito izgrađenih tvari u čijim molekulama prevladavaju lanci kojima je osnova metilen, tako da im je glavno svojstvo loše otapanje u polarnim otapalima (voda) i dobra topljivost u nepolarnim otapalima. (Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo, 2007.). U proizvodnji čajnih peciva mogu se koristiti različite masnoće, bilo da su prirodne, hidrogenirane ili emulgirane.

Poznato nam 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. Postoje razne podjele prema kojima dijelimo masti i ulja.

Podjela prema kemijskom sastavu:

- Tvrde ( masti)
- Tekuće (ulje)
- Masnoće mazive konzistencije



Podjela prema porijeklu :

- životinjske
- biljne

### **2.2.3.1. Biljna mast**

U tijestu od brašna, vode i masti, mast je raspodijeljena u tankim slojevima i povezana preko svojih hidrofobnih veza sa hidrofobnim vezama proteina i brašna. Mast ima sposobnost reguliranja ponašanja tijesta preko svojstva plastičnosti i sposobnosti apsorpcije mjehurića zraka. Napolarni trigliceridi masti djeluju kao omekšivač i utječu na konzistenciju tijesta. (Gavrilović, 2000). Plastična svojstva pecivih masti imaju važnu funkciju tijekom zamjesa tijesta. Čvrsta faza triglicerida utječe na smanjenu čvrstoću strukturalne organizacije kompleksa glutena dok tekuća faza triglicerida utječe na pokretljivost tijesta. Mast smanjuje sakupljanje tijesta tijekom mehaničke obrade jer smanjuje napetost koja dovodi do deformacije oblikovanog komada tijesta. Tijekom zamjesa tijesta bitan je redosljed dodavanja masti i vode jer je dokazano kako istovremeno dodavanje masti i vode brašnu doprinosi optimalnom razvoju tijesta. Mast se raspoređuje po česticama brašna, prilikom čega vodi omogućuje pristup i hidrataciju proteina i škroba. Rastom topline tijekom zamjesa dio masti obzirom na svoja plastična svojstva (pogotovo *shortening*) sporo prelazi u tekuću fazu što povoljno utječe na proces hidratacije. U slučaju da mast nije dovoljno plastična, otapa se rastom topline tijekom zamjesa. Tekuća faza se raspoređuje po površini čestica brašna čime sprječava vodu da dođe u kontakt s brašnom, zbog čega je usporeno bubrenje proteina glutena. U tijestu je mast 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 masti te istovremeno kvarenje samog proizvoda, tj.čajnog peciva. Kemijska svojstva masti se tijekom zamjesa, obrade i pečenja ne smiju mijenjati. Kako bi se spriječilo neželjeno kvarenje proizvoda, mast treba imati potrebnu stabilnost i sposobnost održivosti tijekom čitavog tehnološkog procesa proizvodnje i trajnosti čajnih peciva i drugih srodnih proizvoda. (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 (Pravilnik o mazivim mastima, NN br.41/2012), mliječne masti su proizvodi u obliku krute, plastične emulzije dobiveni isključivo od mlijeka ili drugih

mliječnih proizvoda. Maslac je proizvod čiji je udio mliječne masti najmanje 80, a najviše 90%, udio vode najviše 16% te udio bezmasne suhe tvari mlijeka najviše 2%. Postupak proizvodnje maslaca može biti kontinuirani i diskontinuirani. 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 ovim postupkom maslac se većinom dobiva iz slatkog vrhnja. 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. (Tratnik, 2012. )

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

#### 2.2.4. Šećeri

Često se pod nazivom šećer zapravo misli na saharozu dobivenu iz šećerne repe ili šećerne trske. Saharozu 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, uloga saharoze je smanjenje osmotske aktivnosti vode pri čemu gluten sporije bubri zbog čega je proces oblikovanja tijesta sporiji. Tijekom zamjesa se pojavljuju jaki otpori, što se može prikazati farinogramom. Ukoliko je saharozu prisutna u udjelu od 15 do 30% na brašno, utječe na dobivanje manje količine glutena u tijestu. Ako je u tijestu udio vlage ispod 25% preferira se upotreba šećera u prahu, čija je maksimalna veličina čestica 100  $\mu\text{m}$ . Prednost šećera je u prahu je ujedno i brže otapanje tijekom zamjesa tijesta. Fino samljeveni šećer u prahu, sa česticama maksimalne veličine od 30  $\mu\text{m}$  upotrebljava se pri izradi masnih punjenja. U masnom punjenju za čajna peciva mast se raspodjeljuje po površini čestica šećera i dodataka čime sprječava upijanje vlage i rekristalizaciju šećera.

#### 2.2.5. Sredstva za narastanje

Ideja da se umjesto kvasca upotrebljava prašak za pecivo stara je 150 godina, a prvi koji se u Njemačkoj bavio rješavanjem tog problema bio je Justus von Liebig. On je proizveo kruhove čija je struktura bila rupičasta od dodanog natrijevog hidrogenkarbonata i solne kiseline. Time

su postavljeni temelji proizvodnji praška za pecivo, ali i ostalih kemijskih sredstava za narastanje. (Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo, 2007.)

Kod proizvodnje keksa 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 keksa 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. (Gavrilović, 2003.)

Natrijev hidrogenkarbonat (natrijev bikarbonat,  $\text{NaHCO}_3$ ) stvara u tijestu i masama pri oko  $60^\circ\text{C}$  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 (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 tijestu za kekse u količini od 2 do 6 g/1 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, amonijev hidrogenkarbonat i dr.

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. (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.

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

### **2.3.1. Priprema sirovina**

Proizvođač čajnog peciva preuzima brašno u vrećama i smješta ga u silos ili podno skladište sirovina. Prije punjenja u silose potrebno je provesti prosijavanje brašna preko magneta do cilindričnog, centrifugalnog ili vibracijskog sita iz više razloga: kako bi se uklonile eventualne strane primjese te kako bi time takvo brašno postalo pogodno za zamjes. (Gavrilović, 2003.) Prije proizvodnje čajnih peciva potrebno je dopremiti sirovine iz skladišta sirovina. Sirovine koje

su prošle kontrolnu kvalitetu uzimaju se za proizvodnju prema normativu za svaku vrstu proizvoda. Brašno je svakako potrebno prosijavati i neposredno prije zamjesa kako bi se uklonile sve nečistoće (dio ambalaže, insekti i zrna žitarica) koje su možda zaostale. Ukoliko je potrebno, šećer ide na mljevenje ili na prosijavanje ovisno o tome koja granulacija šećera je potrebna. Tijekom pripreme sirovina masnoće se temperiraju tako što se otapaju. Proces dozrijevanja masti se odvija na temperaturi od 30,5 °C tijekom 24h.

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

Prije same proizvodnje čajnog peciva potrebno je dodati točno onoliko svake pojedinačne sirovine koliko je zadano po recepturi. Iz tog razloga vrši se vaganje svake sirovine pojedinačno. Glavne sirovine kod proizvodnje čajnog peciva, tj. brašno, šećer, te izvagana količina vode se dodaju direktno preko poluautomatske ili automatske vage, dok se ostale sirovine odvaguju i najčešće dodaju ručno u zamjes.

### **2.3.3. Zamjes tijesta**

Redosljed dodavanja sirovina u mjesilicu je takav da brašno istovremeno stupi u dodir sa čvrstim i masnim sirovinama, sirovinama pripremljenim u obliku suspenzije i slobodnom vodom. Doziranje sirovina kod proizvodnje čajnog peciva može biti jednofazno i dvofazno. Za tijesta koja se miješaju u sporohodnoj mjesilici (sa mješačem do 60 o/min) doziranje sirovina je dvofazno. Za tijesta koja se miješaju u brzohodnoj mjesilici ili mikseru doziranje sirovina može biti dvofazno ili jednofazno. Kod dvofaznog doziranja u mjesilicu dozira se predviđena količina šećera, vode, te predviđena količina biljne masti i masnoće, te ostalih sirovina osim 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 (Gavrilović, 2003.). Kod zamjesa tijesta za oblikovano čajno pecivo u mjesilici se homogeniziraju sve sirovine kroz nekih 5 minuta, osim brašna i  $\text{NaHCO}_3$ , koje se naknadno dodaju. Udio vlage u tijestu je 14-16%. Kod zamjesa za istisnuta čajna peciva u mjesilici se najprije umuti šećer i masnoće, zatim se dodaju ostale sirovine, a na kraju brašno i  $\text{NaHCO}_3$ , pa voda. Udio vlage kod ovog tijesta je od 16 do 26%.

### **2.3.4. Oblikovanje**

Tijesta za oblikovano čajno pecivo oblikuje se neposredno poslije zamjesa. Takvo tijesto iz dozirnog koša dolazi do valjaka, od kojih je jedan valjak s udubljenim formama. Tijesto se puni u udubljenu formu te pritiskom drugog valjka dobro se utisne u kalupu. Na kraju oblikovani proizvod ispada na transportnu traku. Tijesto za istisnuta čajna peciva također se oblikuju neposredno poslije zamjesa. Tijesto izlazi iz dozatora gdje ga potiskuju dva rebrasta valjka kroz volumne dozatore. Tjestena masa se istiskuju zbog djelovanja valjaka i gravitacije na trakasti transporter. Oblikovano tijesto ide na čeličnu traku i nakon toga na pečenje.

### **2.3.5. 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 izgled, dimenzije, formira strukturu, okus i aromatična svojstva. Pečenje počinje zagrijavanjem oblikovanog tijesta i praćeno je oduzimanjem vode. U početku pečenja je potrebna veća količina topline, a pri kraju pečenja se ona polako smanjuje. Procesi promjene sastojaka tijesta počinju u trenutku kad temperatura tijesta u površinskim slojevima dostigne 40 °C i završavaju se na kraju pečenja. Oblikovano čajno pecivo peče se tijekom 5-8 minuta pri temperaturi 190-220 °C nakon čega slijedi hlađenje. Pečenje se odvija u tunelskim pećima. (Gavrilović, 2003.)

### **2.3.6. Hlađenje**

Proces hlađenja započinje odmah nakon izlaska čajnog peciva iz pećnice, pri čemu se temperatura smanjuje, a čvrstoća povećava. Hlađenje se nastavlja sve dok se ne izjednači temperatura čajnog peciva s temperaturom prostorije, te dok se ne postigne svojstvena čvrstoća proizvoda. Proces hlađenja, kako čajnih tako i drugih keksarskih proizvoda, može se provoditi prirodnim, umjetnim ili kombiniranim putem. 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 razmjene 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.)

### 2.3.7. Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda

Nakon što se proizvod, u ovom slučaju čajno pecivo, ohladilo na odgovarajuću temperaturu, slijedi ručno ili automatsko pakiranje. Upakirani proizvod odvozi se u odgovarajuće skladište te se skladišti pri odgovarajućim uvjetima.

### 2.3.8. Tekstura

Tekstura je vrlo važno svojstvo koje utječe na procesiranje i rukovanje proizvodom, na vijek trajnosti proizvoda, te na prihvatljivost proizvoda od strane potrošača. Ovaj izraz je bilo jako teško definirati, a neke od definicija su:

Tekstura se sastoji od svojstava koja proizlaze iz strukturalnih elemenata hrane i načina na koji ih mi percipiramo pomoću osjetila (Sherman, 1970.)

Tekstura se može definirati kao senzorska manifestacija strukture hrane i načina na koji ta struktura reagira s primijenjenim silama. Specifična osjetila koja se ovdje uključuju su vid, sluh i kinestetika (Szczesniak, 1990.).

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.ift.org](http://www.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.

### 2.3.9.Boja

Vanjski izgled prvo je što potrošač vidi, tj. ugodna i lijepa boja svakako će utjecati na želju potrošača za čajnim pecivom. Tijekom proizvodnje čajnog peciva bitan je korak kontroliranja razvoja boje kako bi sam proizvod bio što bolje prihvaćen od strane potrošača. Razvijene su različite indirektno i direktne metode mjerenja boje na površini proizvoda. Direktne metode usmjerene su na kvantitativno praćenje produkata Maillardovih reakcija i karamelizacije, dok se indirektno metode 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).

Za mjerenje boje čajnog peciva može se koristiti Minolta Chroma Meter CR-400, koji je prikazan na slici 1.



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

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. Zadatak

Zadatak ovog diplomskog rada bio je praćenje utjecaja temperature i različitog udjela natrijevog hidrogenkarbonata na promjenu teksture i boje čajnog peciva. Svi proizvodi koji se obrađuju u ovom diplomskom radu dobiveni su u laboratorijskim uvjetima. Osim promjene teksture i boje čajnih peciva pratio se i udio vlage i aktivitet vode.

### 3.2. Materijal i metode

Materijali

Proizvod : Čajno pecivo

Receptura prema AACC 10-50D

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

\*\* primjenjeni 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

Čajna peciva koja su dobivena i analizirana oblikovana su i pečena u laboratorijskim uvjetima od sirovina koja su kupljena u lokalnim trgovinama. Sirovine su vagane prema recepturi AACC metode 10-50D, pri čemu se svaka sirovina vagala zasebno. Prvo se važe brašno, šećer, NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, otopina glukoze i destilirana voda u posudu miksera kojim se miješanje provelo. Sirovine koje se odvaguju 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) miksera

tijekom 3 minute. Pri tome se koriste žičane mutilice miksera. Svake minute potrebno je zaustaviti mikser te sastrugati sastojke sa stijenki posude u kojoj se vrši miješanje, kako bi se svi sastojci ravnomjerno izmiješali. Nakon završetka miješanja 3 minute, potrebno je dodati otopinu glukoze i destiliranu vodu te miješati brzinom 1 (najsporijom) tijekom 1 minute, a potom još 1 minutu brzinom 2 (srednja brzina miksera). Nakon što je dodana glukoza i destilirana voda, te se miješalo 2 minute, dodaje se ukupna količina brašna i sadržaj se miješa 2 minute brzinom 1 (najsporija brzina miksera), te je potrebno svakih 30 sekundi sastrugati sastojke sa stijenki posude. Dobiveno tijesto sakupiti ručno i okruglo oblikovati, staviti u PVC vrećicu te u hladnjak (8 °C) tijekom 30 - 60 minuta. Nakon što se tijesto ohladi, prvo izvagati cjelokupnu masu tijesta, razvaljati ga valjkom za tijesto na debljinu 7 mm u dva poteza valjka za tijesto (naprijed-nazad). Izrezati okrugle oblike tijesta promjera 60 mm (~ 35g). Ukupno je potrebno izraditi 26 komada oblikovanog tijesta za čajno pecivo. Prvih 9 komada tijesta se peku zajedno u pećnici (od tih 9 komada, 6 komada smo pekli za mjerenje dužine i visine, te za analiziranje teksture), sljedećih 10 komada tijesta koji se peku jedan po jedan u pećnici od 1 minute do 10, i na kraju 6 komada tijesta koji se peku sa sondama za praćenje temperature. Jedan komad oblikovanog tijesta od svakog uzorka se ostavlja nepečen, te se njemu također određuje boja, vlaga i aktivitet. Prilikom pečenja treba paziti da ne dođe do naglog porasta temperature jer tamnjenje unutarnjih slojeva može dati gorak okus proizvodu. Oblikovano tijesto peče se 10 minuta pri različitim temperaturama (180 °C, 205 °C i 230 °C). Pečeno čajno pecivo potrebno je hladiti 30 minuta, izvagati ih te izmjeriti dužinu (poredati 6 komada jedan do drugog te izmjeriti dužinu, a potom svaki komad zarotirati za 90° te opet izmjeriti dužinu) i visinu (poredati 6 komada jedan na drugi, izmjeriti visinu, zatim ponovno poredati jedan na drugi slučajnim odabirom redoslijeda te ponovno izmjeriti visinu).

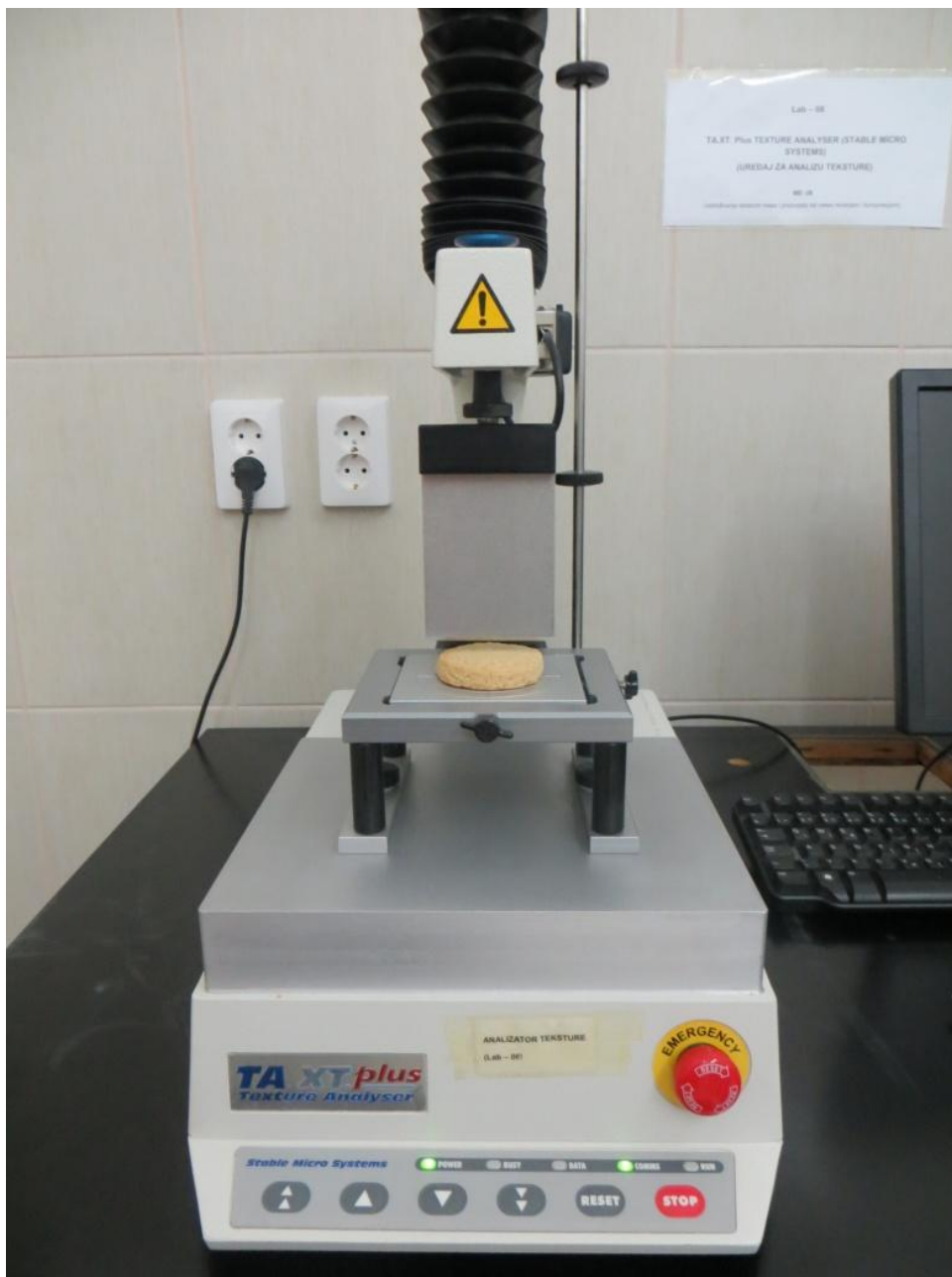
### 3.4. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnih peciva

Tijekom analize teksturalnih svojstava čajnog peciva koristio se uređaj TA.XT Plus (Stable Micro Systems), 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 se procjenio putem dobivenih vrijednosti za čvrstoću i elastičnost. Na slici 1. Prikazan je izgled uređaja TA.XT. Plus. Uzorci čajnog peciva analizirali su se na dva načina :

- savijanjem/lomljenjem uzoraka koji su podvrgnuti kompresiji
- prodiranjem cilindrične sonde u uzorak (čajno pecivo)

Prilikom lomljenja čajnog peciva, uzorci se stavljaju na bazu s prorezom i presijecaju pomoću noža koji služi za savijanje/lomljenje uzoraka. ( Slika 2.). Parametri pri lomljenju su sljedeći :

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



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



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

### 3.5. Ispitivanje boje čajnog peciva

Boja čajnog peciva mjerena je jednom metodom i to korištenjem kolorimetra (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 predmeta. Neposredno prije svakog mjerenja instrument je kalibriran pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Boja s površine čajnih peciva mjerena je na 5 mjesta obuhvaćajući čitavo

čajno pecivo. U CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostoru boja, svaka boja definirana je točnim mjestom u trodimenzionalnom prostoru kojeg predstavljaju tri međusobno okomite osi označene kao L<sup>\*</sup>, a<sup>\*</sup> i b<sup>\*</sup>, pri čemu je :

- ✓ L<sup>\*</sup> koordinata svjetline s podjelom od 0 (crna) do 100 (bijela)
- ✓ a<sup>\*</sup> koordinata obojenja (engl. *chromaticity*) s pozitivnim i negativnim smjerom, tj. vektorom crvene boje, +a<sup>\*</sup> (engl. *redness*) i vektorom za komplementarnu zelenu boju, - a<sup>\*</sup> (engl. *greenness*) ;
- ✓ b<sup>\*</sup>, koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom: ( + b<sup>\*</sup> ) vektorom žute boje (engl. *yellowness*) i ( - b<sup>\*</sup> ) vektorom komplementarne plave (engl. *blueness*). Prema izmjerenim vrijednostima boje čajnog peciva ( L<sup>\*</sup>, a<sup>\*</sup> i b<sup>\*</sup> ) 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 4.** ( Leon i sur.,2006.; Pedreschi i sur., 2007., Wee i sur., 2006).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3.1)$$

L<sub>0</sub><sup>\*</sup> – parametar svjetline tijesta

L<sup>\*</sup> – parametar CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostora boje – svjetlina boje (engl. *lightness*)

a<sub>0</sub><sup>\*</sup> – parametar boje tijesta CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostora boja

a<sup>\*</sup> – parametar CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostora boja

b<sub>0</sub><sup>\*</sup> – parametar boje tijesta CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostora boja

b<sup>\*</sup> – parametar CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostora boja

ΔE – ukupna promjena boje čajnog peciva

Statistički obrađeni podaci boje prikazani su kao srednja vrijednost ponavljanja ± standardna devijacija. Analiza varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ov LSD test najmanje značajne razlike (engl. *least significant difference*) provedeni su upotrebom programa Microsoft Office Excel 2007.

Tablica 4. Odnos između izračunate vrijednosti ( $\Delta E$ ) i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja (Grapho Metronic)

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

### 3.6. Određivanje udjela vode u čajnom pecivu

Prije postupka određivanja udjela vode uzorak je usitnjen na male komade tijekom nekoliko sekundi. Udio vode u postocima računa se prema jednadžbi :

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100 \quad (3.2).$$

$m_0$  – 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 isto kao i za određivanje udjela vode. Usitnjeni uzorak stavlja se u malu plastičnu posudu, posuda se zatim stavlja u ležište uređaja za određivanje aktiviteta vode (Rotronic, HygroPalm AW1) i pokreće se mjerenje. Mjerenja su provedena na načina da se mjerio aktivitet tijesta te uzoraka nakon 2., 4., 6., 8. i 10. minute pečenja. (Primo-Martina i sur.,2006.).

## **4. REZULTATI**

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

Tablica 5. Rezultati određivanja udjela vode u ovisnosti o temperaturi pečenja

temp. [°C]	0 min		1 min		2 min		3 min		4 min		5 min		6 min		7 min		8 min		9 min		10 min	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
180	18,14	0,45 <sup>a</sup>	17,83	0,34 <sup>a</sup>	17,33	0,50 <sup>a</sup>	15,92	0,77 <sup>a</sup>	13,90	1,15 <sup>a</sup>	12,92	0,80 <sup>a</sup>	12,21	1,01 <sup>a</sup>	10,89	1,33 <sup>a</sup>	10,02	1,09 <sup>a</sup>	9,34	0,91 <sup>a</sup>	8,63	1,37 <sup>a</sup>
205	17,94	0,45 <sup>a</sup>	17,61	0,43 <sup>a</sup>	17,04	0,61 <sup>ab</sup>	14,74	0,75 <sup>b</sup>	12,89	0,69 <sup>a</sup>	11,51	1,11 <sup>b</sup>	10,18	1,41 <sup>b</sup>	8,62	0,81 <sup>b</sup>	7,83	1,03 <sup>b</sup>	7,15	1,23 <sup>b</sup>	6,76	1,27 <sup>b</sup>
230	18,16	0,45 <sup>a</sup>	17,55	0,28 <sup>a</sup>	16,68	0,48 <sup>b</sup>	14,69	1,11 <sup>b</sup>	13,43	1,26 <sup>a</sup>	11,47	1,21 <sup>b</sup>	10,33	1,38 <sup>b</sup>	8,89	1,10 <sup>b</sup>	7,63	1,13 <sup>b</sup>	7,20	1,32 <sup>b</sup>	5,94	1,15 <sup>b</sup>

Tablica 6. Rezultati određivanja udjela vode u ovisnosti o udjelu NaHCO<sub>3</sub>

udio NaHCO <sub>3</sub>	0 min		1 min		2 min		3 min		4 min		5 min		6 min		7 min		8 min		9 min		10 min	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
0,67%	18,08	0,32 <sup>a</sup>	17,67	0,33 <sup>a</sup>	17,17	0,51 <sup>a</sup>	15,58	0,83 <sup>a</sup>	13,91	1,20 <sup>a</sup>	12,59	1,08 <sup>a</sup>	11,56	1,41 <sup>a</sup>	9,96	1,76 <sup>a</sup>	8,93	1,59 <sup>a</sup>	8,32	1,43 <sup>a</sup>	7,63	1,80 <sup>a</sup>
1,11%	18,13	0,65 <sup>a</sup>	17,58	0,45 <sup>a</sup>	16,87	0,48 <sup>a</sup>	14,92	0,67 <sup>a</sup>	13,21	1,19 <sup>a</sup>	11,53	1,42 <sup>a</sup>	10,35	1,44 <sup>a</sup>	9,48	1,32 <sup>a</sup>	8,46	1,42 <sup>a</sup>	8,06	1,69 <sup>a</sup>	7,11	1,65 <sup>a</sup>
1,56%	18,03	0,32 <sup>a</sup>	17,73	0,32 <sup>a</sup>	16,99	0,74 <sup>a</sup>	14,85	1,40 <sup>a</sup>	13,09	0,81 <sup>a</sup>	11,77	0,98 <sup>a</sup>	10,82	1,70 <sup>a</sup>	8,96	1,30 <sup>a</sup>	8,09	1,59 <sup>a</sup>	7,30	1,44 <sup>a</sup>	6,58	1,58 <sup>a</sup>



Tablica 7. Rezultati određivanja aktiviteta vode u ovisnosti o temperaturi pečenja

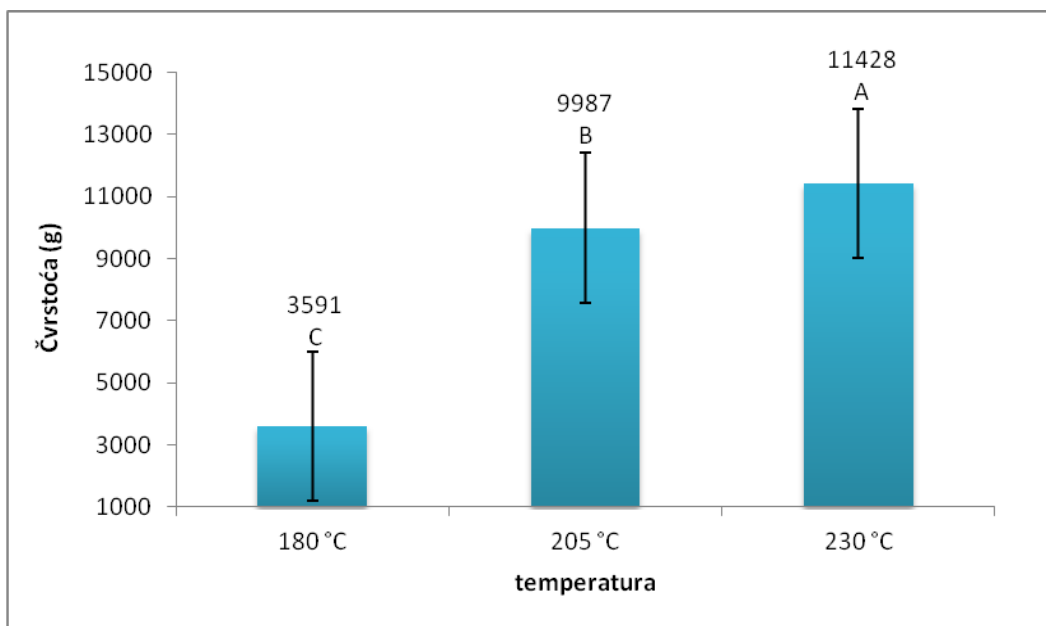
temp. [°C]	0 min			2 min			4 min			6 min			8 min			10 min		
	AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD	
<b>180</b>	0,78	0,04	a	0,74	0,03	a	0,70	0,03	a	0,65	0,03	a	0,59	0,07	a	0,57	0,07	a
<b>205</b>	0,76	0,03	a	0,73	0,04	ab	0,67	0,02	b	0,61	0,05	ab	0,52	0,05	b	0,48	0,08	b
<b>230</b>	0,79	0,01	a	0,71	0,02	b	0,67	0,03	b	0,63	0,03	b	0,53	0,05	b	0,49	0,08	b

Tablica 8. Rezultati određivanja aktiviteta vode u ovisnosti o udjelu NaHCO<sub>3</sub>

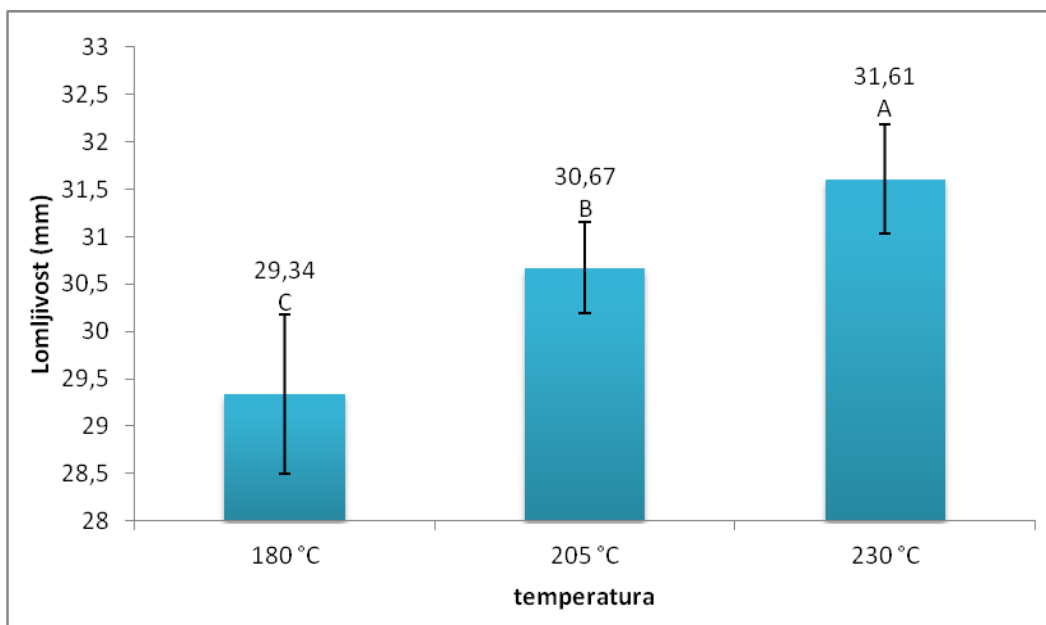
udio NaHCO <sub>3</sub>	0 min			2 min			4 min			6 min			8 min			10 min		
	AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD		AVG	SD	
<b>0,67%</b>	0,79	0,03	a	0,74	0,05	a	0,69	0,04	a	0,65	0,05	a	0,57	0,07	a	0,55	0,09	a
<b>1,11%</b>	0,77	0,04	a	0,71	0,03	a	0,67	0,02	a	0,63	0,04	a	0,54	0,06	a	0,49	0,09	a
<b>1,56%</b>	0,77	0,04	a	0,73	0,02	a	0,68	0,03	a	0,61	0,02	a	0,53	0,05	a	0,50	0,07	a



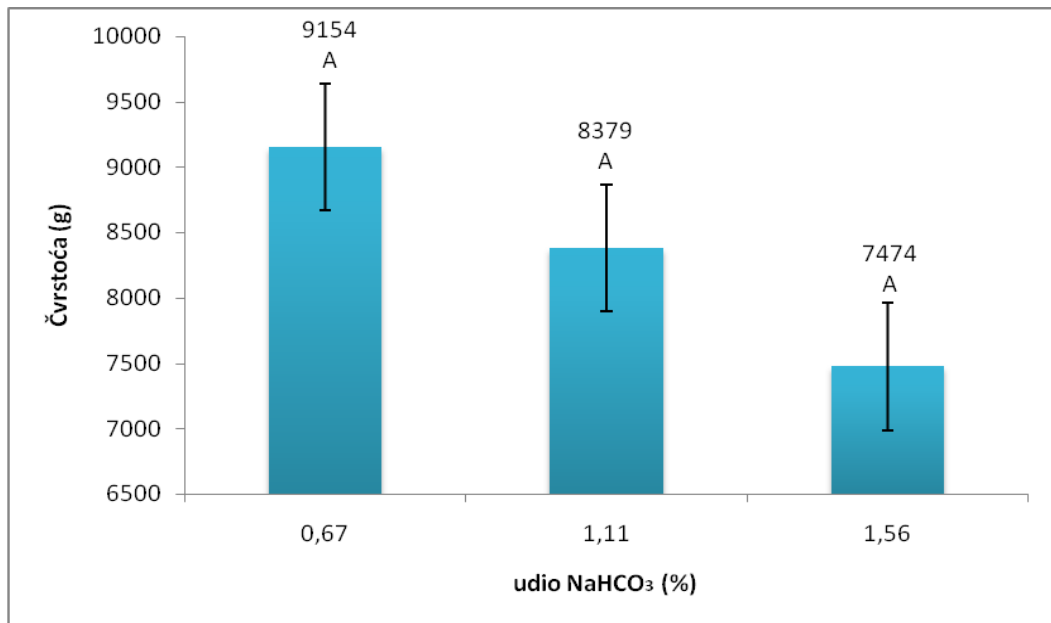
## 4.2. Rezultati određivanja teksture čajnog peciva



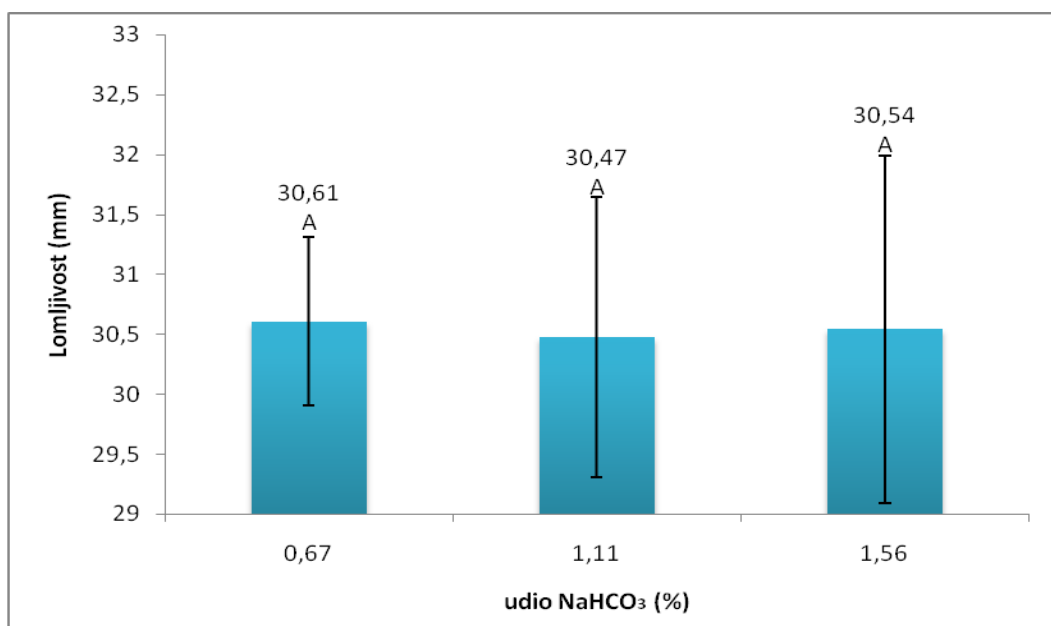
Slika 4. Prikaz čvrstoće čajnog peciva dobivenih na različitim temperaturama pečenja (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



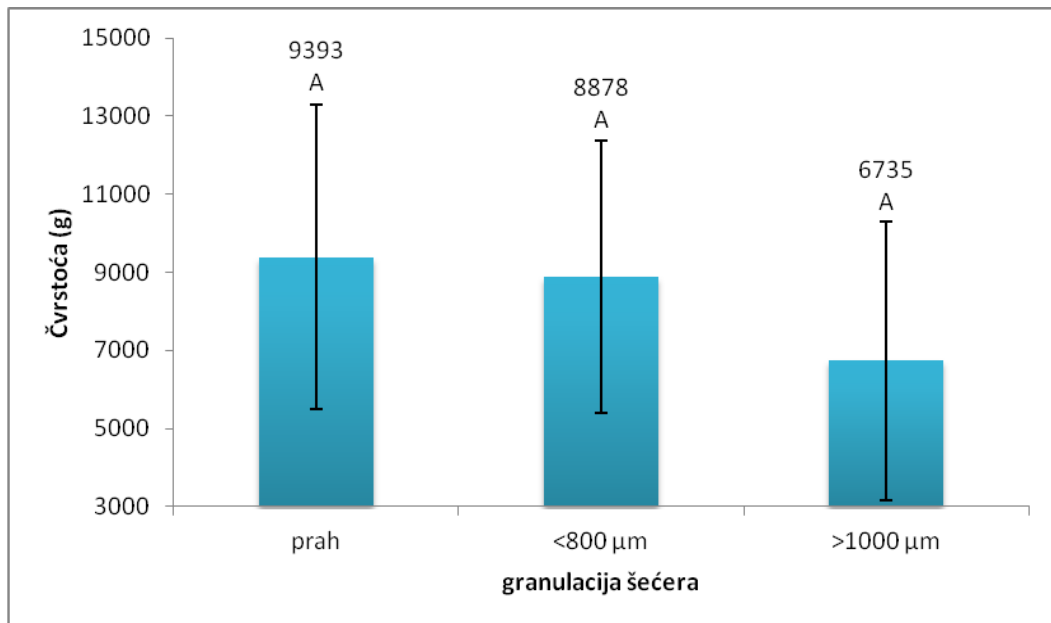
Slika 5. Prikaz lomljivosti čajnog peciva na različitim temperaturama pečenja (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



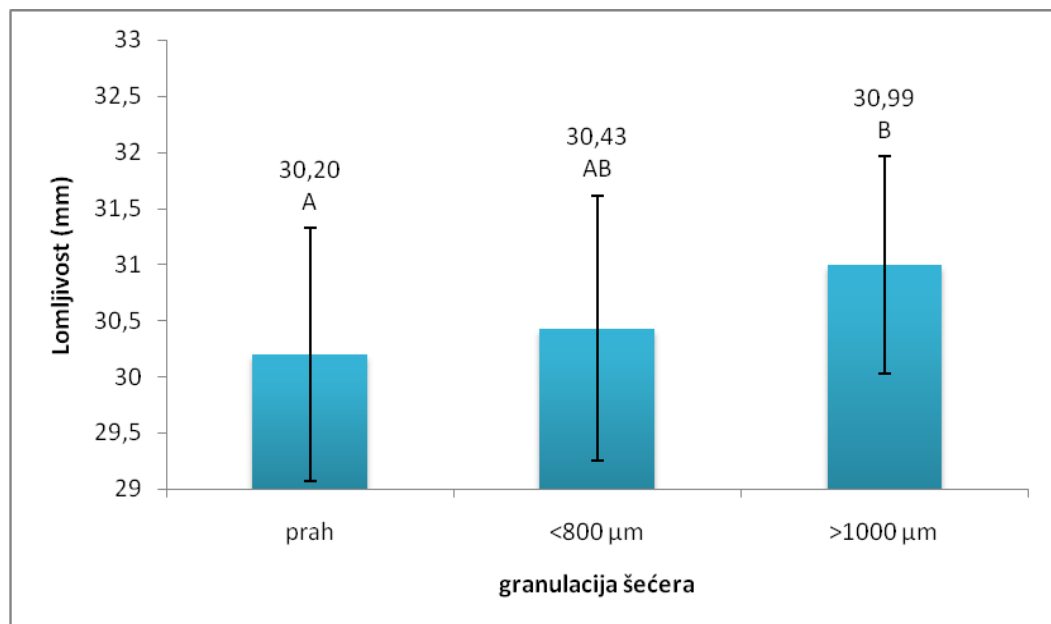
Slika 6. Prikaz čvrstoće čajnog peciva s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub> (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite (p<0,05) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



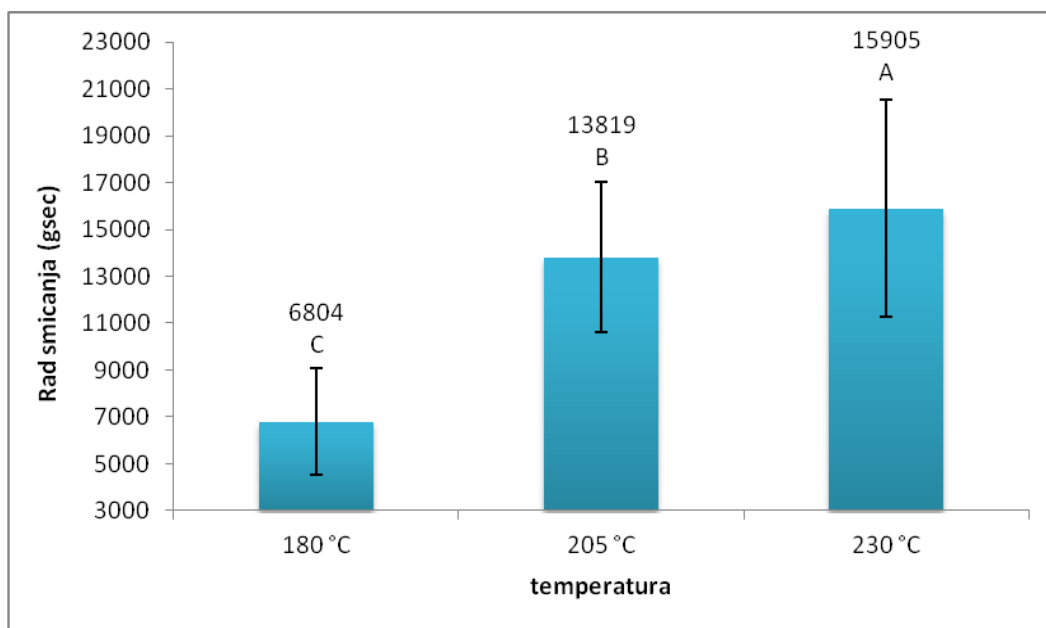
Slika 7. Prikaz lomljivosti čajnog peciva s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub> (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite (p<0,05) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



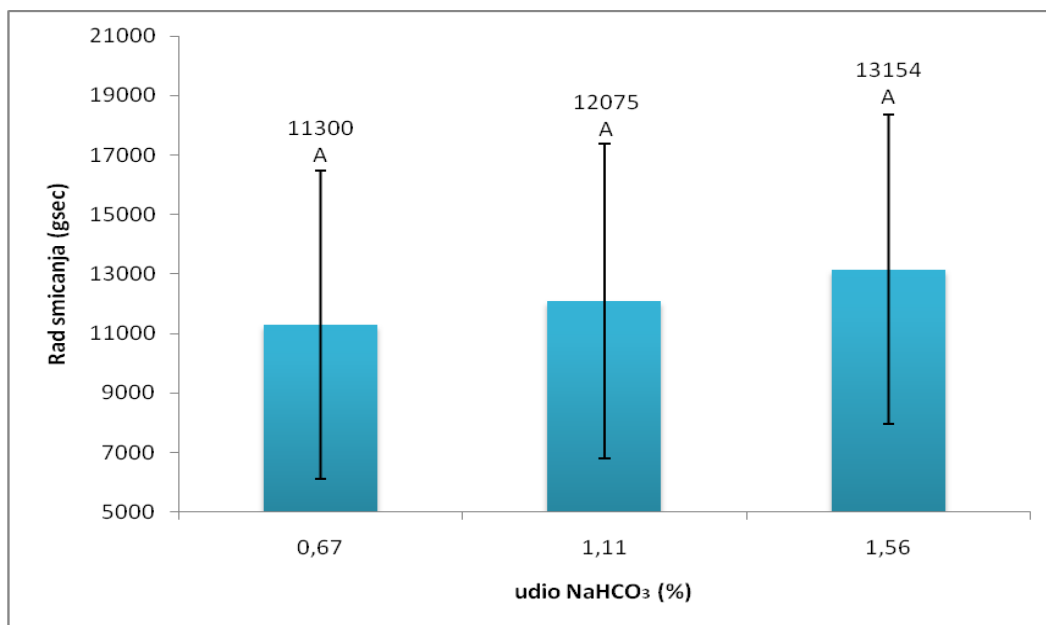
Slika 8. Prikaz čvrstoće čajnog peciva s obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



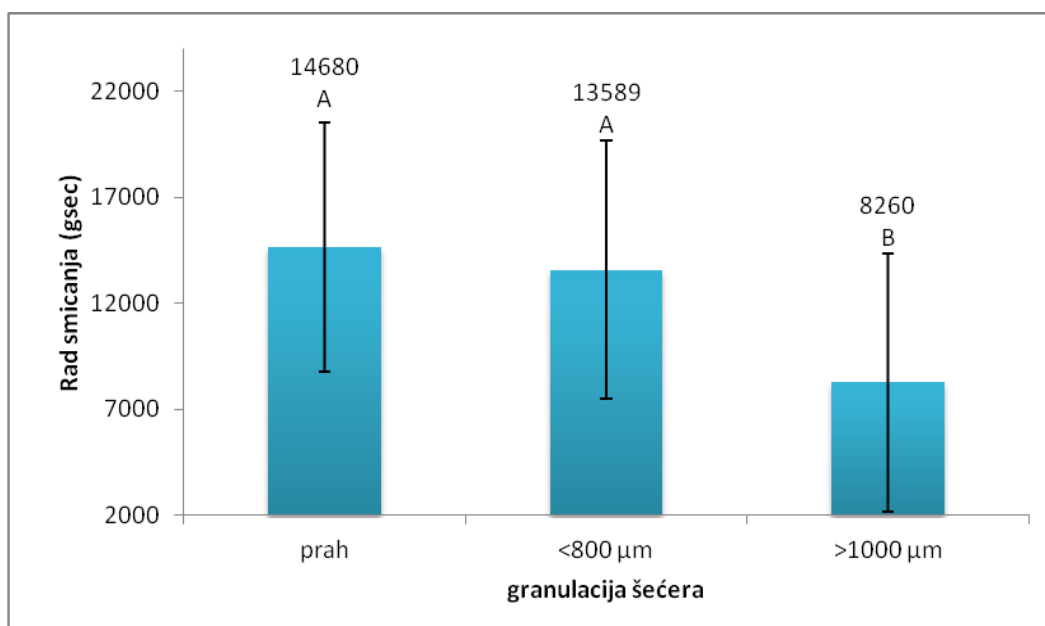
Slika 9. Prikaz lomljivosti čajnog peciva s obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 10. Rad smicanja s obzirom na temperaturu pečenja čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

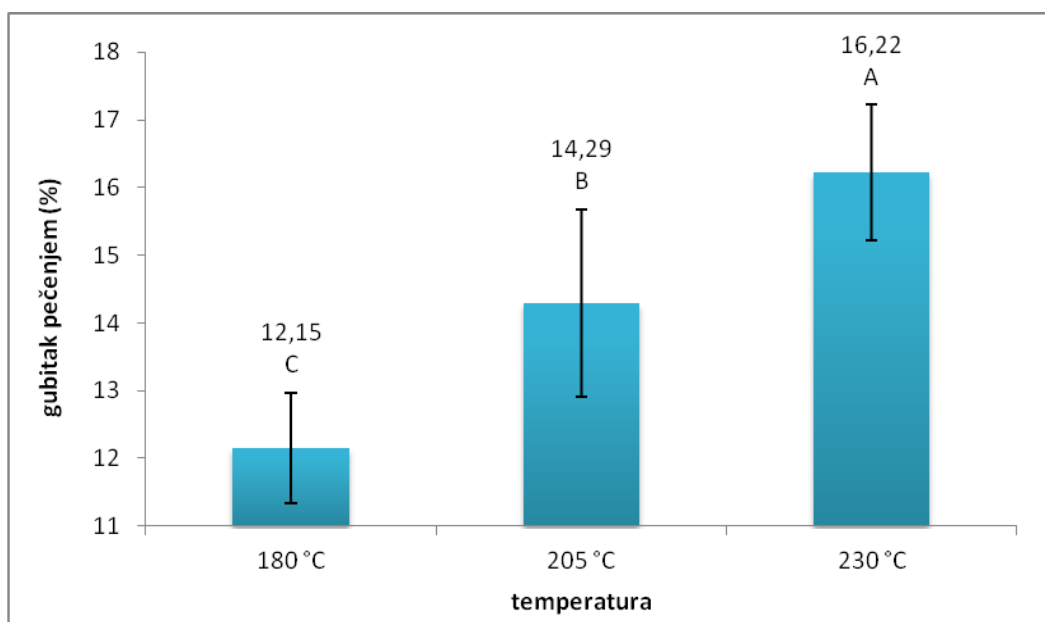


Slika 11. Rad smicanja s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub> (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



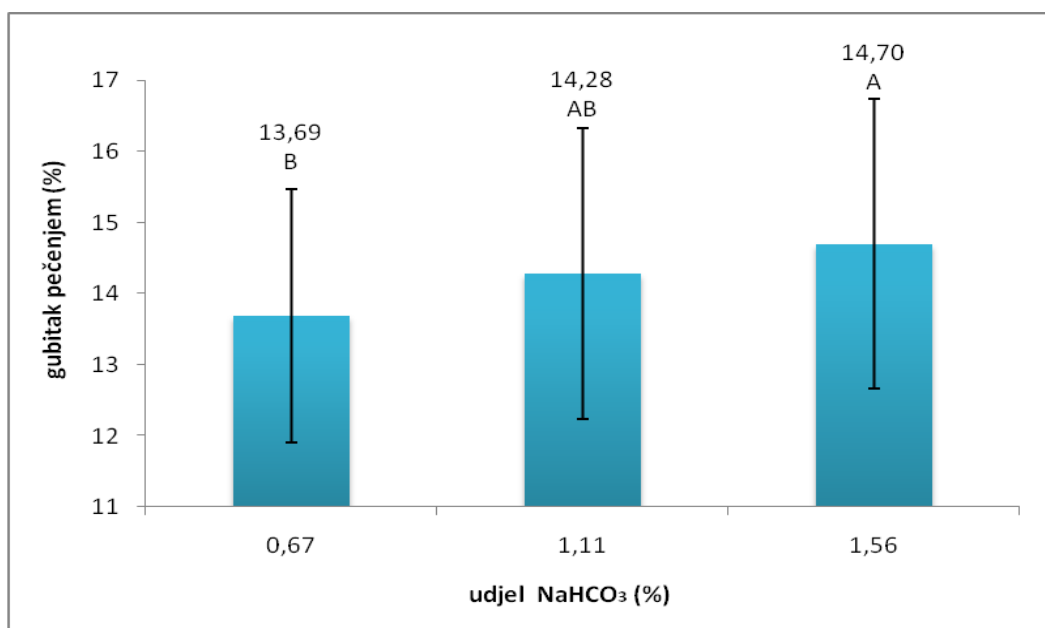
Slika 12. Rad smicanja s obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

### 4.3. Rezultati statističke analize gubitka mase tijekom pečenja čajnog peciva

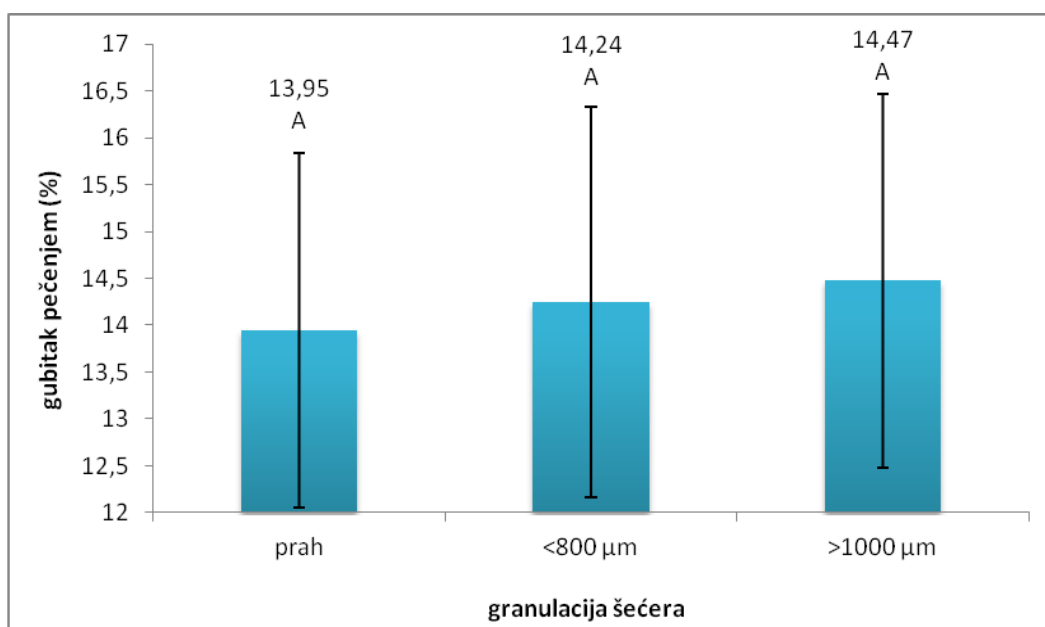


Slika 13. Prikaz gubitka mase tijekom pečenja s obzirom na temperaturu zamjesa čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



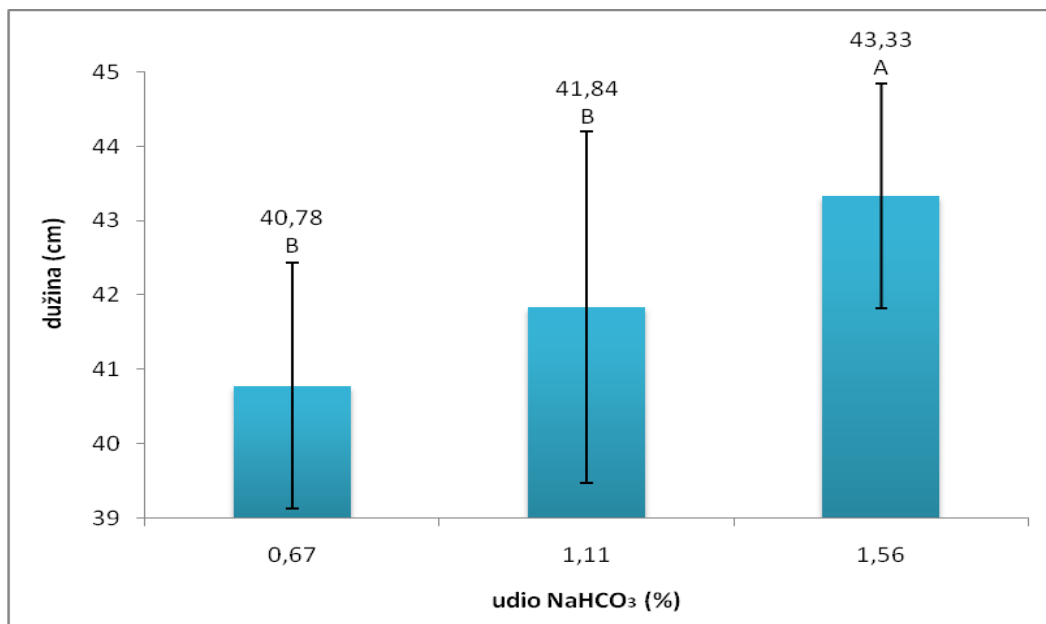
Slika 14. Prikaz gubitka mase tijekom pečenja s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub> u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



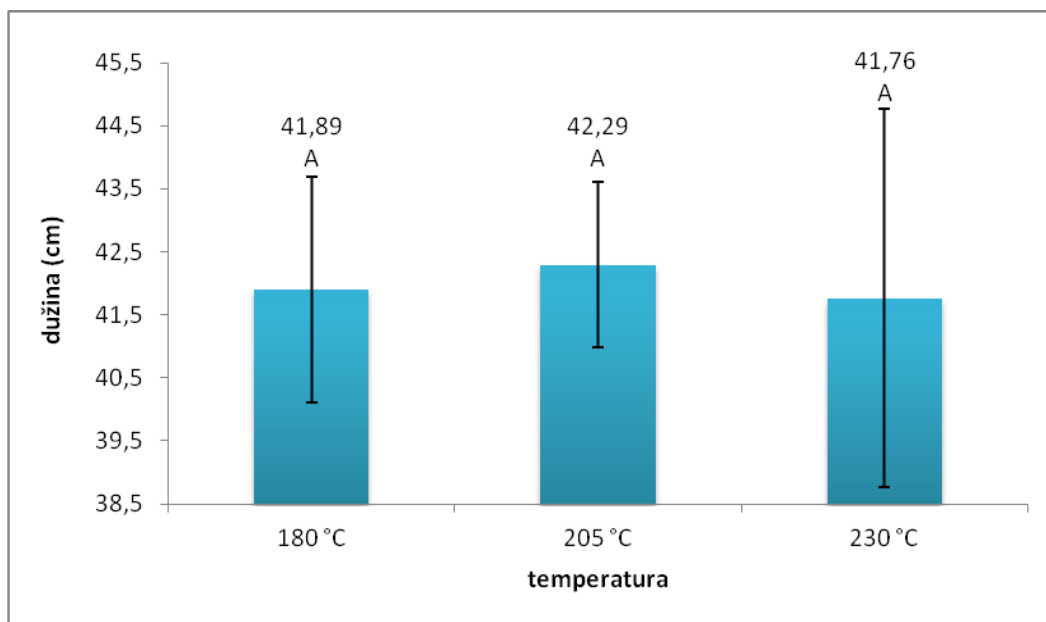
Slika 15. Prikaz gubitka mase tijekom pečenja s obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu čajnog peciva (vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



#### 4.4. Rezultati statističke analize izmjerene dužine i visine čajnih peciva

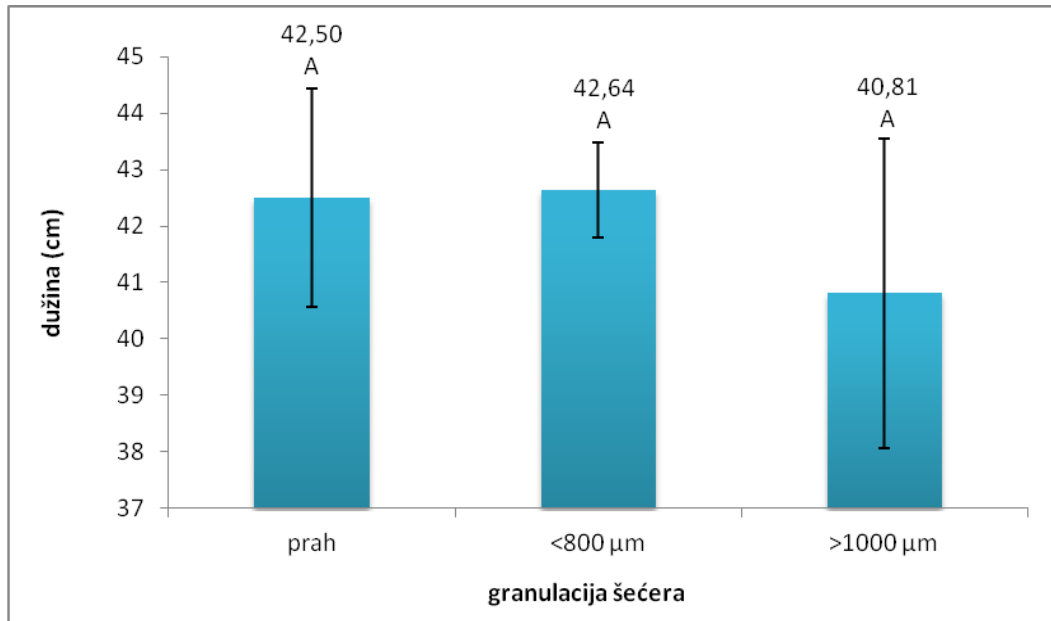


Slika 16. Prikaz promjene dužine pečenog čajnog peciva s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub> u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite (  $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

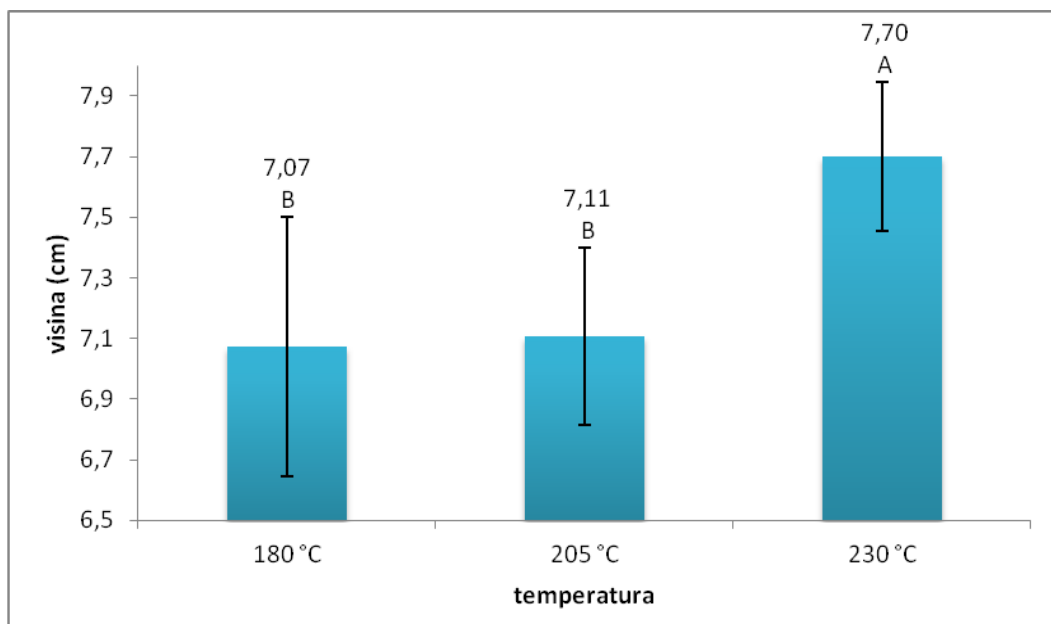


Slika 17. Prikaz promjene dužine pečenog čajnog peciva s obzirom na različite temperature pečenja čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija;

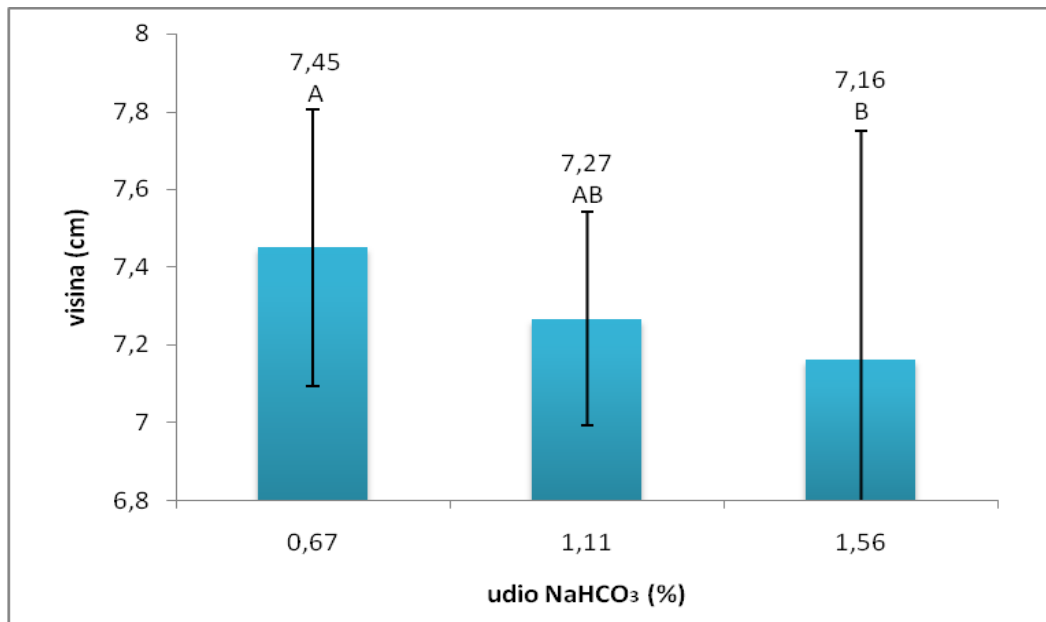
vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



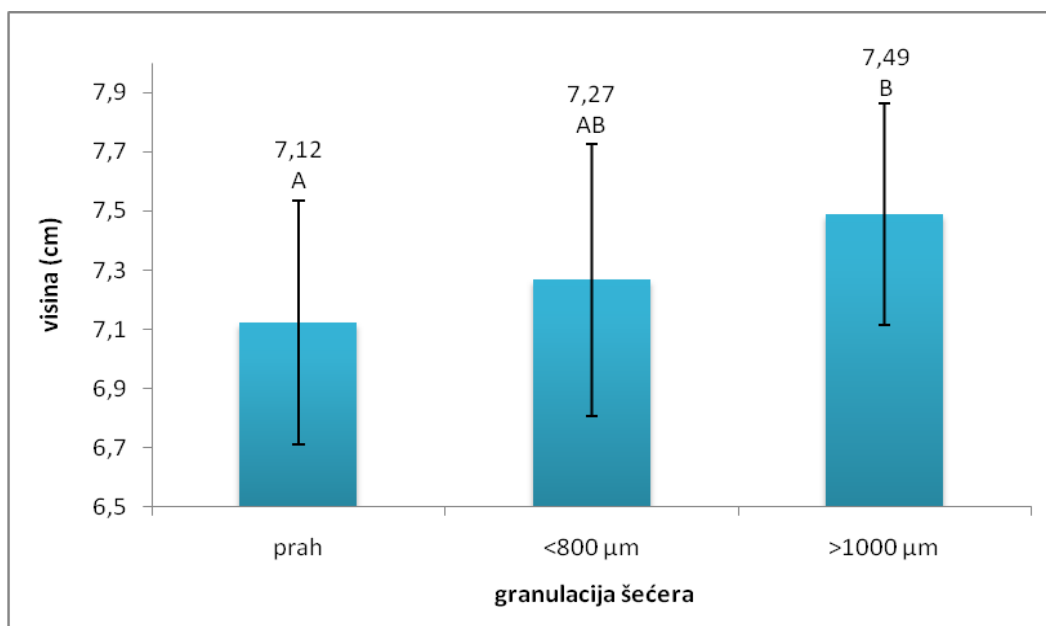
Slika 18. Prikaz promjene dužine čajnog peciva s obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 19. Prikaz promjene visine pečenog čajnog peciva s obzirom na temperaturu pečenja čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 20. Prikaz promjene visine pečenog čajnog peciva s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub> u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 21. Prikaz promjene visine pečenog čajnog peciva s obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu čajnog peciva (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

devijacija; vrijednosti označene istim slovom ili slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

## 4.5. Rezultati određivanja boje čajnog peciva

### 4.5.1. Ukupna promjena boje ispitivanih uzoraka

Tablica 9. Prosječne vrijednosti ukupne promjene boje uzoraka s dodatkom margarina i 0,67%  $\text{NaHCO}_3$

Granulacija šećera	$\Delta E_{\text{minolta (AVG)}}$		
	Temperatura [°C]		
	180	205	230
<b>S800</b>	8,16	12,22	12,86
<b>S1000</b>	6,41	9,00	9,26
<b>SP</b>	6,66	10,99	13,74

Tablica 10. Prosječne vrijednosti ukupne promjene boje uzoraka s dodatkom margarina i 1,11%  $\text{NaHCO}_3$

Granulacija šećera	$\Delta E_{\text{minolta (AVG)}}$		
	Temperatura [°C]		
	180	205	230
<b>S800</b>	10,08	12,60	12,80
<b>S1000</b>	5,67	10,60	12,23
<b>SP</b>	7,54	13,97	13,01

Tablica 11. Prosječne vrijednosti ukupne promjene boje uzoraka s dodatkom margarina i 1,56%  $\text{NaHCO}_3$

Granulacija šećera	$\Delta E_{\text{minolta (AVG)}}$		
	Temperatura [°C]		
	180	205	230
<b>S800</b>	12,23	16,15	14,37
<b>S1000</b>	8,42	16,06	14,98
<b>SP</b>	7,23	11,89	14,88

### 4.5.2. Ukupna promjena boje u 10. minuti pečenja

Tablica 12. Vrijednosti ukupne promjene boje u 10. minuti pečenja uzoraka s dodatkom margarina i 0,67% NaHCO<sub>3</sub>

Granulacija šećera	$\Delta E_{\text{minolta } 10'}$		
	Temperatura [°C]		
	180	205	230
<b>S800</b>	16,44	18,71	24,34
<b>S1000</b>	8,63	16,73	14,99
<b>SP</b>	4,26	18,12	26,19

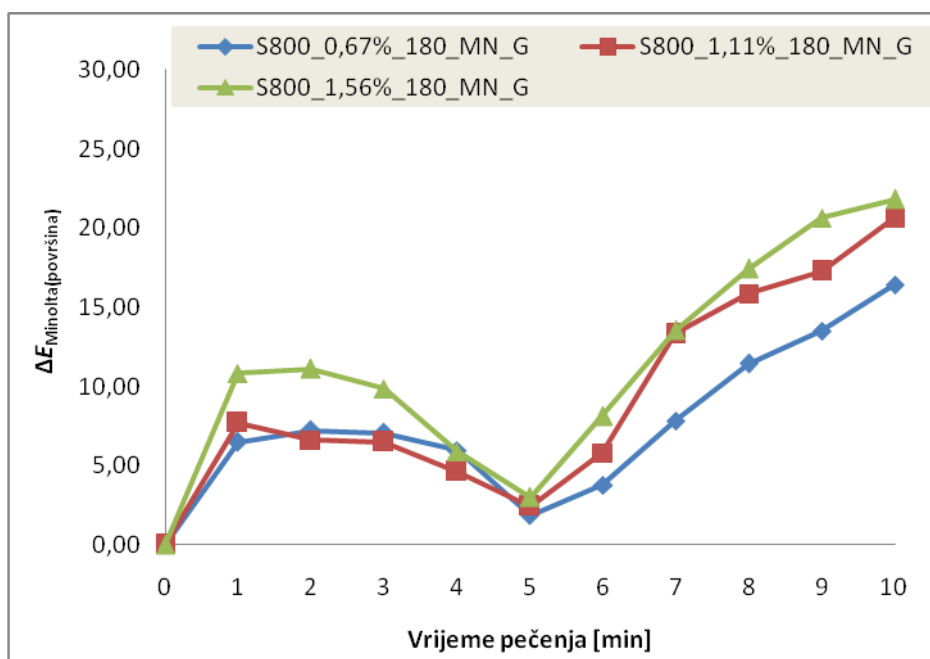
Tablica 13. Vrijednosti ukupne promjene boje u 10. minuti pečenja uzoraka s dodatkom margarina i 1,11% NaHCO<sub>3</sub>

Granulacija šećera	$\Delta E_{\text{minolta } 10'}$		
	Temperatura [°C]		
	180	205	230
<b>S800</b>	20,65	18,95	21,37
<b>S1000</b>	9,56	17,22	20,83
<b>SP</b>	14,05	24,29	21,93

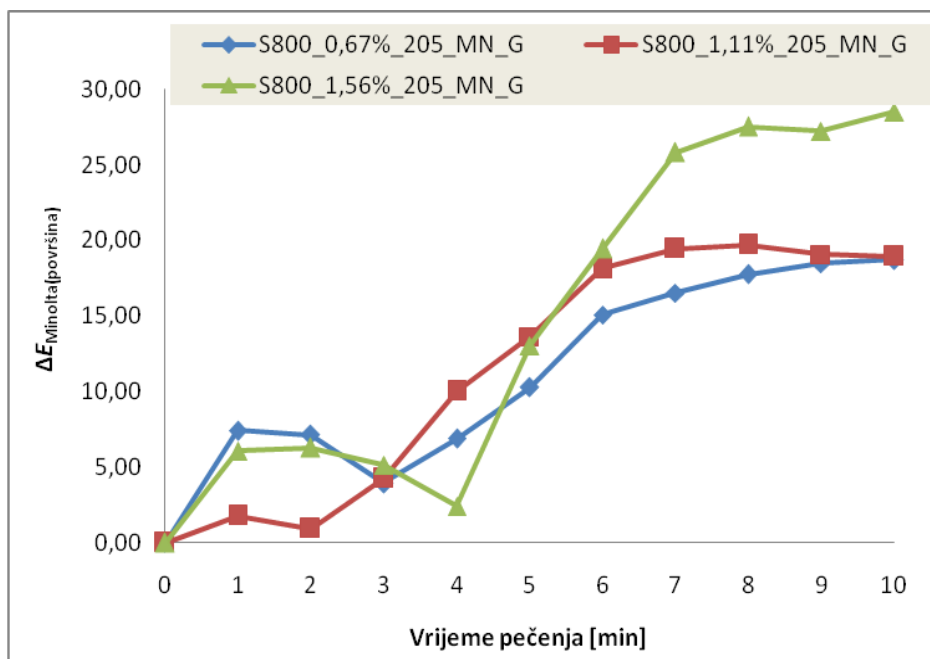
Tablica 14. Vrijednosti ukupne promjene boje u 10. minuti pečenja uzoraka s dodatkom margarina i 1,56% NaHCO<sub>3</sub>

Granulacija šećera	$\Delta E_{\text{minolta } 10'}$		
	Temperatura [°C]		
	180	205	230
<b>S800</b>	21,82	28,51	26,91
<b>S1000</b>	12,77	23,22	24,80
<b>SP</b>	15,64	22,80	23,66

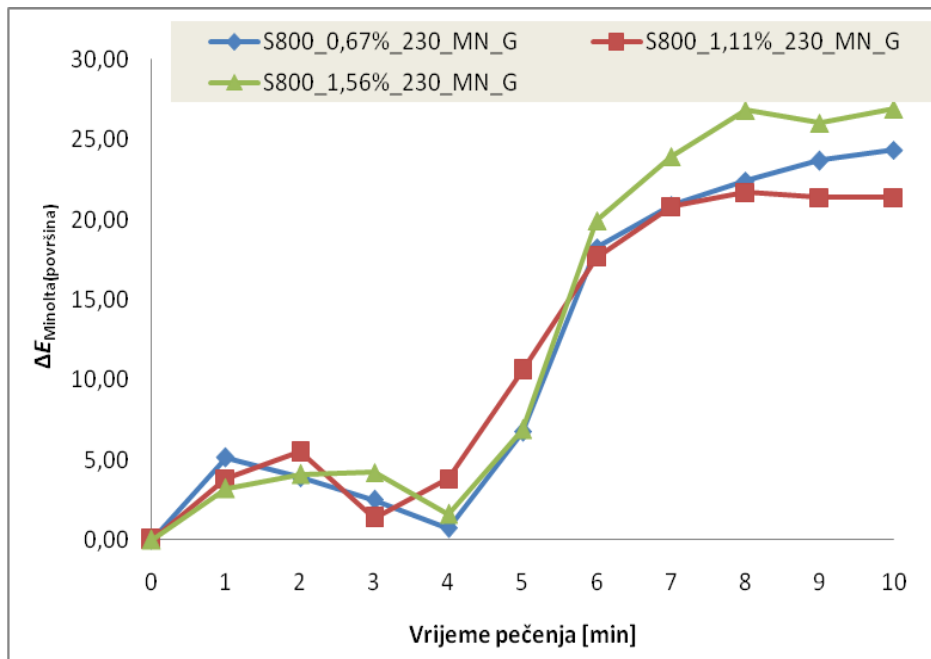
#### 4.5.2.1. Promjene boje o vremenu pečenja za S800



Slika 22. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 180 °C

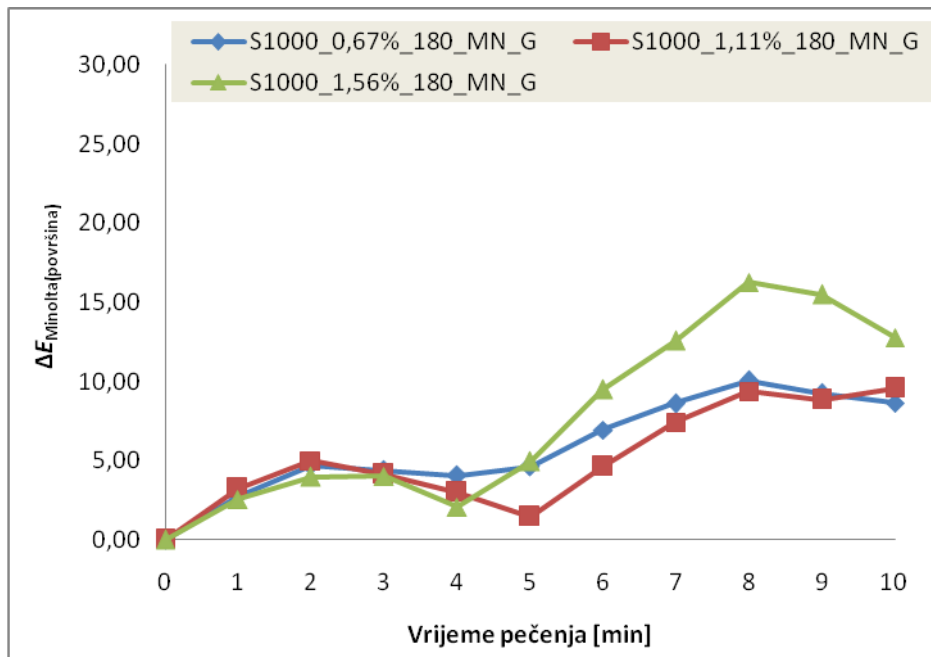


Slika 23. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 205 °C

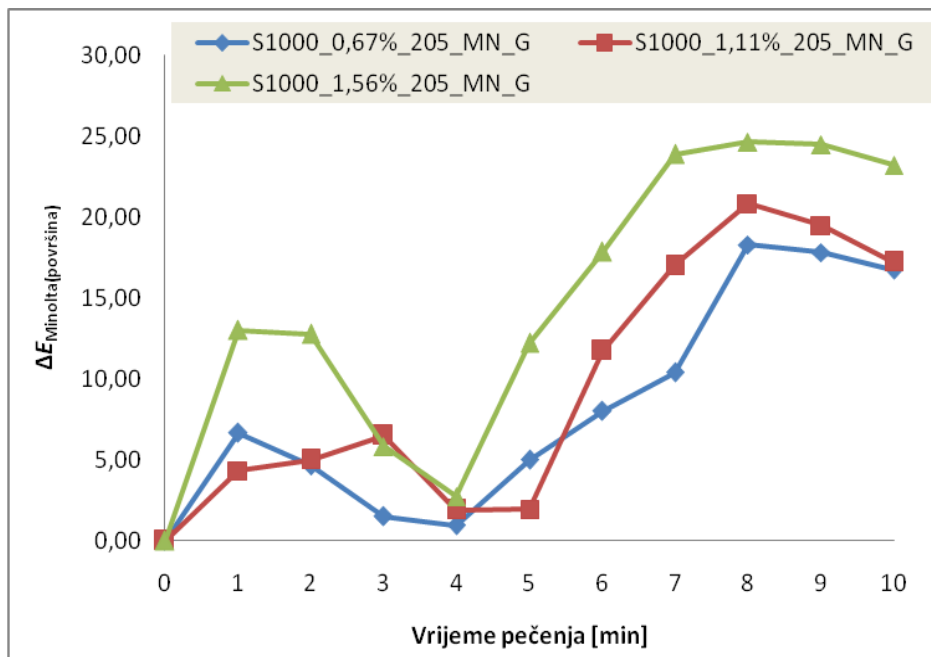


Slika 24. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 230 °C

#### 4.5.2.2. Promjene boje o vremenu pečenja za S1000

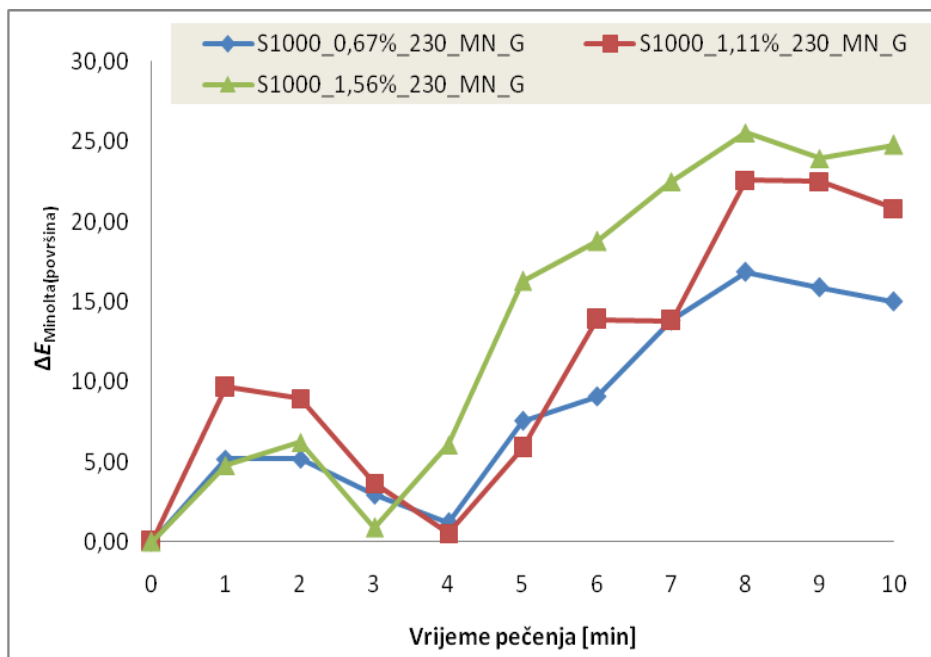


Slika 25. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 180 °C



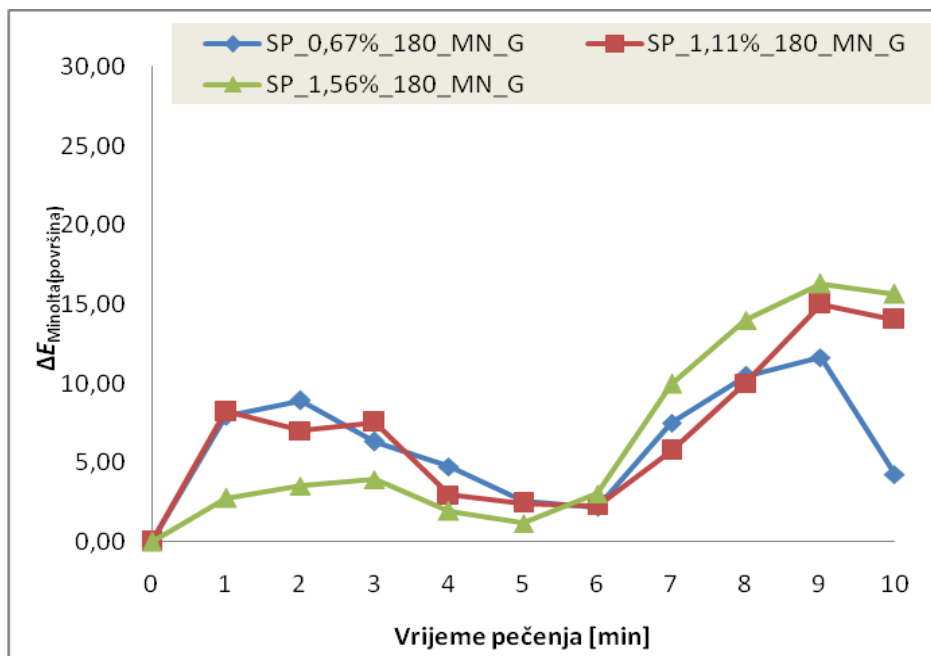
Slika 26. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 205 °C



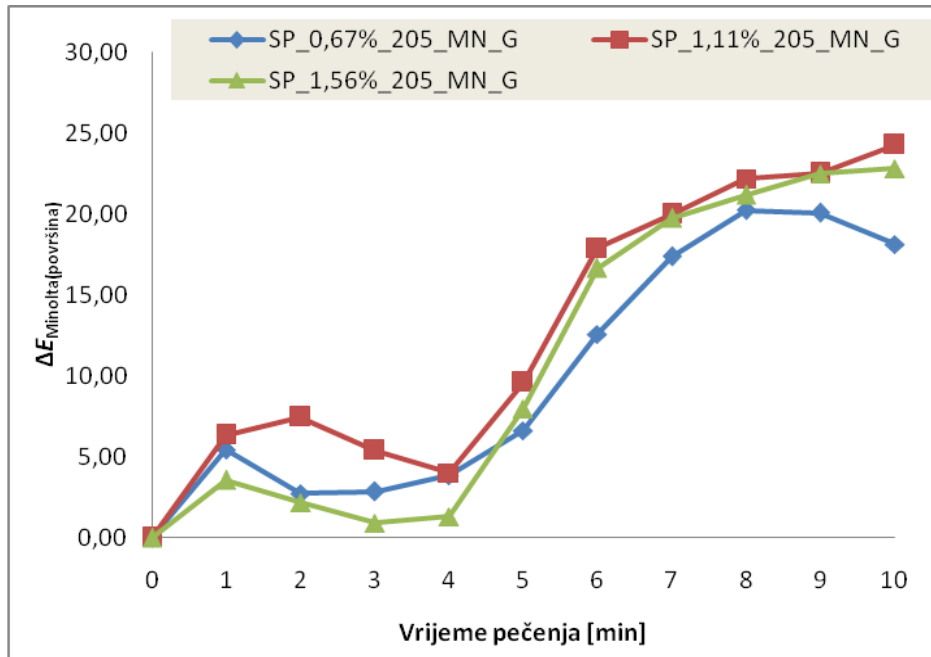


Slika 27. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 230 °C

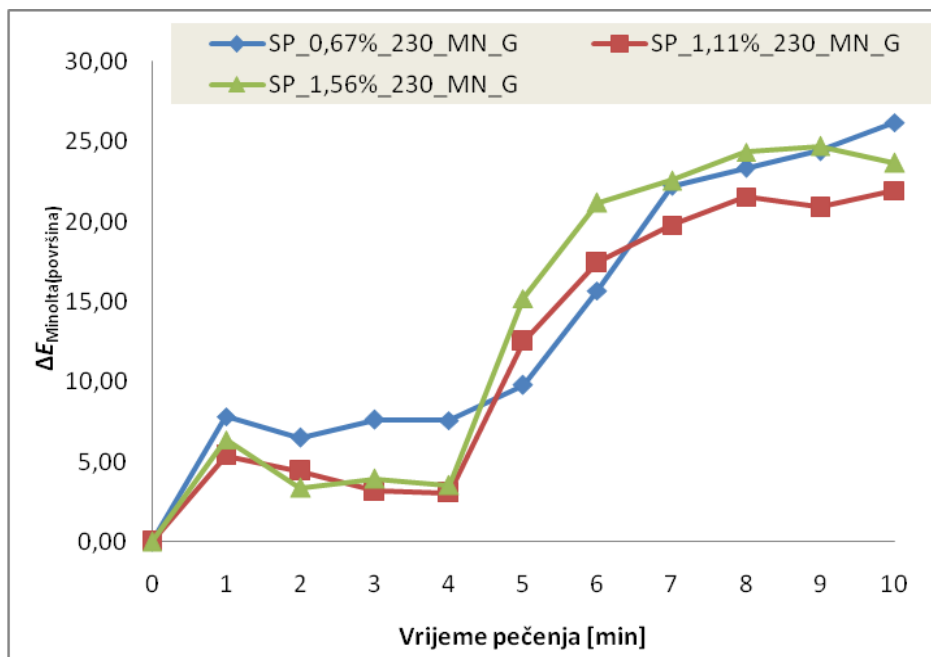
#### 4.5.2.3. Promjene boje o vremenu pečenja za SP



Slika 28. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 180 °C



Slika 29. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 205 °C



Slika 30. Dinamika ukupne promjene boje tijekom pečenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja 230 °C

## **5. RASPRAVA**

U diplomskom radu prikazani su rezultati analize ukupno 27 serija zamjesa čajnih peciva (ne računajući preliminarna istraživanja), te su se pratili slijedeći parametri: tekstura čajnih peciva, promjena boje od 1. do 10. minute tijekom pečenja, počevši od tijesta svakog pojedinog zamjesa, zatim visina i dužina pečenih čajnih peciva te dinamika promjene udjela vode i aktiviteta vode tijekom pečenja.

U tablicama 5. - 8. prikazani su statistički obrađeni rezultati dinamike određivanja udjela i aktiviteta vode tijekom pečenja uzoraka čajnog peciva. Statistički obrađeni rezultati određivanja udjela vode tijekom 10 minuta pečenja uzoraka čajnog peciva pri različitim temperaturama (tablica 5.) pokazuju da se poslije 5 minute pečenja ustalila statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) u udjelu vode između uzoraka pečenih pri 180 °C i uzoraka pečenih pri ostale dvije temperature (205 °C i 230 °C), dok se uzorci pečeni pri 205 °C i 230 °C statistički značajno ne razlikuju tijekom cijelog vremena pečenja prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Rezultati praćenja promjene udjela vode tijekom pečenja uzoraka čajnog peciva obzirom na različite udjele  $\text{NaHCO}_3$  pokazali su, nakon statističke analize, nepostojanje statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu. Statistička obrada dinamike promjene aktiviteta vode tijekom pečenja uzoraka čajnog peciva pri različitim temperaturama (tablica 7.) pokazala je kako nakon 2 minute pečenja postoji statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) između uzoraka pečenih pri 180 °C i 230 °C, dok se uzorak pečen pri 205 °C nije ststistički značajno razlikovao ( $p < 0,05$ ) od podataka dobivenih za vrijednosti aktiviteta vode uzoraka pečenih pri ostale dvije temperature prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Nakon 8 minute pečenja, statistika je pokazala da dolazi do promjene, te se uzorci pečeni pri 180 °C statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) od uzoraka pečenih pri druge dvije temperature (205 °C i 230 °C), prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Praćenje rezultata promjene aktiviteta vode tijekom pečenja obzirom na različite udjele  $\text{NaHCO}_3$ , nakon statističke obrade rezultata, pokazalo je da nema statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu značajne razlike između ispitivanih uzoraka čajnog peciva.

Na slikama 4. i 5. prikazani su statistički obrađeni podaci dobiveni određivanjem čvrstoće i lomljivosti na ispitivanim uzorcima koji su pečeni na različitim temperaturama. Rezultati mjerenja su pokazali da se svi uzorci pečeni na različitim temperaturama međusobno statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u čvrstoći i lomljivosti, bez obzira na udio natrijevog hidrogenkarbonata i granulaciju šećera. Najmanju čvrstoću su pokazali uzorci pečeni na 180 °C, a najveću čvrstoću uzorci pečeni na 230 °C (slika 4.), dok uzorci pečeni na 180 °C imaju najmanju lomljivost, a oni pečeni na 230 °C najveću lomljivost (slika 5.).

Slike 6. i 7. prikazuju rezultate statističke analize obzirom na različiti udio  $\text{NaHCO}_3$  na rezultate mjerenja čvrstoće i lomljivosti ispitivanih uzoraka. Iako su svi uzorci s 0,67%  $\text{NaHCO}_3$  imali najviše vrijednosti za čvrstoću, a uzorci s 1,56%  $\text{NaHCO}_3$  najniže vrijednosti čvrstoće, rezultati su pokazali da se uzorci s različitim udjelom  $\text{NaHCO}_3$  statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u čvrstoći i lomljivosti, bez obzira na primjenjenu temperaturu pečenja i granulaciju šećera.

Na slikama 8. i 9. prikazana je statistička obrada rezultata određivanja čvrstoće i lomljivosti na ispitivanim uzorcima obzirom na različitu granulaciju šećera. Bez obzira što su najveću čvrstoću imali svi ispitivani uzorci sa šećerom u prahu, a najmanju svi uzorci načinjeni s najkрупnijom granulacijom šećera ( $>1000 \mu\text{m}$ ), rezultati statističke analize prikazani na slici 8. pokazuju da nema statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike u čvrstoći obzirom na granulaciju šećera. Vrijednosti za lomljivost (slika 9.) rastu s povećanjem veličine granula šećera (od 30,20 mm kod šećera u prahu do 30,99 mm kod šećera s veličinom kristala  $>1000 \mu\text{m}$ ), a rezultati statističke analize pokazuju da se svi uzorci sa šećerom u prahu međusobno statistički razlikuju ( $p < 0,05$ ) od svih uzoraka s kristalima šećera najkрупnije granulacije ( $>1000 \mu\text{m}$ ), dok se svi uzorci načinjeni sa šećerom srednje granulacije ( $<800 \mu\text{m}$ ), statistički značajno ( $p < 0,05$ ) ne razlikuju niti od uzoraka sa šećerom u prahu, niti od uzoraka s najkрупnijom granulacijom šećera ( $>1000 \mu\text{m}$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Na slikama 10., 11., 12. prikazani su statistički obrađeni rezultati ovisnosti rada smicanja o temperaturi (slika 10.), udjelu  $\text{NaHCO}_3$  (slika 11.) i različitoj granulaciji šećera (slika 12.). Rezultati mjerenja na slici 10. su pokazali da ispitivani uzorci pečeni na  $230^\circ\text{C}$  imaju najveće vrijednosti za rad smicanja, dok ispitivani uzorci pečeni na  $180^\circ\text{C}$  imaju najmanje vrijednosti za rad smicanja te da se rezultati dobiveni mjerenjem rada smicanja uzoraka pečenih pri različitim temperaturama statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Suprotno tome, rezultati prikazani na slici 11. pokazuju da se ispitivani uzorci s različitim udjelom  $\text{NaHCO}_3$  statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike, iako vrijednosti određivanja rada smicanja rastu s porastom udjela  $\text{NaHCO}_3$ . Slika 12. prikazuje rezultate statističke analize ispitivanja rada smicanja obzirom na različite granulacije šećera uzoraka čajnog peciva. Rezultati pokazuju da se ispitivani uzorci dobiveni od šećera u prahu i šećera s kristalima granulacije  $<800 \mu\text{m}$  statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Ispitivani uzorci dobiveni od šećera s granulacijom  $>1000 \mu\text{m}$  pokazuju najmanju vrijednost rada smicanja i statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu značajne razlike od uzoraka sa šećerom u prahu i uzoraka sa šećerom granulacije  $<800 \mu\text{m}$ .

Gubitak pečenjem (%) u ovisnosti o temperaturi, različitom udjelu  $\text{NaHCO}_3$  te različitoj granulaciji šećera prikazani su na slikama 13., 14., i 15. Slika 13. prikazuje statistički obrađene rezultate gubitka mase pečenjem na različitim temperaturama. Najveći gubitci su na temperaturi pečenja od 230 °C, zatim na 205 °C a najmanji gubitci postignuti su pečenjem na 180 °C. Rezultati statističke analize pokazali su postojanje statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ) između svih primjenjenih temperatura pečenja obzirom na gubitke pečenja, a prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Slika 14. prikazuje statistički obrađene rezultate gubitka mase pečenjem obzirom na različiti udio  $\text{NaHCO}_3$  u tijestu za čajno pecivo. Rezultati pokazuju kako se uzorci s dodatkom 0,67% i 1,56%  $\text{NaHCO}_3$  međusobno statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ), dok se uzorci s udjelom od 1,11%  $\text{NaHCO}_3$  značajno statistički ( $p < 0,05$ ) ne razlikuju niti od uzoraka s 0,67%, kao ni od uzorka s 1,56%  $\text{NaHCO}_3$  prema Fisherovom LSD testu značajne razlike. Slika 15. prikazuje statistički obrađene rezultate gubitka mase pečenjem obzirom na različite granulacije šećera u zamjesu tijesta ispitivanih uzoraka. Podaci dobiveni obradom rezultata gubitka mase pečenjem pokazuju kako se uzorci s različitim granulacijama šećera međusobno statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu značajne razlike.

Slike 16., 17. i 18. prikazuju statistički obrađene rezultate mjerenja dužine pečenih čajnih peciva u ovisnosti o različitom udjelu  $\text{NaHCO}_3$  (Slika 16.), različitim temperaturama pečenja (Slika 17.) te različitoj granulaciji šećera (Slika 18). Slike 17. i 18. pokazuju kako se ispitivani uzorci pečeni na različitim temperaturama te dobiveni primjenom šećera različite granulacije međusobno statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Na slici 16. vidljivo je kako su ispitivani uzorci s najvećim udjelom  $\text{NaHCO}_3$  imali veću i statistički značajno ( $p < 0,05$ ) različitu dužinu od dužine uzoraka čajnog peciva s 0,67% i 1,11%  $\text{NaHCO}_3$  između kojih nema statistički značajne razlike ( $p > 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Slike 19., 20., 21. prikazuju statistički obrađene rezultate visine pečenih peciva u ovisnosti o različitom udjelu  $\text{NaHCO}_3$  (Slika 20.), različitim temperaturama pečenja (Slika 19.) te različitoj granulaciji šećera (Slika 21). Najveću visinu (slika 19.) postigli su ispitivani uzorci čajnog peciva pečeni na 230 °C i oni su se statistički značajno razlikovali ( $p < 0,05$ ) od uzoraka pečenih na 180 °C i 205 °C prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Uzorci čajnog peciva, obzirom na izmjerenu visinu, a pečeni pri 180 i 205 °C međusobno se statistički značajno ( $p < 0,05$ ) ne razlikuju prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Na slici 20. prikazani su statistički obrađeni rezultati visine ispitivanih uzoraka čajnog peciva u ovisnosti o različitom udjelu  $\text{NaHCO}_3$ , a na slici 21. statistički obrađeni rezultati promjene visine čajnog peciva ovisno o različitim granulacijama šećera. Na obje slike vidljivo je kako se ispitivani uzorci s 0,67 i 1,56%  $\text{NaHCO}_3$  (slika 20.), te sa šećerom u prahu i šećerom najkрупnije granulacije,  $>1000 \mu\text{m}$  (slika 21.) međusobno statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ), dok se uzorci s udjelom

od 1,11% NaHCO<sub>3</sub>, odnosno šećerom granulacije <800 µm statistički značajno ne razlikuju ( $p < 0,05$ ) od prethodna dva, a prema Fisherovom LSD testu značajne razlike.

Na Slici 22. prikazani su rezultati ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) čajnog peciva s šećerom granulacije 800 pečenih na 180 °C s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati pokazuju da se ukupna promjena od 1. minute do 5. minute malo mijenja, međutim ukupna promjena boje od 5. minute do 10. minute se značajno mijenja za sve tri vrste zamjesa. Uspoređujući ukupnu promjenu boje različitih zamjesa u vremenu pečenja od 5. minute do 10. minute, zamjes s 0,67% tj. najmanjom količinom, ima ujedno najmanju ukupnu promjenu boje. Na Slici 23. prikazani su rezultati ukupne promjene boje čajnog peciva ( $\Delta E$ ) pečenih na 205 °C s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati pokazuju da se ukupna promjena boje od 2. minute do 3. minute malo mijenja za zamjes s 0,67% i 1,11% NaHCO<sub>3</sub>, odnosno od 4. minute za zamjes s 1,56% NaHCO<sub>3</sub>. Ukupna promjena boje za sva tri zamjesa se značajno mijenja od 5. minute. Također se vidi da zamjes s 1,56% NaHCO<sub>3</sub> ima najveću ukupnu promjenu boje tijekom pečenja. Na Slici 24. prikazani su rezultati ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) čajnog peciva pečenih na 230 °C s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati pokazuju da se ukupna promjena boje od 1. minute do 4. minute (za zamjes s 0,67% i 1,56% NaHCO<sub>3</sub>), odnosno od 2. minute do 3. minute malo mijenja, dok promjena boje od 4. minute do 10. minute se značajno mijenja za sva tri zamjesa. Također se vidi da zamjes s 1,11% NaHCO<sub>3</sub> ima najmanju ukupnu promjenu boje gledajući cjelokupan period pečenja. Slika 25. prikazuje rezultate ukupne promjene boje čajnog peciva s šećerom granulacije 1000 pečenih na 180°C s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati pokazuju da se ukupna promjena boje od 1. minute do 4. minute (zamjes s 0,67% i 1,56% NaHCO<sub>3</sub>), odnosno 5. minute (zamjes s 1,11% NaHCO<sub>3</sub>) malo mijenja, međutim promjena boje od 4 minute (zamjes s 0,67% i 1,56% NaHCO<sub>3</sub>) odnosno 5. minute (zamjes s 1,11% NaHCO<sub>3</sub>) do 10. minute značajno mijenja za sva tri zamjesa. Vidljivo je da zamjes s 1,56% NaHCO<sub>3</sub> ima najveću ukupnu promjenu boje gledajući cjelokupan period pečenja. Slika 26. prikazuje rezultate ukupne promjene boje čajnog peciva s šećerom granulacije 1000 pečenih na 205°C s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati pokazuju da se ukupna promjena boje od 1. minute do 4. minute malo mijenja za sva tri zamjesa, dok za zamjes s 0,67% i 1,56% NaHCO<sub>3</sub> značajna promjena boje počinje kod 4 minute, a za zamjes s 1,11% NaHCO<sub>3</sub> počinje u 5. minuti i traje sve do 10. minute. Najmanju ukupnu promjenu boje gledajući na cjelokupni period pečenja pokazuje zamjes s 0,67% NaHCO<sub>3</sub>. Slika 27. prikazuje rezultate ukupne promjene boje čajnog peciva s šećerom granulacije 1000 pečenih na 230 °C s obzirom na različiti udio NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati pokazuju da se ukupna promjena boje od 1. minute do 4. minute malo mijenja za zamjes s 0,67% i 1,11%, dok za zamjes s 1,56% NaHCO<sub>3</sub> promjena boje malo se mijenja od 1. minute do 3. minute, a značajne promjene počinju kod 3 minute za zamjes s 1,56% NaHCO<sub>3</sub> traje sve do 10. minute. Najmanju ukupnu promjenu boje gledajući na

cjelokupni period pečenja pokazuje zamjes s 0,67% NaHCO<sub>3</sub>. Slike 28., 29. i 30. pokazuju rezultate ukupne promjene boje čajnog peciva s šećerom u prahu pečenih na 180°C, 205°C i 230°C. Slika 28. pokazuje da se ukupna promjena boje za sva tri zamjesa malo mijenja od 1. minute do 3. minute, tijekom 4., 5. i 6. minute boja se ne mijenja značajno, a nakon 6. minute dolazi do značajne promjene boje i traje sve do 10. minute. Najmanju ukupnu promjenu boje gledajući na cjelokupni period pečenja pokazuje zamjes s 0,67% NaHCO<sub>3</sub>. Slika 29. prikazuje rezultate u kojima je vidljivo da se ukupna promjena boje za sva tri zamjesa malo mijenja od 1. minute do 4. minute, a značajne promjene boje vidljive su od 4. minute do 10. minute. Najmanju ukupnu promjenu boje gledajući na cjelokupni period pečenja pokazuje zamjes s 0,67% NaHCO<sub>3</sub>. Slika 30. prikazuje rezultate ukupne promjene boje čajnog peciva sa šećerom u prahu pečenih na 230 °C. Na slici 30. vidljivo je da se ukupna promjena boje za sva tri zamjesa malo mijenja od 1. minute do 4. minute, a značajne promjene boje vidljive su od 5. minute do 10. minute. Najveću ukupnu promjenu boje gledajući na cjelokupni period pečenja pokazuje zamjes s 0,67% NaHCO<sub>3</sub>.



## **6. ZAKLJUČCI**

Nakon provedenog istraživanja i analize svih parametara ispitivanih uzorka čajnog peciva doneseni su sljedeći zaključci:

1. Temperatura pečenja čajnih peciva utječe na čvrstoću i lomljivost, tj. teksturalna svojstva čajnih peciva, tako što se na višim temperaturama čvrstoća i lomljivost povećavaju. Povećanjem udjela  $\text{NaHCO}_3$  smanjuje se čvrstoća čajnih peciva, dok različiti udjeli  $\text{NaHCO}_3$  ne pokazuju utjecaj na lomljivost. Različita granulacija šećera ne utječe na promjenu čvrstoće čajnog peciva, ali utječe na lomljivost tako što se vrijednosti za lomljivost povećavaju s povećanjem veličine granula šećera.
2. Rezultati određivanja utjecaja temperature, različite granulacije šećera i različitog udjela  $\text{NaHCO}_3$  na rad smicanja pokazali su da najmanje vrijednosti za rad smicanja imaju ispitivani uzorci pečeni na najnižim temperaturama kao i uzorci s granulama šećera najveće veličine, dok različiti udjeli  $\text{NaHCO}_3$  nisu pokazali utjecaj na promjenu vrijednosti rada smicanja.
3. Usporedba rezultata praćenja dinamike promjene udjela i aktiviteta vode tijekom pečenja ovisno o udjelu  $\text{NaHCO}_3$  pokazala je kako različiti udjeli  $\text{NaHCO}_3$  nemaju statistički značajan utjecaj na promjenu udjela i aktiviteta vode tijekom pečenja uzoraka čajnog peciva.
4. Rezultat praćenja gubitka mase tijekom pečenja pokazali su da su najveće gubitke imali uzorci čajnog peciva pečeni pri najvišim temperaturama pečenja i s najvećem udjelom  $\text{NaHCO}_3$ , dok granulacija šećera nije pokazala statistički značajan utjecaj na gubitak mase pečenjem.
5. Najviše vrijednosti dužine uzoraka čajnog peciva imali su uzorci s najvećim udjelom  $\text{NaHCO}_3$ . Temperatura pečenja i granulacija šećera nisu pokazali statistički značajan utjecaj na dužinu čajnog peciva.
6. Rezultati mjerenja visine čajnih peciva pokazali su da se povišenjem temperature, smanjenjem udjela  $\text{NaHCO}_3$  i primjenom šećera s najvećim granulama povećava visina uzoraka čajnog peciva.
7. Usporedbom ukupne promjene boje čajnog peciva dobivenog od različitih zamjesa i pečenog na različitim temperaturama, najmanje promjene boje u većini slučajeva imao je zamjes s najmanjim udjelom  $\text{NaHCO}_3$ .

## **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.
- Arendt, E. K., Zannini, E.: *Cereal grains for the food and beverage industries*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK
- Božanić R., Tratnik Lj: *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\(15.07.2014\)](http://www.grapho-metronic.com/content/en/TechNotes/index.html(15.07.2014))
- Leon K., Mery D., Pedreschi, F., Leon, J. Color measurement in  $L^* a^* b^*$  units from RGB digital images. *Food Research International*. 39:1091, 2006.
- 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.
- 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.
- MacArthur, L.A., D'Appolonia, B. I.: Comparison of Oat and Wheat Carbohydrates. I. Sugars. *Cereal Chem.* 56 (5), 455-457, 1979.
- Manley D: *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Woodhead publishing Limited, 2000.
- Mićić B: *Osnovi pekarstva*. Poslovno udruženje proizvođača hleba i peciva, Beograd, 1976.
- Primo-Martin, C., van de Pijpekamp, A., van Vliet, T., de Jongh, H.H.J., Plijter, J.J., Hamer, R.J. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *Journal of Cereal Science* 43:342-352, 2006.
- Pomeranz, Y.: *Wheat chemistry and technology*, vol. 1 i 2, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 1988.

Turi J: Utjecaj dodataka trehaloze na udio fenola, antioksidativnu aktivnost, boju i teksturu želea od naranče tijekom skladištenja. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013.

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 RH: Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini i proizvodima od tijesta, NN br. 117/03, 130/03, 48/04.

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

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

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