

# Utjecaj vrste masnoće na temperaturni profil tijekom pečenja čajnog peciva

---

Sušac, Elena

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:143648>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Elena Sušac**

**UTJECAJ VRSTE MASNOĆE NA TEMPERATURNI PROFIL TIJEKOM  
PEČENJA ČAJNOG PECIVA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, travanj, 2016. godina.

**Temeljna dokumentacijska kartica  
DIPLOMSKI RAD**

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**  
**Prehrambeno- tehnološki fakultet Osijek**  
**Zavod za procesno inženjerstvo**  
**Katedra za termodinamiku i reakcijsko inženjerstvo**  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Inženjerska termodinamika

**Tema rada** je prihvaćena na IX. sjednici Odbora za završne i diplomske ispite Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 21. svibnja 2015.

**Predlagatelj teme, mentor:** izv. prof. dr. sc. Sandra Budžaki

**Komentor:** izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić

**Utjecaj vrste masnoće na temperaturni profil tijekom pečenja čajnog peciva**

Elena Sušac , 217-DI

**Sažetak:**

Cilj ovog diplomskog rada bio je odrediti utjecaj masnoće korištene u zamjesu čajnog peciva na temperaturni profil čajnih peciva dobivenih u laboratorijskim uvjetima. Svaki zamjes razlikovao se prema korištenoj masnoći u recepturi. Čajno pecivo pečeno je na temperaturama od 180, 205 i 230 °C. Temperatura je mjerena pomoću termoparova tipa T. Uzorcima čajnog peciva određena su kvalitativna svojstva teksture pomoću analizatora teksture, te boja pomoću kolorimetra (Konica Minolta Chroma Metera, CR-400). Na ispitivanim uzorcima provedena su mjerenja dužine, visine čajnih peciva te promjena udjela vlage tijekom pečenja. Rezultati dobivenih temperaturnih profila pokazali su da svi uzorci čajnih peciva, bez obzira na vrstu masnoće u zamjesu, imaju isti trend porasta i pada temperature u sredini čajnog peciva. Maksimalne temperature koje su se razvile unutar čajnog peciva razlikuju se s obzirom na temperaturu pećnice prilikom pečenja kao i s obzirom na masnoću koja je korištena prilikom zamjesa.

**Glavne riječi:** čajno pecivo, temperaturni profil, maslac, svinjska mast, margarin

**Sadržaj rada:**

- 41. Stranica
- 24. Slika
- 2. Tablica
- 15. literaturnih referenci

**Jezik izvornika :** Hrvatski

**Povjerenstvo za obranu:**

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

**Datum obrane: 29. travnja, 2016.**

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 Process Engineering**  
**Subdepartment of Thermodynamics and Reaction Engineering**  
Franje Kuhače 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Engineering thermodynamics

**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 May, 21<sup>st</sup> 2015**

**Supervisor:** PhD. Sandra Budžaki, associate prof.

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

**THE EFFECT OF THE USED FAT ON THE TEMPERATURE PROFILE OF THE TEA BISCUITS  
DURING BAKING**

Elena Sučac, 217-DI

**Summary:**

The aim of this master's thesis was to determine the effect of the fat used for making the tea biscuits on temperature profile of biscuits. Each dough for cookies differed with added fat. Tea biscuits were baked at 180, 205 i 230 °C. The temperature was measured with thermocouples type T. The texture of cookies was analysed using the texture analyser, and the colour was measured using a Chroma Meter (Konica Minolta Chroma Meter, CR-400). After baking changes in weight during baking, length, height and water content of cookies were measured.

Results showed that all kinds of tea biscuits, despite what kind of fat was used, had the same trend in their temperature profiles. Maximum temperatures, developed in the centre of the biscuits, diverse because of the different fats used for making the biscuits and the different temperatures they were baked at.

Key words: tea biscuits, temperature profile, butter, lard, margarine

Thesis contains:

41	Pages
24	Figures
2	Tables
15	references

Original in: Croatian

Defense committee:

1. *Ph. D. Jasmina Lukinac Čačić, assistant prof.* chair person
2. *Ph. D. Sandra Budžaki, assistant prof.* supervisor
3. *Ph. D. Daliborka Koceva Komlenić, associate prof.* cosupervisor

**Defense date: April 29<sup>th</sup>, 2016**

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**

B\_margarin

L\_mast

M\_margarin

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	3
2.1. Čajno pecivo .....	4
2.2. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva .....	6
2.2.1. Namjensko brašno .....	6
2.2.2. Voda .....	6
2.2.3. Masnoće .....	7
2.2.4. Šećeri .....	9
2.2.5. Kuhinjska sol.....	9
2.2.6. Sredstva za narastanje .....	10
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. Oblikovanje .....	12
2.3.4. Pečenje oblikovanog tijesta za keksarski proizvod .....	13
2.3.5. Hlađenje .....	14
2.3.6. Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda .....	15
2.4. Kvalitativna svojstva keksarskih proizvoda .....	15
2.4.1. Tekstura keksarskih proizvoda.....	15
2.4.2. Boja .....	16
2.5. Mjerenje temperature čajnog peciva pomoću termoparova .....	17
3. Eksperimentalni dio.....	18
3.1. Zadatak .....	19
3.2. Materijali.....	19
3.3. Metode .....	19
3.3.1. Proces proizvodnje čajnog peciva .....	19
3.3.2. Provedba mjerenja temperature unutar čajnog peciva .....	21
3.4. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnih peciva .....	22
3.4.1. Savijanje/lomljenje čajnog peciva.....	22
3.4.2. Prodiranje cilindrične sonde u uzorak.....	23
3.5. Ispitivanje boje čajnog peciva .....	24
3.6. Određivanje udjela vode u čajnom pecivu .....	25
4. Rezultati i Rasprava.....	26

4.1. Rezultati mjerenja temperature u sredini čajnog peciva prilikom pečenja .....	27
4.2. Statistička analiza rezultata .....	32
5. Zaključci.....	41

## **1. UVOD**



Riječ keks potječe od latinske riječi *panis bicoctus*, što znači dvaput pečen kruh. Komadi kruha su pečeni i zatim sušeni u drugoj, hladnijoj pećnici. Bili su neprivlačni i neukusni jer su se pravili samo od brašna i vode (Manley, 2000).

Prvi keksi pravljani su za mornare i njihova duga putovanja. Pravili su se samo od brašna, soli i vode i njihova izrada zahtijevala je veliki fizički rad. Bilo ih je jako teško progutati i morali su se namakati u razne napitke kako bi postali jestivi.

Dugo je vremena prošlo do strojne proizvodnje keksa. Prvu tvornicu keksa osnovali su George Palmer i Thomas Huntley 1846. u zapadnom Londonu. Oni su do 1898. godine postali najveći proizvođači keksa na svijetu i proizveli 400 vrsta keksa. Zanimljivo je spomenuti da su se neki od danas najpopularnijih vrsta keksa proizvodili prije skoro stotinu godina.

Proizvodnja keksa se u posljednjih pola stoljeća transformirala iz fizički veoma zahtijevne i manufakture u efikasnu industrijsku proizvodnju koja se bazira na korištenju strojeva i suvremenih tehnoloških postignuća.

Procvat industrije keksa u posljednjih pola stoljeća pripisuje se njihovoj značajnoj ulozi u prehrambenoj industriji. Njihov značaj očituje se u sljedećem:

- Dugom roku trajanja,
- Praktičnosti koju pokazuju prilikom konzumiranja,
- Ljudskoj slabosti na šećer i čokoladu, i
- Pristupačnoj cijeni koštanja.

Što danas smatramo keksom? Pod pojmom keks smatramo hranu dugog roka trajanja, grickalice, luksuzne poklone, hranu prilagođenu za osobe sa posebnim dijetetskim potrebama, itd. Zajedničko im je da se svi prave od brašna i imaju nizak sadržaj vlage te zbog toga imaju dug rok trajanja ukoliko se skladište zaštićeni od vlage i kisika (Manley, 2000).

Prema definiciji keksi i keksima srodni proizvodi su proizvodi određenih prehrambenih i senzorskih svojstava; dobiveni od mlinskih proizvoda, masnoća, šećera, škroba i drugih sirovina i aditiva, tehnološkim postupcima miješanja, tučenja, oblikovanja, pečenja i drugim postupcima (Pravilnik NN, 73/05).

U ovom diplomskom radu praćen je utjecaj tri vrste masnoće u formulaciji čajnog peciva na temperaturni profil tijekom pečenja i kvalitativna svojstva (izgled, boja, tekstura i udio vlage). Rad je izrađen u laboratoriju Katedre za tehnologije prerade žitarica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek.

## **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).

Tijesto za čajno pecivo može se formirati na dva načina: kao tvrdi zamjes ili kao meki zamjes. Razlika između ova dva zamjesa je određena u količini vode potrebne za tijesto koje ima zadovoljavajuću kvalitetu za rukovanje tijekom izrade tijesta.

Tvrdi zamjes 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 udjele masti i šećera. Takvo tijesto lako puca, što znači da mu je rastezljivost mala (Manely, 2000). Tijesta za čajno pecivo se poslije kratkog zamjesa oblikuje i zato se još naziva i kratko tijesto. Oblikovanje tijesta za čajno pecivo može se provesti na više načina. S obzirom na način oblikovanja čajna peciva se mogu podijeliti na nekoliko podskupina:

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

Svaka od ovih podskupina čajnih peciva razlikuje se po izgledu. 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, voda, mast i šećer. Kako su količine šećera i masnoća visoke u tijestu za čajno pecivo, kvaliteta ovih sastojaka je važna. Pokazalo se da je gluten od male važnosti pa su kvaliteta proteina brašna i općenito kvaliteta brašna od male važnosti. Ipak, zbog poželjne što veće sposobnosti upijanja vode preporučljivo je koristiti kvalitetna brašna. Tehnološka kvaliteta namjenskog brašna razlikuje se s obzirom na podgrupu čajnog peciva prema granulaciji. Za prešano čajno pecivo koristi se slabo poluoštro do poluoštro brašno, za formirano čajno pecivo poluoštro s manjim udjelom oštrog brašna, za rezano čajno pecivo oštro i za istisnuto čajno pecivo glatko brašno. Veličina kristala šećera je važan parametar koji određuje teksturu pečenih čajnih peciva.

Dodatne sirovine su sredstva za narastanje koja značajno utječu na promjenu pH sredine tijesta i na formiranje strukture proizvoda tijekom pečenja. Osim sredstava za narastanje, od

dotatnih sirovina u proizvodnji čajnih peciva koriste se različiti aditivi, jaja i med koji značajno utječu na reološka svojstva tijesta ovisno o udjelu u sastavu (Gavrilović, 2011). U tablici 1 dane su recepture za različita čajna peciva.

Na tržištu je dostupna velika količina različitih 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 su punjena različitim vrstama punila, ukrašena ili dorađena (Manley, 2000).

**Tablica 1.** Recepture za različita čajna peciva (Gavrilović, 2011)

Sirovine	Čajno pecivo			
	Prešano	Oblikovano	Rezano	Istisnuto
Brašno	100	100	100	100
Biljna mast	15-23	18-25	10-17	10-20
Margarin	-	-	-	6-10
Šećer u prahu	20-30	18-25	30-40	25-35
Invertni šećer	2-3	1-5	2-5	0-3
Med	1-2	-	-	1-2
Mlijeko u prahu	1-2	2-3	0-2	2-3
Kuhinjska sol	0.5	0.5	0.5	0.5
Amonijev hidrogenkarbonat	0.4-0.5	0.3-0.8	0.6-0.8	0.3-0.6
Natrijev hidrogenkarbonat	0.2-0.3	-	0.3-0.4	-
Vinska kiselina	0.01	-	0.01	-
Aroma, začini	+	+	+	+
Voda	+	+	+	+

\*maseni udjeli sirovina izraženi u postotcima (%)

## 2.2. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva

### 2.2.1. Namjensko brašno

Pšenično brašno je glavna komponenta svakog keksarskog proizvoda i tehnološki napretci u mlinarstvu se podudaraju sa razvojem keksarstva.

Brašno je glavni sastojak za pripravu čajnog peciva. Ne doprinosi uvelike okusu, osim ako sadrži posije, no značajno doprinosi teksturi pečenog čajnog peciva, njegovoj čvrstoći i obliku. Keksarski proizvodi se uglavnom prave od brašna koje ima mali postotak proteina i čiji je gluten slab i nerastezljiv. Tim kriterijima udovoljava brašno s udjelom proteina nižim od 9 % najbolje, a ono s proteinskim udjelom višim od 9,5 % obično stvara probleme prilikom proizvodnje keksa. Važno je napomenuti ako je visoki udio pepela u brašnu funkcija glutena neće biti optimalna i sredina keksa može posiviti. Do određene granice, kvaliteta brašna može se poboljšati, dodatkom aditiva i tehnikama procesiranja kako bi se udovoljili potrebni zahtjevi za kvalitetom.

Veoma je važna i granulacija brašna, a izbor brašna prema granulometrijskom sastavu ovisi o sirovinskom sastavu tijesta i načinu mehaničke obrade. Brašna sa finijim česticama imaju veću specifičnu površinu i posljedično veću moć upijanja vode. Keksarski proizvodi se peku do niskog konačnog udjela vlage jer se smatra da se na taj način čuva energija tijesta. Željena granulacija brašna za proizvodnju keksa je oko 50  $\mu\text{m}$  sa manje od 10 % čestica većih od 130  $\mu\text{m}$  (Manley, 2000).

### 2.2.2. Voda

Voda je jedinstven sastojak u tijestu za kekse. Sva voda dodana u tijesto za izradu keksarskih proizvoda se ukloni u pećnici, ali kvaliteta vode ima utjecaj na svojstva tijesta za keksarske proizvode. Tako su tijesta zamiješana sa mekšom vodom mekša i slabija u odnosu na tijesta zamiješana sa tvrdom vodom. Voda je u tijestu prisutna u slobodnom i vezanom obliku. Vezana voda u sastavu glutena je vezana preko polarnih grupa proteina brašna i kapilarna voda koju prima škrob (Manley, 2000).

Količina slobodne vode u tijestu regulira visko-elastična svojstva tijesta. Tijekom zamijesa proteini glutena bubre, sve dok se ne postigne ravnoteža između osmotskog tlaka i tlaka između micela glutena. Tijekom bubrenja, proteini glutena oblikuju prostornu glutensku mrežu ispunjenu suspenzijom hidratiziranog škroba. Prisustvo masti i saharoze ograničava količinu vode jer utječe na promjenu osmotskog tlaka i na predviđenu konzistenciju tijesta (Gavrilović, 2000).

### 2.2.3. Masnoće

Masnoće su najvažniji sastojak korišten u proizvodnji čajnih peciva. Zauzimaju treće mjesto po količinskom udjelu u recepturi. Masnoće se upotrebljavaju za obogaćivanje okusa i utječu na okus keksa. Masnoće dijelimo s obzirom na porijeklo, kemijski sastav i način dobivanja. S obzirom na porijeklo dijele se na životinjske i biljne; s obzirom na kemijski sastav dijele se na: tvrde (masti) i tekuće (ulja), te masnoće mazive konzistencije.

U tijestu od brašna, vode i masti, mast je raspoređena u tankim slojevima i preko svojih hidrofobnih veza sa hidrofobnim vezama proteina brašna. Prirodni polarni lipidi brašna stupaju se u interakcije sa prirodnim polarnim lipidima masti i grade lipoproteine. Lipoproteini su odgovorni za plastično-elastične i elastično-plastična svojstva. Mast regulira ponašanje tijesta preko svojih svojstava plastičnosti i sposobnosti apsorpcije mjehurića zraka. Napolarni trigliceridi masti djeluju kao omekšivač i utječu na konzistenciju tijesta.

Plastična svojstva pecivih masti imaju važnu funkciju pri zamjesu tijesta. Čvrsta faza triglicerida utječe na smanjenu čvrstoću strukturalne organizacije makromolekulskog kompleksa glutena, a tečna faza triglicerida – na pokretljivost tijesta. Unošenjem masti u tijesto prekida se kontinuitet škrobne i proteinske faze. Mast smanjuje skupljanje tijesta za vrijeme mehaničke obrade jer smanjuje napone koji dovode do deformacija oblikovanog komada tijesta.

Prilikom zamjesa tijesta od velike je važnosti redoslijed dodavanja vode i masti. Utvrđeno je da istovremeno dodavanje vode i masti brašnu osigurava optimalni razvoj tijesta. Tijekom zamjesa, voda i mast su istovremeno u dodiru sa sastojcima brašna. Mast se raspodjeljuje, vodi omogućava pristup i hidrataciju proteina i škroba. S razvojem topline tijekom zamjesa, dio masti (s obzirom na plastična svojstva) sporo prelazi u tekuću fazu, što povoljno utječe na proces hidratacije. Međutim, ako mast nije dovoljno plastična ili ako je mast krta, sa razvojem topline tijekom zamjesa tijesta, ona se otapa. Masna faza se raspoređuje po površini čestica brašna u obliku masne opne što sprječava vodu da dođe u dodir sa brašnom i rezultira usporenim bubrenjem proteina glutena.

U tijestu se mast nalazi u dodiru sa različitim enzimima, u dodiru sa slabo aktivnim sredstvima za narastanje, kiselinama i drugim sirovinama te zračnim mjehurićima i drugim sirovinama i manjom ili većom količinom vode, te mjehurićima zraka koji se unose u tijesto tijekom zamjesa. Zato je tijesto sredina koja može dovesti do kemijske promjene masti u procesima hidrolize, osapunjenja i oksidacije. Posljedica je kvarenje masti i istovremeno kvarenje proizvoda.

Da bi se spriječilo kvarenje proizvoda, mast treba imati potrebnu stabilnost i sposobnost održivosti u toku čitavog tehnološkog procesa proizvodnje i trajnosti keksa i srodnih proizvoda. Kemijska svojstva masti se tijekom zamjesa, obrade i pečenja ne smiju mijenjati (Gavrilović,2003).

### **2.2.3.1. Funkcija masnoća u čajnom pecivu**

Masnoće igraju važnu ulogu u formiranju teksture u keksu. Tijekom zamjesa tijesta dolazi do „natjecanja“ za površinu brašna između vodene faze i masnoće. Voda ili šećerna otopina reagiraju s proteinima brašna kako bi formirali glutensku mrežu. Kada se doda više masnoće nego što je potrebno, ona onemogućuje pravilno formiranje glutenske mreže i takvo čajno pecivo nakon pečenja je manje čvrsto, manje naraste i topljivije je u ustima. Ako je količina dodane masnoće visoka, mazivo svojstvo masnoća je tako naglašeno da je malo vode ili nikako potrebno da se postigne željena konzistencija, malo glutena se formira, bubrenje škroba i želatinizacija je reducirana. Sve to rezultira mekanijom teksturom čajnog peciva. Tijesto lako puca kada se rasteže, tj. kratko je. Kada je količina dodanog šećera visoka, masnoća u pećnici reagira sa šećernom sirupastom otopinom sprječavajući kristalizaciju šećera iz otopine prilikom hlađenja.

Tijekom zamjesa tijesta za keksarski proizvod najvažnije svojstvo masnoće je da zadržava mjehuriće zraka koji formiraju jezgru za ekspanziju čajnog peciva i nastanak teksture tijekom pečenja. Kristali u polučvrstim masnoćama koje se koriste za proizvodnju tijesta napuštaju tekuću fazu i bivaju omotani proteinskim membranama. Ova membrana omogućava velikom broju kristala polučvrstih masnoća da se pričvrste za zračne mjehuriće. Tijekom pečenja ovi se kristali otope i proteinska membrana se uklapa na površinu zračnih mjehurića kako se oni šire tako povećavaju njihovu otpornost prema pucanju. Pretpostavlja se da je s povećanjem broja manjih kristalića bolja efikasnost ovog mehanizma prilikom pečenja (Manley, 2000).

Fizikalna svojstva masnoća trebaju biti takva da osiguravaju čvrstu konzistenciju masti na sobnoj temperaturi, ali brzo topljenje u ustima kako bi se drugi okusi brzo otpuštali. Latentna toplina fuzije kristala masnoće tijekom njihova topljenja apsorbira se u ustima i povećava osjećaj ugone. Masnoće se koriste i za premazivanje površine čajnog peciva što rezultira sjajnom površinom i zlatnosmeđom bojom keksa. S obzirom da su masnoće polučvrste teksture na sobnoj temperaturi kad dođe do temperaturnih fluktuacija u skladištu udio tekuće faze masnoće se mijenja i dio kristala se topi sa povišenjem temperature da bi se poslije rekristalizirali kada padne temperatura. Uslijed tih promjena dolazi do migriranja pojedinih frakcija masti iz samog keksa i njegovog punjenja ili čokoladnog preljeva. Redistribucija masnoća također uključuje i migraciju iz pojedinih dijelova keksa u drugi što dovodi do

omekšavanja čokolade ukoliko je u sastavu keksa, formiranja kristala na površini ili tzv. masnim cvjetanjem, tj. isušivanjem punjenja. Ukoliko se čajna peciva ne smrzavaju sa vremenom može doći do migracije masnoća što uvelike dovodi do negativnih promjena senzorskih osobina čajnog peciva (Manley, 2000).

#### 2.2.4. Šećeri

Slatkoća je oduvijek bila popularna karakteristika hrane. Mnoge biljke imaju šećer u svojim tkivima, ali samo šećerna trska, *Sahharum officinarum*, i šećerna repa, *Beta vulgaris*, se koriste za dobivanje šećera u komercijalne svrhe. Najčešće korišten šećer je saharoza. Saharoza je jedan od osnovnih i najvažnijih sastojaka u proizvodnji keksa. Prema IUPAC nomenklaturi (1990) saharoza je disaharid ( $\beta$ -D-fruktofuranozil- $\alpha$ -D-glukopiranozid). Kemijska formula saharoze je  $C_{12}H_{22}O_{11}$  molekulske mase 342,303 g/mol.

Ona daje okus slatkoće, utječe na strukturu i teksturu keksa i pretpostavlja se da unosi zrak u mast tijekom pripreme tijesta za keksarski proizvod. Još jedna bitna uloga saharoze je utjecaj na viskoznost tijesta. Šećer se u tijestu otapa potpuno ili djelomično, ovisno o količini vode i onda rekristalizira (ili formira amorfnu staklo). Ako je količina saharoze velika, keksarski proizvod je tvrd. Veličina kristala šećera, a samim tim i brzina njegovog otapanja u tjestenom komadu kako se zagrijava u pećnici, utječe na brzinu rasta komada keksarskog proizvoda u pećnici kao i na izgled i hrskavost pečениh komada keksarskog proizvoda.

Kako saharoza disocira, ona doprinosi tekućoj fazi tijesta tako da količina saharoze smanjuje količinu vode potrebne u tijestu. Saharoza povisuje točku želatinizacije omogućujući tako tijestu više vremena za rast u pećnici. Pripisuju joj se i antioksidacijska svojstva u keksarskom proizvodu, i to na taj način da produžuje rok trajanja proizvoda usporavajući proces oksidacije masti (Manley, 2000).

#### 2.2.5. Kuhinjska sol

Sol (NaCl) se dobiva iz njenih prirodnih depozita ili mora i onda se prirodno pročišćava i suši vakuumom do željene veličine kristala. Sol se koristi u skoro svim receptima kao poboljšivač okusa. Preporučena koncentracija je oko 1-1.5% računato na količinu brašna, ali već u koncentraciji većoj od 2.5% daje neugodan ukus. Topivost natrijevog klorida nije velika i ne povećava se značajno sa porastom temperature. Stabilnost otopine soli je visoka. Ravnotežna vlažnost otopine soli je je 75% pri 25°C tako da vlaži ili se gruda izuzev pri izrazito



vlažnom vremenu. Sol se skladišti u posudama od nehrđajućeg čelika ili plastike. Zbog relativno male potrošnje kuhinjske soli ne treba ju skladištiti u velikim količinama. (Manley, 2000).

## **2.2.6. Sredstva za narastanje**

Sredstva za narastanje su većinom anorganske kiseline koje kada se dodaju u tijesto, same ili u kombinaciji, reagiraju proizvodeći plinove stvarajući jezgre za teksturalne promjene u keksarskom proizvodu tijekom pečenja. Većina ovih kemikalija ostavlja ostatke (rezidue) u tijestu što utječe na finalni pH i okus.

### **2.2.6.1. Natrijev bikarbonat**

U prisutnosti vlage, natrijev bikarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) će reagirati sa kiselim tvarima oslobađajući pri tom ugljični dioksid, posljedično se razlažući na odgovarajuću natrijevu sol i vodu. Kako mnogi sastojci keksa, uključujući i brašno, izazivaju kiselu reakciju poželjno je koristiti natrijev bikarbonat u svojstvu regulacije pH tijesta i gotovog keksarskog proizvoda. Ako je oslobođeni ugljikov dioksid potreban kao sredstvo za dizanje tada se natrijev bikarbonat drži odvojenim od drugih sastojaka što je duže moguće. U ovim uvjetima soda bikarbona će biti jednoliko raspoređena u smjesi. Višak sode bikarbone u keksarskom proizvodu rezultirati će lužnatom reakcijom i žućkastim obojenjem površine i sredine keksarskog proizvoda s popratnim neugodnim okusom.

### **2.2.6.2. Amonijev bikarbonat**

Amonijev bikarbonat ( $\text{NH}_3\text{CO}_3$ ) je iznimno korisno sredstvo za narastanje tijesta u proizvodnji keksarskih proizvoda i prilikom zagrijavanja potpuno disocira na plinoviti ugljikov dioksid, plinoviti amonijak i vodu. Dobro se topi u vodi i jako je lužnat.

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

### **2.3.1. Priprema sirovina**

Bez obzira na obim proizvodnje, prije ili poslije skladištenja sirovina potrebno ih je pravilno odvagati. Proizvođaču čajnog peciva brašno se dostavlja u vrećama ili kamionima-cisternama. Brašno se potom pomoću linije za transport skladišti u silose. Prilikom uzimanja brašna iz

silosa, važno je prosijati brašno preko magneta do cilindričnog, centrifugalnog ili vibracijskog sita. Prosijano brašno se potom važe kako bi se u zamjes dodala potrebna količina brašna. Šećer, saharoza, može se skladištiti kao kristalni šećer ili u obliku šećera u prahu. Kristalni šećer je posebno sklon aglomeracij (grudanju), što su finije čestice taj je problem izraženiji. Zbog toga je važno šećer skladištiti pri konstantnoj temperaturi. Masnoće koje se koriste za proizvodnju keksarskih proizvoda su pri sobnoj temperaturi u polu-krutom stanju. Zbog toga se skladište na temperaturi 5 ° većoj od točke topljenja. Masnoće bi se trebale potrošiti u roku od dva do tri tjedna. Nakon pripreme sirovine slijedi odvaga i dodavanje prema recepturi. (Manley, 2000).

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

Precizna odvaga je najvažniji aspekt kontrole procesa. Pogreške u odvagi imati će utjecaj na ostatak procesa proizvodnje. Moguće je programirati redoslijed kojim će se sastojci dodavati u mikser i zadati potrebne količine (Manley, 2000).

#### **2.3.2.1. Zamjes tijesta**

Napraviti kvalitetno tijesto i zadržati tu kvalitetu je zahtjevan zadatak. Kvaliteta tijesta ovisio o nizu promjena koji se događaju prilikom zamjesa. Zamjes tijesta počinje miješanjem svih sirovina ili brašna. Šećer se uslijed miješanja rastvori i brašno dobije izgled nakvašene sredine zbog dodira sa tekućom fazom. Pod djelovanjem vanjske sile tijekom okretaja miješača nastavlja se miješanje tijesta. Osnovni sastojci brašna primaju vodu s ostalim rastvorenim sastojcima: škrobna zrnca putem kapilara, a proteini glutena bubre. Naprezanja se pojačavaju i tekuća faza prodire u micelarne prostore proteina glutena te vezuje sa hidrofilnim i hidrofobnim grupama. Pored miješanja odvija se gnječenje onog tijesta koje sadrži nedovoljnu količinu vode. Vrijeme trajanja zamjesa ovisi o tehnološkoj kvaliteti brašna, sirovinskom sastavu, temperaturi sirovina i vrsti mijesilice. Zamjes tijesta je gotov kad je formiran glutenski kompleks. Poslije zamjesa, tijesto se u ovisnosti od sirovinskog sastava odmara ili se bez odmaranja oblikuje. Odmara se ili odležava tijesto tvrde konzistencije (za proizvodnju keksa tipa „Petite Beurre“) kako bi se nastavila hidratacija glutena, dispergiranje masti i smanjila naprezanja. Ostala tijesta (za čajna peciva, makrone, biskvite) se oblikuju bez odmaranja.

### 2.3.3. Oblikovanje

Prema načinu oblikovanja postoje četiri podgrupe čajnog peciva: prešano, istisnuto, formirano i rezano. Oblikovanje tijesta za prešano čajno pecivo se izvodi na uređaju s tri valjka i istanjeno do debljine oko 6 mm protiskuje se kroz kalup sa otvorima postavljenim u pravcu kretanja transportne trake koja nosi tijesto. Cjelokupna masa tijesta se protiskuje kroz otvore kalupa, pri čemu se oblikuju paralelne trake koje se pri pečenja zasijecaju tako da se dobije predviđena dužina proizvoda i poslije pečenja proizvod presijeca preko oštrice noža ili se režu prije pečenja pomoću rotirajućeg noža.

Tijesto za formirano čajno pecivo oblikuje se pomoću valjka kojem su po cijelom omotaču od bronce urezani oblici (kalupi). Uređaj za formiranje sastoji se od posude za tijesto i dva valjka od kojih je prvi rebrasti valjak malog promjer i drugi formirajući valjak. Valjci, čija se udaljenost regulira u ovisnosti od dubine kalupa, okreću se jedan prema drugom puneći tako kalupe formirajućeg valjka tijestom. Nož-strugač prislonjen uz formirajući valjak poravnava površinu tijesta u kalupu i skida višak tijesta. U trenutku dodira formirajućeg valjka sa transportnom tlakom, gumeni valjak, smješten ispod transportne tlake nalazi se pod tlakom te oblikovano tijesto prihvaća transportna traka zbog uspostavljenog vakuuma kao posljedice elastične deformacije gumenog valjka i ono ostaje u nepromijenjenom položaju sa ispravnim otiskom na gornjoj površini.

Oblikovanje tijesta za rezano čajno pecivo se izvodi protiskivanjem tijesta kroz kalupe i rezanjem žicom na predviđenu visinu. Visina oblikovanog tijesta za rezano čajno pecivo je najveća u odnosu na ostale podgrupe čajnog peciva. Uređaj za rezanje se sastoji od posude za tijesto, ispod kojeg su smještena dva rebrasta valjka koja se okreću jedan prema drugom, prihvaćaju tijesto i guraju ga kroz otvore kalupa postavljenih u jedan ili dva reda, smještenih ispod valjaka. Oblikovano tijesto se slobodnim padom spušta na transportnu traku. U trenutku dodira sa transportnom trakom, čelična žica odsijeca oblikovane komade jedan po jedan, pokrećući se u hodu naprijed-nazad. Udaljenost žice iznad transportne trake se regulira u ovisnosti od predviđene visine oblikovanog tijesta. Brzina transportne trake sa obrtnom visinom valjaka i brzinom kretanja čelične žice je usklađena s željenom udaljenošću redova oblikovanih komada tijesta.

Tijesto za istisnuto čajno pecivo oblikuje se na uređaju za istiskivanje pomoću pokretne ploče kroz kalupe. Uređaj za istiskivanje se sastoji od posude za tijesto ispod koje je smještena čelična ploča u kojoj su na donjoj površini ugrađeni kalupi u uspravnom položaju. Kalupi su oblika okrenute presječne kupole, odnosno ulazni dio kalupa ima veći promjer od izlaznog dijela. Gornja površina čelične ploče je ograđena i čini međuprostor koji se puni tijestom iz posude za tijesto. Iznad tog međuprostora se pokreće ploča u ekscentričnim krugovima i kad

pokrije razliveno tijesto, istiskuje ga kroz kalupe. Operacija punjenja međuprostora tijestom i istiskivanja tijesta pomoću pokretne ploče kroz kalupe je naizmjenična (Gavrilović, 2003).

### 2.3.4. Pečenje oblikovanog tijesta za keksarski proizvod

Pečenje je složena operacija tehnološkog procesa proizvodnje keksarskih proizvoda jer tada nastaju fizikalno-kemijske i koloidne promjene tijesta te se dobiva proizvod predviđene kvalitete. Pečenje uzrokuje ekspanziju tijesta da bi se formirala poželjna tekstura. U mnogim kratkim tijestima, uključujući i čajno pecivo, narastanje oblikovanih tjestenih komada je i više nego zamjetno. Međutim, do izlaska čajnog peciva iz pećnice visina tjestenih komada padne na prosječnu. Do pada dolazi zbog činjenice da topli tjesteni komadi koji su bogati šećerom i masnoćama su dovoljno viskozni da zadrže vodenu paru, ali nedovoljno da zadrže strukturu kada vlaga isparava unutar pećnice.

Činjenice da viskoznost tijesta opada s porastom temperature, da je želatinizacija nedovoljna i proteinska struktura diskontinuirana, uzrok su razlijevanja ili širenja u visinu i širinu čajnih peciva.

Vrijeme pečenja ovisi o debljini tjestenih komada i kreće se u razmaku od 5 min do 20 min. Vlaga u pečenim čajnim peciva se kreće između 2,5-3,0%.

Tri se velike promjene odvijaju prilikom pečenja keksarskih proizvoda:

- zamjetno niža gustoća tijesta povezana sa nastankom otvorene porozne strukture,
- redukcija vlažnosti, i
- promjene u površinskoj obojanosti keksa.

Iako se smatra da se ove promjene odvijaju neovisno jedna o drugoj i u fazama one se preklapaju i podudaraju.

#### 2.3.4.1. Razvoj strukture

Razvoj strukture je promjena koja je najintenzivnija u prvoj četvrtini ili trećini vremena pečenja. Nastali mjehurići plina i vodene pare ekspandiraju što rezultira zamjetno nižom gustoćom tijesta. To dovodi do ekspanzije tijesta u pećnici ili eng. *oven spring*. Uvjeti za maksimalnu ekspanziju tijesta su sljedeći:

1. zagrijavanje škroba i proteina do razine gdje se bubrenje, želatinizacija i denaturacija odvijaju,
2. oslobađanje mjehurića plina iz sredstava za narastanje,

3. ekspanzija prethodno navedenih mjehurića kao posljedica porasta temperature i povećanje tlaka vodene pare te njihovo pucanje,
4. gubitak vlage sa površine proizvoda,
5. povećanje koncentracije otopine šećera sa porastom temperature, i
6. redukcija u konzistenciji šećerne otopine i masnoća kako temperatura raste (Manley, 2000).

Želatinizacija škroba se odvija u temperaturnom rasponu od 55 - 99 °C. Proteini su denaturirani i koagulirani na temperaturama iznad 70 °C. Plinovi se oslobađaju iz sredstava za narastanje na temperaturama iznad 65 °C.

Razvoj strukture ovisi o kontroliranoj i kontinuiranoj ekspanziji zračnih mjehurića sve dok matriks škroba i proteinskog gela očvrstne. Niz faktora je koji limitiraju ekspanziju, jedan od njih je spajanje zračnih mjehurića tzv. koalescencija. Doći će do rasplinjavanja ako se ekspanzija odvija prebrzo ili je prijenos topline preintezivan. Ako dođe do pada temperature tijesta doći će do ireverzibilnog smanjenja zračnih mjehurića što će se odraziti na teksturu (Manley, 2000).

### 2.3.5. Hlađenje

Neposredno poslije izlaska iz peći počinje proces hlađenja čajnog peciva, temperatura keksarskog proizvoda se smanjuje, a čvrstoća povećava. Hlađenje keksarskog proizvoda se nastavlja sve dok se ne izjednači temperatura keksarskog proizvoda s temperaturom proizvodne prostorije i postigne svojstvena čvrstoća proizvoda. Na kraju pečenja u keksarskom proizvodu se zadrži oko 1,5% vlage u središnjim slojevima dok su površinski slojevi keksa suhi. Nakon izlaza iz peći, na površini keksarskog proizvoda se oblikuje mikrosloj kondenzirane pare koji se dijelom zbog visoke temperature keksarskog proizvoda osuši a dijelom difundira u centralne slojeve keksa uslijed niskog tlaka pare u keksu. Hlađenje površinskih slojeva je brže od hlađenja unutrašnjih slojeva i ta razlika se sporo smanjuje prilikom vremena. Prilikom prijenosa topline i migracije vlage u oba smjera javljaju se naprezanja između slojeva. Oni su u početku hlađenja veoma jaki. Pojedine vrste keksarskih proizvoda su sklone pucanju u određenom vremenu (obično 24 sata) nakon hlađenja i pakiranja. Ove pukotine su rezultat stresa koji nastaje kako se keksarski proizvod hladi i posljedice su dimenzionalnih promjena povezanih sa izjednačavanjem vlage unutar keksarskog proizvoda. Nakon pečenja keksarski proizvodi se moraju pakirati ili idu na sekundarnu obradu kao što je prelijevanje čokoladom. Pakiranje ne uključuje samo grupiranje u praktične veličine za prodaju, već i zaštitu od apsorpcije vlage (Manley, 2000.)

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

Zadnja faza u proizvodnji keksarskih proizvoda je pakiranje. Pakiranje je puno više nego sredstvo praktičnog i sigurnog načina očuvanja keksa na svom putu do kupca. Na pakiranju se nalaze informacije o proizvođaču, vrsti keksarskog proizvoda, težini, datumu proizvodnje, informacije koje zakoni zahtijevaju od proizvođača. Zaštita koje pakiranje mora pružati je ono od vlage, otpornost prema mehaničkim oštećenjima, svjetlosti i higijenska barijera. Keksarski proizvodi su jako osjetljivi i puno gube na privlačnosti ukoliko se slome. Neki keksarski proizvodi imaju oštre rubove ili grubu abrazivnu površinu i pakiranje mora sačuvati ova svojstva keksarskog proizvoda. Promjena okusa je najčešća posljedica kemijskih reakcija sastojaka keksa, najčešće dodanih masnoća. Pakiranje može usporiti oksidaciju masnoća smanjenjem intenziteta svjetlosti (koja je katalizator procesa oksidacije masnoća) ili čuvanjem keksa u atmosferi siromašnoj kisikom. Keksi su izrazito skloni upijanju neugodnih mirisa iz okoline pa pakiranje služi i kao barijera mirisima.

Nakon pakiranja keksi se slažu u veće pakete pogodne za skladištenje i distribuciju do prodajnog mjesta. Često se dogodi da se nakon pakiranja zanemari kontrola kvalitete čime se krše preporuke proizvođača o uvjetima skladištenja keksarskog proizvoda (Manley, 2000).

## **2.4. Kvalitativna svojstva keksarskih proizvoda**

Kvalitativna svojstva keksarskog proizvoda su svojstvena za svaku vrstu keksarskog proizvoda. Kao senzorske (organoleptičke) kvalitete keksarskog proizvoda definiraju se vanjske i unutarnje kvalitete svojstva keksarskog proizvoda. Vanjski faktori kvalitete keksarskih proizvoda su oblik, boja i izgled površine. Unutarnji faktori kvalitete keksarskih proizvoda su prijelom, tekstura, struktura, žvakanje, miris i okus.

### **2.4.1. Tekstura keksarskih proizvoda**

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

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

„Teksura 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.“ (Sczcesniak, 1990).

„Tekstura se može opisati kao skupina fizikalnih svojstava koja se mogu odrediti osjetilom dodira, a u vezi su s deformacijom, dezintegracijom i tečenjem hrane pod utjecajem sile. U prehrambenoj industriji je vrlo važno pratiti teksturalna svojstva kako bi se postigla konzistentnost tijekom proizvodnje te poboljšala sama kvaliteta proizvoda.“ ([www.ift.org](http://www.ift.org)).

Tekstura proizvoda ovisi o kemijskim vezama unutar proizvoda, tj. uslijed promjena tih veza kao što su mehaničke deformacije. 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 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 keksarskih proizvoda je najčešće suha i procjenjuje se određivanjem čvrstoće, sile kidanja, efektima tijekom žvakanja (krtost, drobljivost, hrskavost) (Gavrilović, 2003).

## 2.4.2. Boja

Boja namirnice prvi je doživljaj potrošača prilikom odabira. Nastanak boje na površini čajnog peciva tijekom pečenja je rezultat reakcija neenzimskog posmeđivanja. (Hodge, 1953.). Kod čajnog peciva, smeđa boja potječe od netopivog pigmenta melanoidina i karamela koji su produkti reakcije neenzimskog posmeđivanja. (Maillardove reakcije i karamelizacija) (Wahlby i Skjoldebrand, 2002).

Razvoj boje keksa i keksu srodnih proizvoda ovisit će o sastavu tijesta, odnosu tipu upotrijebljenog brašna, udjelu i aktivitetu vode, udjelu šećera, pH vrijednosti i dr. Brzina razvoja boje čajnog peciva varira ovisno o procesnim uvjetima prilikom pečenja (temperatura, vrijeme pečenja) koje je potrebno optimirati kako bi se postigla odgovarajuća boja proizvoda.

Iz tog razloga razvile su se različite direktne i indirektne metode određivanja i kontroliranja razvoja boje čajnog peciva tijekom pečenja (Du i Sun, 2004). Direktne metode usmjerene su na kvantitativno praćenje produkta Maillardovih reakcija i karamelizacije (odgovornih za obojenje čajnog peciva), dok se indirektne metode zasnivaju na principu mjerenja količine reflektirane svjetlosti s površine uzorka raznim uređajima kao što su kolorimetar, denzimetar, sustav za računalnu analizu slike. (Purlis, E., 2010.) Primjer uređaja za indirektno određivanje i kontroliranje boje čajnog peciva je Minoltin Chroma Meter CR-400 prikazan na Slici 1.



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

## **2.5. Mjerenje temperature čajnog peciva pomoću termoparova**

Mjerenje temperature u praksi se izvodi pomoću termometara različite konstrukcije. Odabir konstrukcije termometra ovisi o temperaturi na kojoj se mjerenje provodi i o tome da li se termometar primjenjuje za laboratorijsku, industrijsku, ili neku drugu svrhu. U kategoriji električnih termometara najzastupljeniji su termoparovi. Termoparovi su mjerni pretvornici temperature izvedeni kao spoj dva različita materijala priključena na mjerni instrument. Termoparovi se mogu izvesti tako da se dva metala spoje zajedno zavarivanjem, lemljenjem ili prešanjem. Jedini zahtjev koji termoparovi moraju ispuniti kako bi normalno radili jest da spoj između dva metala bude dobro izveden (Žanetić i Stipišić, 2005.).

Radna temperatura pećnice kreće se u rasponu od 180 °C do 2300 °C, što odgovara temperaturnom rasponu termopara T (bakar-konstantan).

Termopar tipa T sastoji se od kombinacije bakra i konstantana (legura bakra i nikla) (Laughton i Warne, 2003).



### **3. Eksperimentalni dio**

### 3.1. Zadatak

Zadatak ovog diplomskog rada bilo je pratiti utjecaj različitih masnoća na temperaturni profil tijekom pečenja i hlađenja čajnog peciva. Čajna peciva pripravljena su u laboratorijskim uvjetima u Laboratoriju Katedre za tehnologije prerade žitarica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek.

### 3.2. Materijali

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

- 450,0 g pšeničnog brašna (14% vlage, Tena T550, oštro)
- 128,0 g masnoće (margarin, maslac, svinjska mast)
- 260,0 g šećera (kristal šećera)
- 4,2 g NaCl
- 5,0 g NaHCO<sub>3</sub> (1,11 % natrijevog hidrogenkarbonata)
- 66,0 g otopine glukoze (otopina glukoze: 8,9 g glukoze otopiti u 150 cm<sup>3</sup> destilirane vode)
- 32,0 g destilirane vode

### 3.3. Metode

#### 3.3.1. Proces proizvodnje čajnog peciva

Čajna peciva koja su pripravljena i analizirana tijekom ovog diplomskog rada oblikovana su i pečena u laboratorijskim uvjetima od sirovina kupljenih u lokalnim trgovinama. Sirovine su vagane na laboratorijskoj vagi (*Ohaus Adventurer Pro AV4102*).

Izvagana masnoća dodana je u posudu miksera, a potom je odvojeno vagano brašno, šećer, NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, otopina glukoze i destilirana voda. Odvaga sirovine za izradu jedne mase činila je šaržu čija veličina ovisi o ukupnoj masi sirovina koje su propisane AACC metodom. Izvagane sirovine (masnoće, šećer, NaCl, NaHCO<sub>3</sub>), nakon što su dodane u posudicu miksera, miješane su najprije brzinom 1 (najsporije) tijekom tri minute. Pritom su za miješanje korištene žičane miješalice miksera. Svake minute je zaustavljano miješanje i sastrugani su sastojci sa stjenki posude u kojoj se odvija miješanje kako bi se svi sastojci ravnomjerno izmiješali. Nakon završetka prvog dijela miješanja dodana je vodena otopina glukoze te je nastavljeno miješanje brzinom 1 u trajanju od jedne minute, a potom još jednu

minutu brzinom 2. Nakon toga dodana je ukupna količina brašna te sadržaj dalje miješan brzinom 1 pri čemu su svakih 30 sekundi sastrugani sastojci sa stjenke posude. Dobiveno tijesto skupljeno je ručno i okruglo oblikovano. Tako oblikovano tijesto stavljeno je u PVC vrećicu i u hladnjak na hlađenje (8 °C) u trajanju između 30-60 minuta. Ohlađeno tijesto je vagano (cjelokupna masa tijesta) te potom razvaljana valjkom za tijesto na debljinu 7 mm u dva poteza valjka za tijesto te rezana u okrugli oblik promjera 60 mm i prosječne mase od 27 g. Od svakog uzorka tijesta se izuzimao po jedan komad tijesta nepečen za analizu boje i vlage. Izrađeno je 14 komada oblikovanog tijesta čajnog peciva: za određivanje dužine i visine, potom za određivanje udjela vode te za analiziranje teksture i boje tijekom pečenja. Nakon toga pečeno je 10 tjestenih komada, i to svaki posebno u trajanju od jedne do deset minuta u svrhu praćenja temperature tijekom pečenja i izrade temperaturnih profila.

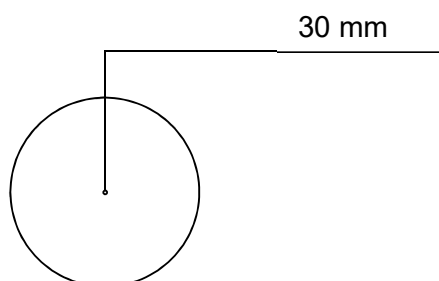
Temperaturni profil u uzorcima tijesta dobiven je kontinuiranim bilježenjem temperature oblikovanih tjestenih komada prosječne mase od 27 g, uz istovremeno bilježenje temperature pećnice. Korištena mjerna osjetila su termoparovi tipa T. Termoparovi tipa T su izolirane osjetila otkrivenog vrha, promjera 0,0254 cm pogodni za mjerenje temperature u namirnicama posebno za blago oksidirajuću i reducirajuću sredinu ili sredinu sa povišenim udjelom vode, mjernog područja od -250 do 404°C s vremenskom konstantom od 0,1 sekundi i vremenom odziva od 0,5 sekundi. Oblikovano tijesto pečeno je u trajanju od 10 minuta pri različitim temperaturama pećnice: 180 °C, 205 °C i 230 °C. Temperatura unutar čajnog peciva praćena je i bilježena i tijekom hlađenja proizvoda nakon vađenja iz pećnice do uspostave sobne temperature. Nakon pečenja i hlađenja čajno pecivo analizirano je prema slijedećem redosljedu: određivanje mase vaganjem, mjerenje dužine (posloženo je šest komada čajnih peciva jedno na drugo te izmjerena dužina, a potom svaki komad zarotiran za 90° te ponovno izmjerena dužina), mjerenje visine čajnih peciva (posloženo je 6 komada čajnog peciva jedno na drugo i izmjerena je visina, zatim se metodom slučajnog odabira ponovno posloži istih 6 komada ali različitim redosljedom i opet izmjeri visina). Iz omjera dužine ( $d$ ) i visine ( $h$ ), uzimajući u obzir faktor korekcije (AACC, 2000a), računa se koeficijent širenja ( $SP$ , engl. spread factor), prema jednadžbi 1:

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

### 3.3.2. Provedba mjerenja temperature unutar čajnog peciva

Temperaturni profil u uzorcima čajnih peciva dobiven je kontinuiranim bilježenjem temperature u sredini čajnog peciva: na udaljenosti od 30 mm od površine po obodu i na udaljenosti od 3,5 mm po presjeku. Shematski prikaz postavljanja parova unutar čajnog peciva prikazan je na Slici 2 pri čemu mali promjer termopara omogućuje postavljanje točno u sredinu uzorka kako je prikazano na Slici 3. Temperatura je bilježena tijekom 2400 sekundi (10 min pečenja i 30 min hlađenja).

Da bi se otklonile moguće grube pogreške te da bi se dobila sigurnost u provedena mjerenja, mjerenja su provedena u 4 paralele.



**Slika 2** Shematski prikaz postavljanja termoparova unutar čajnog peciva



**Slika 3** Prikaz postavljenih termoparova u čajna peciva

### 3.4. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnih peciva

Za analiziranje teksturalnih svojstava čajnog peciva korišten je uređaj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, UK). Dobiveni podaci analizirani su pomoću softvera Texture Exponent 32. Navedeni softver putem krivulje prikazuje kompresiju uzorka u određenom trenutku. Teksturalni profil čajnog peciva procijenjen je pomoću dobivenih vrijednosti za čvrstoću i elastičnost. Na Slici 4 Prikazan je izgled uređaja TA.XT Plus.

Uzorci čajnog peciva analiziraju se na 2 načina:

- Savijanjem/lomljenjem uzoraka podvrgnutih kompresiji i
- Prodiranjem cilindrične sonde u uzorak uz zapis sile, puta i vremena.



**Slika 4** Analizator teksture TA.XT s opremom za lomljenje uzorka

#### 3.4.1. Savijanje/lomljenje čajnog peciva

Uzorci čajnog peciva fiksiraju se na bazu s prorezom i presijecaju pomoću noža koji služi za savijanje/lomljenje uzorka (Slika 5) prema sljedećim parametrima:

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

Iz dobivenih podataka očitavaju se sljedeći podaci:

- Čvrstoća - kao maksimalna visina prvog pika izražena u gramima i
- Lomljivost - kao udaljenost do koje se vrši kompresija do trenutka pucanja uzorka i izražava se u mm.



**Slika 5.** Analizator teksture TA.XT s opremom za savijanje/lomljenje uzorka

### 3.4.2. Prodiranje cilindrične sonde u uzorak

Nakon primjene metode savijanja/lomljenja uzoraka, uzorci čajnog peciva postavljaju se na čvrstu podlogu analizatora teksture i podvrgavaju se metodi prodiranja cilindrične sonde, uz zapis sile, puta i vremena (Slika 6 i 7) 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, i
- sila potrebna za početni signal: 10 g.

Iz dobivenih rezultata očitavaju se vrijednosti za rad smicanja definiran ukupnom površinom ispod krivulje, izražen u gram sekundama.



**Slika 6.** Analizator teksture TA.XT s opremom za prodiranje u uzorak



**Slika 7** Analizator teksture TA.XT s opremom za prodiranje u uzorak

### 3.5. Ispitivanje boje čajnog peciva

Boja čajnog peciva praćena je kolorimetrijski na uređaju Konica Minolta Chroma Metar CR-400 koji je prikazan na Slici 8. Uređaj se sastoji od mjerne glave s otvorom mjernog promjera 8 mm kroz koji pulsirajuća ksenonska lampa baca difuzno svjetlo okomito na površinu uzorka. Reflektirana svjetlost s površine uzorka detektira se s pomoću šest osjetljivih silikonskih fotoćelija. Uređaj omogućuje rad u različitim mjernim sustavima (XYZ<sup>\*</sup>, Yxy, CIEL<sup>\*</sup>a\*b, Hunter Lab, L\*C\*H, itd.). Primjena kolorimetra tijekom mjerenja boje čajnog peciva zasniva se na mjerenju reflektirane svjetlosti s površine osvijetljenog uzorka. Neposredno prije svakog mjerenja instrument je potrebno kalibrirati pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Prilikom mjerenja nužno je obuhvatiti što je moguće veću površinu uzorka čajnog peciva što je postignuto tako da je boja na površini čajnog peciva mjerena na 5 različitih mjesta.



**Slika 8** Kolorimetar (Konica Minolta Chroma Meter CR-400).

### **3.6. Određivanje udjela vode u čajnom pecivu**

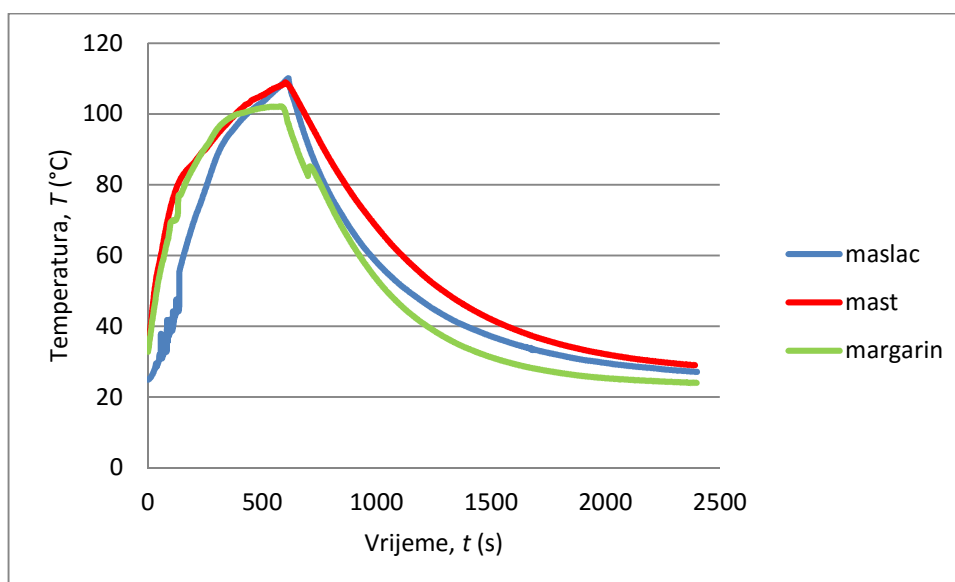
Udio vode u čajnom pecivu određivan je prema AACC metodi (AACC, 2000b) prije i nakon pečenja.



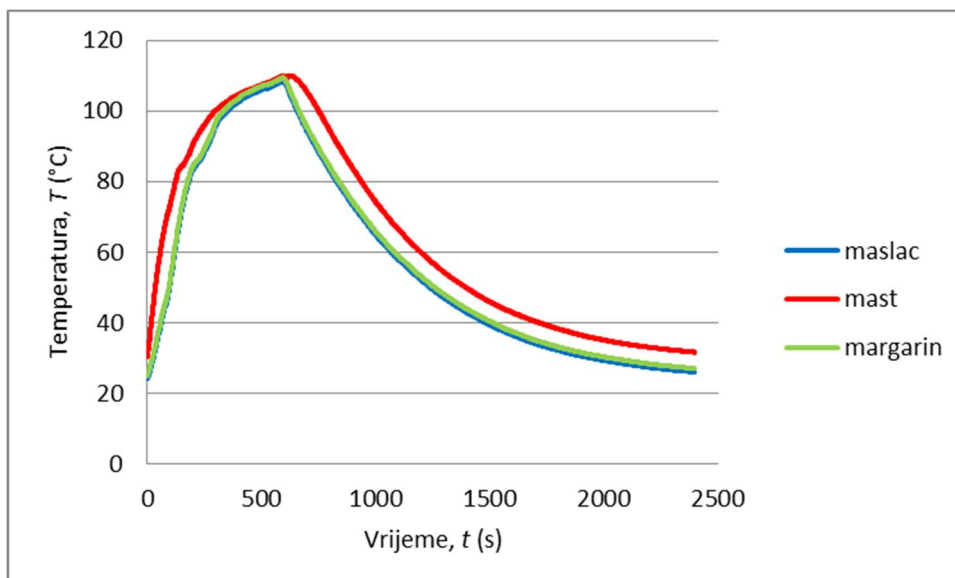
## **4. Rezultati i Rasprava**

#### 4.1. Rezultati mjerenja temperature u sredini čajnog peciva prilikom pečenja

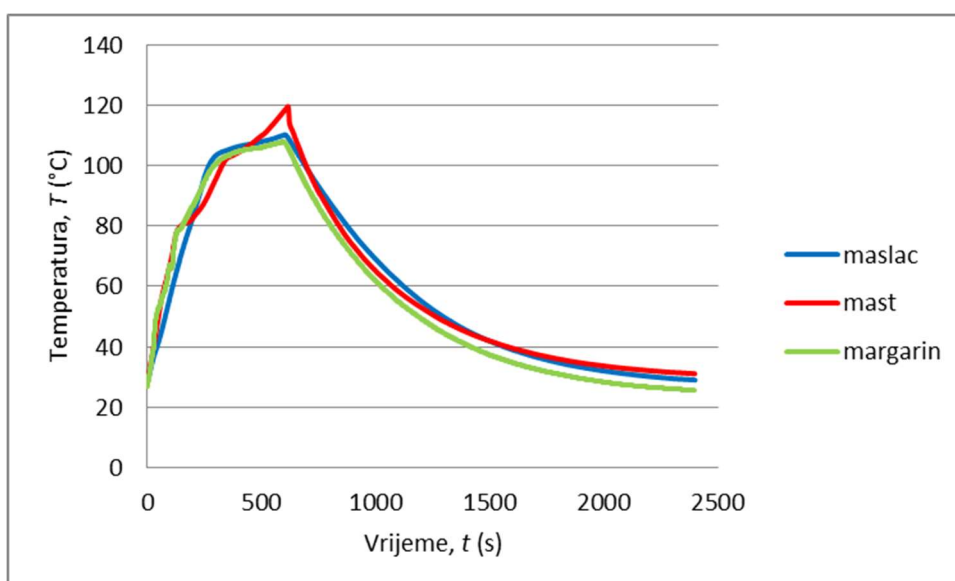
Na Slikama 9, 10 i 11 vidljivo je kako za svo čajno pecivo, bez obzira na vrstu masnoće u zamjesu, temperaturni profil ima isti trend porasta i pada temperature u sredini čajnog peciva. Maksimalne temperature koje su se razvile unutar čajnog peciva razlikuju se s obzirom na temperaturu unutar pećnice tijekom pečenja kao i s obzirom na masnoću koja je korištena tijekom zamjesa. Maksimalna temperatura je zabilježena kod uzorka čajnog peciva gdje je korištena svinjska mast u zamjesu na temperaturi pečenja od 230 °C i iznosi 112,99 °C dok je najniža vrijednost od 201,20 °C zabilježena kod uzorka čajnog peciva zamješenog s margarinom i pečenog na 180 °C.



**Slika 9** Temperaturni profil u sredini čajnog peciva na temperaturi pečenja od 180 °C tijekom pečenja i hlađenja s obzirom na masnoću u zamjesu.



**Slika 10** Temperaturni profil u sredini čajnog peciva na temperaturi pečenja od 205 °C tijekom pečenja i hlađenja s obzirom na masnoću u zamjesu.



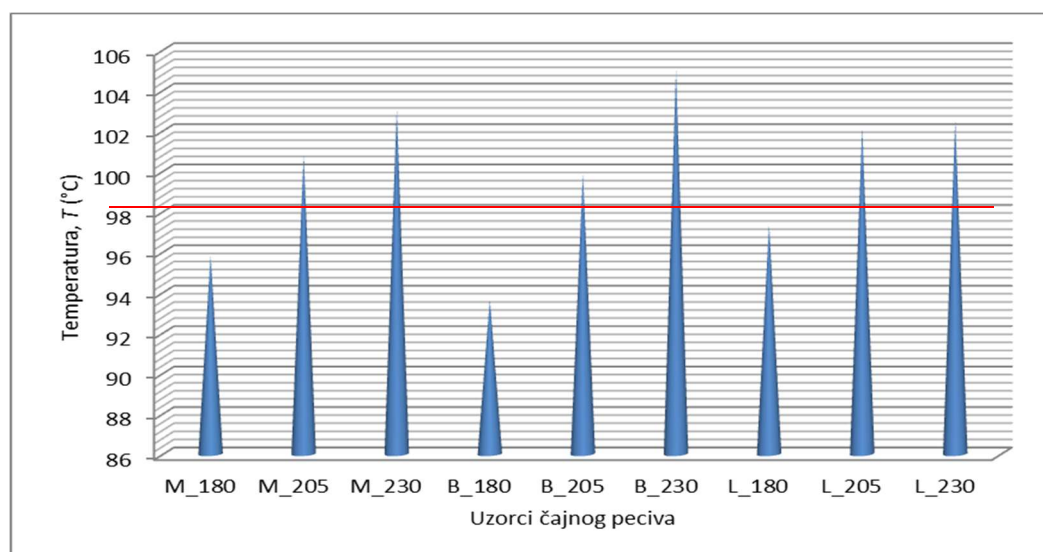
**Slika 11** Temperaturni profil u sredini čajnog peciva na temperaturi pečenja od 230 °C tijekom pečenja i hlađenja s obzirom na masnoću u zamjesu

Iz dijagrama na slikama 9, 10 i 11 se može uočiti kako se kod uzoraka zamješanih s maslacem i margarinom pri oko 100 °C temperatura neko vrijeme (oko 100 – tihak sekundi) ne mijenja da bi nakon toga ponovno došlo do porasta temperature. To se odvija tijekom intenzivnog isparavanja vode pri čemu se sva toplina koja se prenosi kondukcijom s površine čajnog peciva do sredine troši na isparavanje vode koja izlazi preko površine i na taj način se stvara karakteristična tekstura čajnog peciva. Temperature na kojima se odvija isparavanje ovise o udjelu slobodne vode unutar čajnog peciva, koja nije čista (sadrži otopljene tvari) te su temperature isparavanja više od 100 °C. Temperature na kojima se odvija isparavanje kreću se od 100,32 °C do 102,82 °C za formulaciju s margarinom odnosno s maslacem što je u skladu s vrijednostima objavljenim u drugim znanstvenim radovima (Califano i Calvelo, 1991; Budžaki i Šeruga, 2005) koje se postiže za vrijeme od oko 400 sekundi. Vrijeme postizanja temperature od 100 °C unutar čajnog peciva se kreće u rasponu od 270 do 298 sekundi ovisno o sastavu i temperaturi pečenja čajnog peciva. Period isparavanja vode iz čajnog peciva u čijem sastavu se kao masnoća nalazi svinjska mast nije vidljiv konstantni period izlaženja vode iz uzoraka u dijagramima koji predstavljaju temperaturni profil (Slike 9, 10 i 11) jer ti uzorci imaju sniženi početni udio vlage (**Tablica 2**) u odnosu na čajno pecivo u čijem zamjesu su maslac i margarin. Uzorci se razlikuju u početnom sadržaju vlage upravo zbog korištene masnoće pri čemu margarin ima najveći udio vlage, maslac manji dok svinjska mast ne sadrži vlagu pa samim tim i ne unosi dodatni udio vlage u uzorke (**Tablica 2**). Dakle, uzorci čajnog peciva koji su zamješani s svinjskom masti imaju povišeni udio suhe tvari koja se kontinuirano zagrijava tijekom 10 – to minutnog pečenja čajnog peciva (AACC 44-15A, 2000 b). Najniži udio vlage postignut nakon pečenja čajnog peciva je zabilježen kod uzoraka pečenih na 230 °C zamješanih s svinjskom masti dok je najviši udio vlage nakon pečenja zabilježen kod uzoraka pečenih na 205 °C zamješanih s maslacem.

**Tablica 2** Rezultati određivanja vlage čajnog peciva prije i za vrijeme pečenja u ovisnosti o temperaturi unutar pećnice i s obzirom na vrstu masnoće u zamjesu

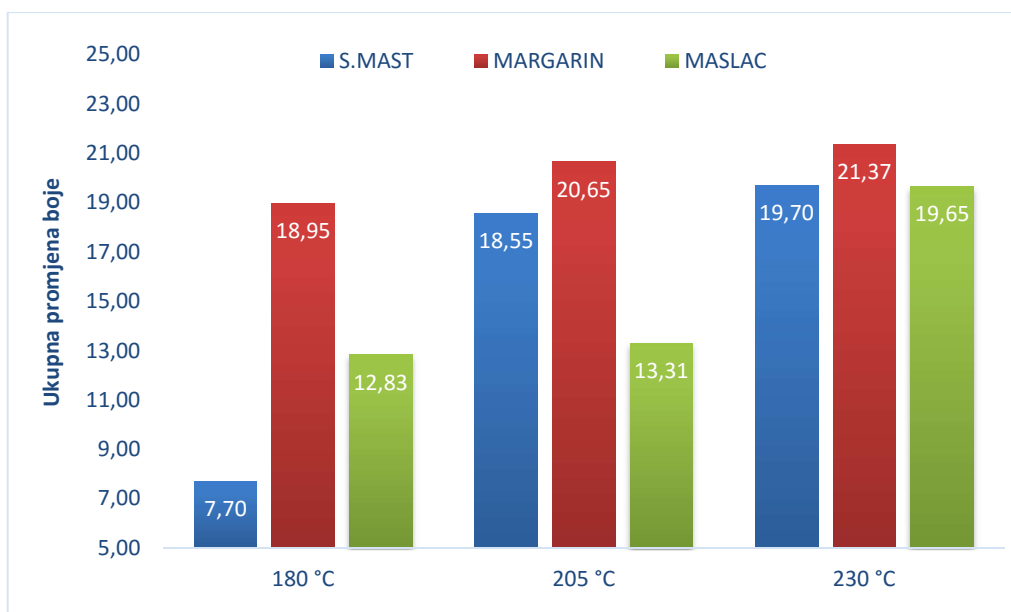
Vrijeme pečenja, t (s)	180 °C			205 °C			230 °C		
	maslac	mast	margarin	maslac	mast	margarin	maslac	mast	margarin
0	16,43	15,02	17,69	16,52	14,19	<b>18,00</b>	15,28	<b>13,95</b>	18,54
1	16,28	14,62	17,34	16,5	13,82	16,91	13,72	12,44	17,71
2	15,31	14,52	16,46	16,31	13,02	16,84	12,78	11,59	16,77
3	13,67	13,86	15,42	13,05	12,2	14,93	9,61	9,27	13,77
4	13,63	12,57	13,32	12,16	10,75	13,23	9,15	9,11	13,02
5	10,43	10,03	11,98	11,11	9,42	11,11	6,76	5,61	10,56
6	10,12	8,02	9,95	8,8	8,49	9,01	5,06	4,97	10,02
7	8,33	7,26	8,87	8,19	7,62	8,53	3,09	3,56	8,1
8	8,03	6,95	8,54	7,93	6,48	7,93	2,92	3,57	7,54
9	6,9	6,15	8,17	7,94	4,91	7,94	2,85	2,75	7,07
10	6,39	6,14	6,62	<b>6,99</b>	4,59	6,49	2,78	<b>2,58</b>	5,09

U 346 sekundi pečenja prosječna izmjerena temperatura u svim ispitivanim uzorcima na svim temperaturama je bila 100 C, a svaki pojedinačni uzorak je imao izmjerenu temperaturu prikazanu na **slici 12**.



**Slika 12** Prikaz temperature unutar čajnog peciva za uzorke zamješene s maslacem (B), masti (L) i margarinom (M) pečenih na 180, 205 i 230 °C.

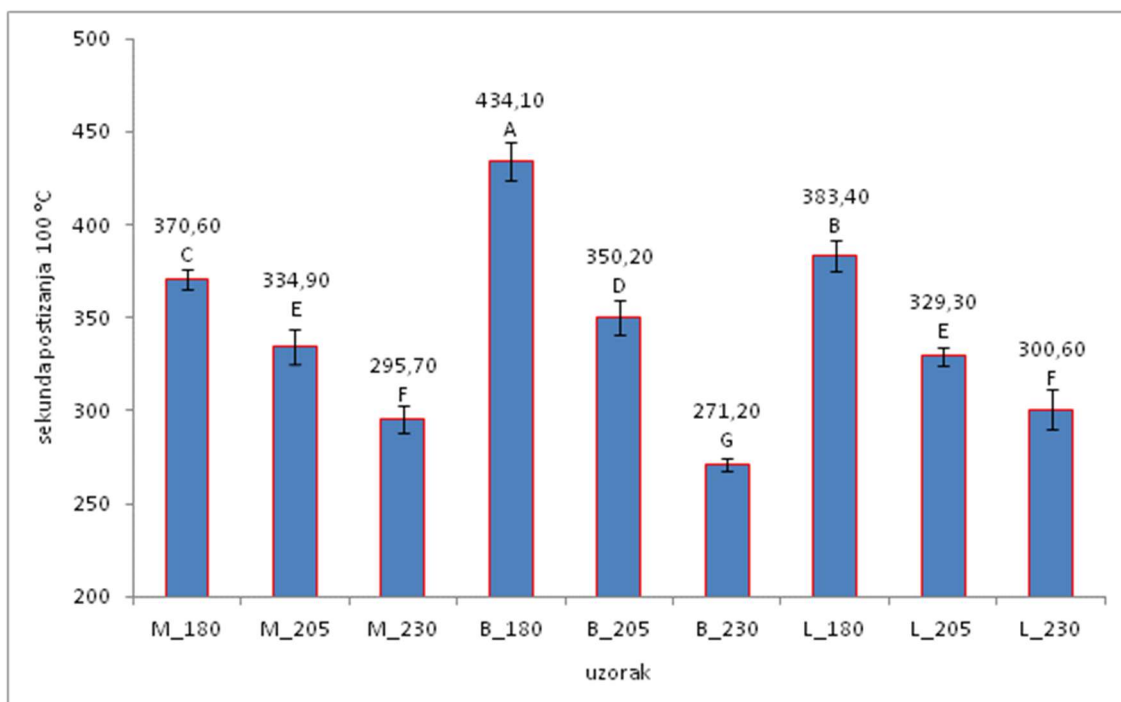
Uzorak čajnog peciva s margarinom pečen pri 205 °C postigao je temp najbližu 100 °C (100,8 °C), s maslacem nešto nižu (99,87 °C), a uzorak čajnog peciva zamješen s svinjskom masti nešto višu od 100 °C (102,18 °C). Navedeno upućuje kako standardna temperatura pečenja od 205 °C (AACC, 2000a) pri ispitivanju kvalitete čajnog peciva odgovara najviše margarinu kao masnoći.



**Slika 13** Usporedba ukupne promjene boje čajnog peciva s dodatkom svinjske masti (L), maslaca (B) i margarina (M) u 10. minuti pečenja pri različitim temperaturama pečenja

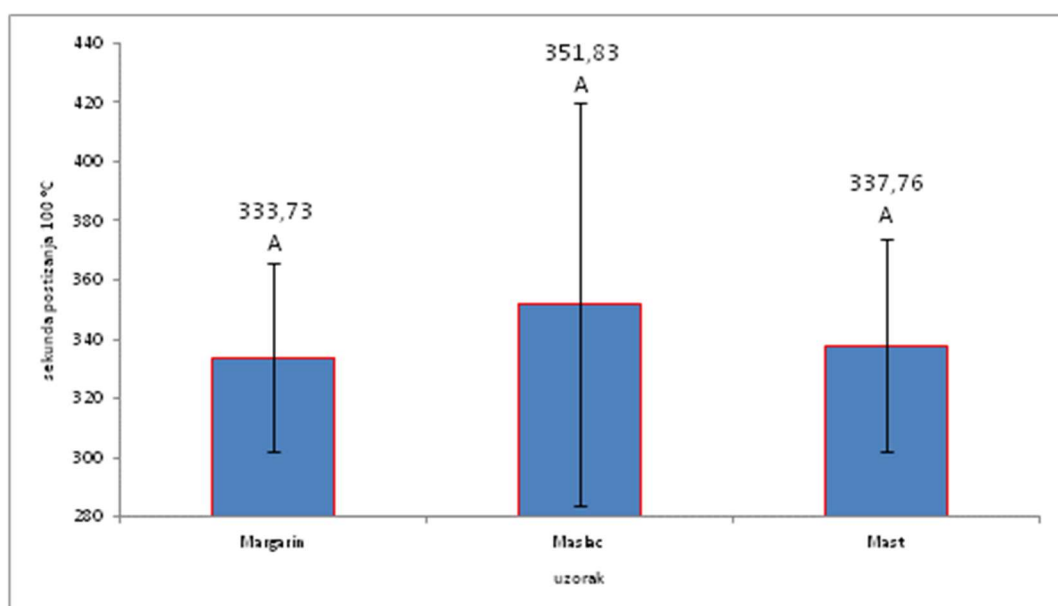
Iz dijagrama ukupne promjene (Slika 14) uočljivo je kako su najveće vrijednosti ukupne promjene boje imali uzorci s dodatkom margarina pri svim temperaturama pečenja te su se kretale u rasponu 18,95 – 21,37. Pri temperaturi pečenja od 180 °C, najmanje vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci sa dodatkom svinjske masti ( $\Delta E = 7,70$ ), a pri temperaturi pečenja od 205 °C uzorci sa dodatkom maslaca ( $\Delta E = 13,31$ ). Povećanjem temperature pečenja, proporcionalno rastu i vrijednosti ukupne promjene boje kod svih uzoraka čajnog peciva.

## 4.2. Statistička analiza rezultata



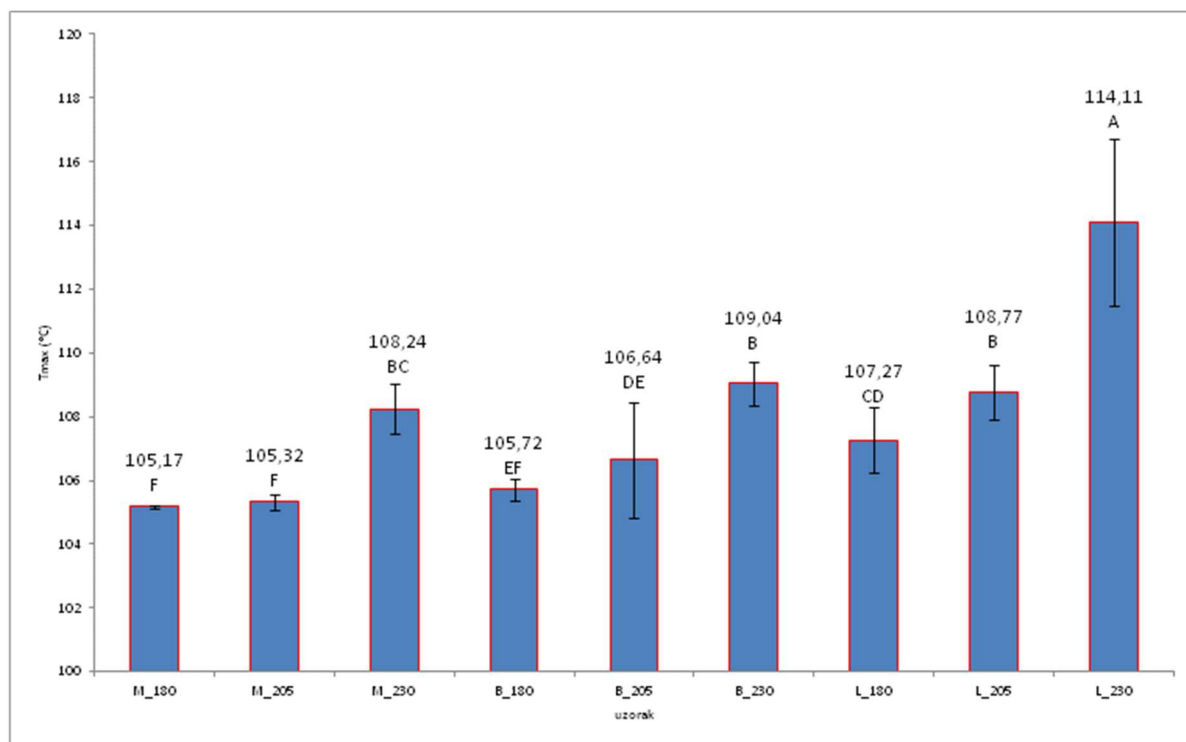
**Slika 14** Statistička analiza promjene temperature u sredini uzorka čajnog peciva s različitim masnoćama tijekom vremena na temperaturama pečenja od 180, 205 i 230 °C

Iz **slike 14** je vidljiva statistički značajna razlika uzorka čajnog peciva zamješenog s maslacom i pečenog na 180 °C u odnosu na ostale uzorke čajnog peciva. Navedenom uzorku čajnog peciva je trebalo najviše vremena da se u sredini uzorka postigne temperatura od 100 °C.



**Slika 15** Statistička analiza vremena postizanja 100 °C u sredini uzorka čajnog peciva s obzirom na korišteni tip masnoće tijekom zamjesa.

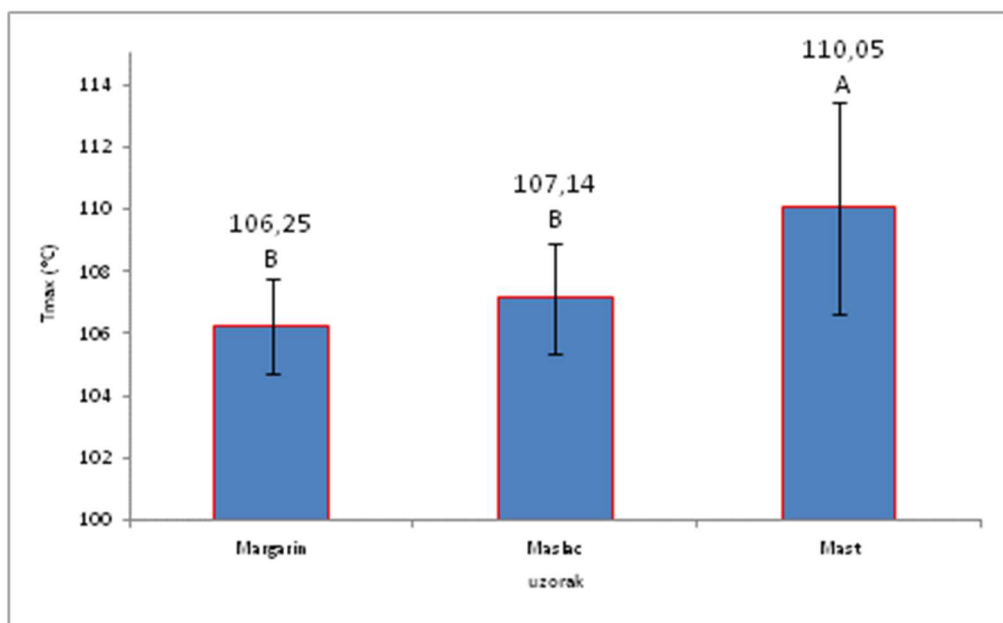
Međutim, statistička analiza uzoraka čajnih peciva s obzirom na sastav (različiti tipovi masnoća) i temperature pečenja ne pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na vrijeme za koje je postignuta temperatura od 100 °C u sredini uzoraka.



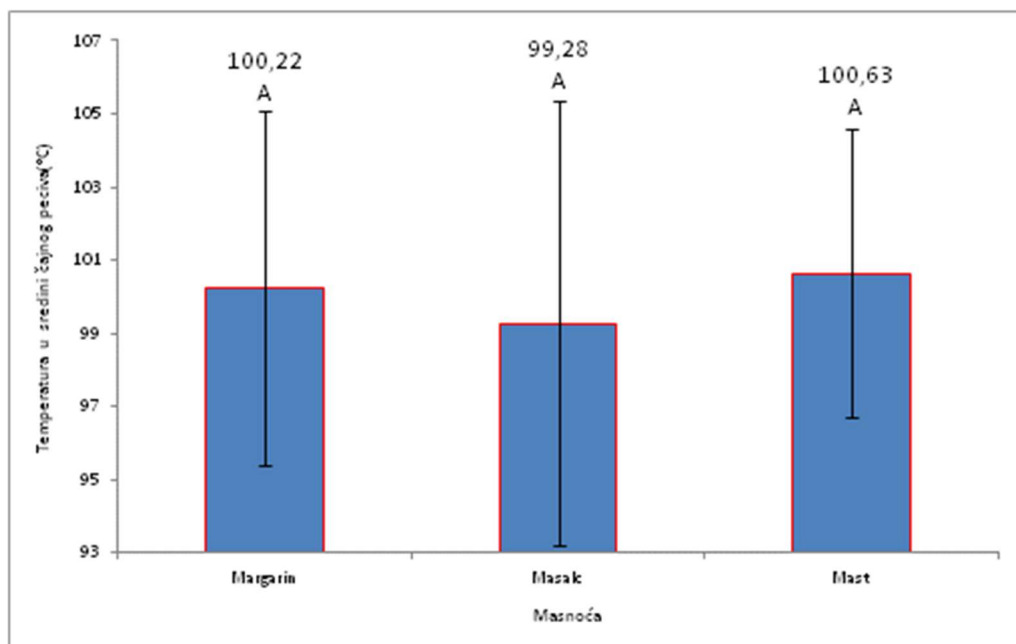
**Slika 16** Statistička analiza maksimalno zabilježene temperature u sredini uzoraka čajnog peciva u posljednjoj minuti pečenja s obzirom na tip masnoće i temperaturu pečenja

Iz dijagrama (**slika 16**) može se uočiti statistički značajna razlika u temperaturi u posljednjoj temperaturi pečenja kod uzorka čajnog peciva u odnosu na ostale uzorke, koji je pečen na 230 °C te u sastavu ima svinjsku mast. Također, statistička analiza uzoraka s obzirom na sastav bez obzira na temperaturu pečenja pokazuje statistički značajnu razliku za uzorke koji u svom sastavu imaju svinjsku mast (**slika 17**).



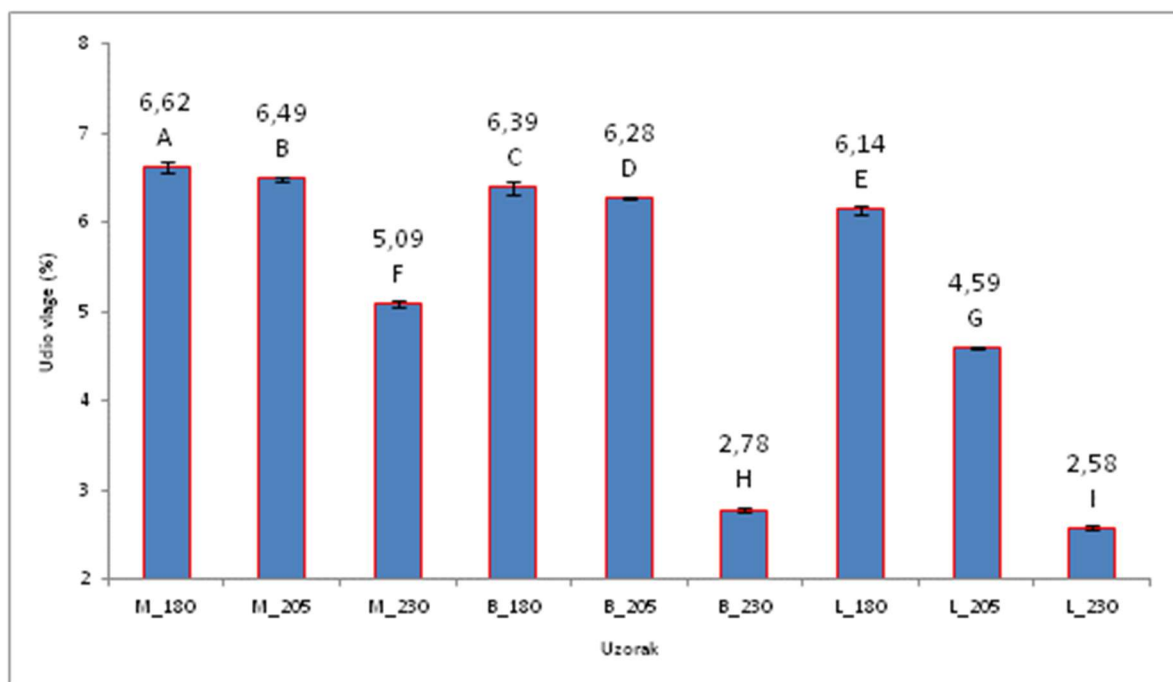


**Slika 17** Statistička analiza maksimalno zabilježene temperature u sredini uzoraka čajnog peciva u posljednjoj minuti pečenja s obzirom na tip masnoće u sastavu



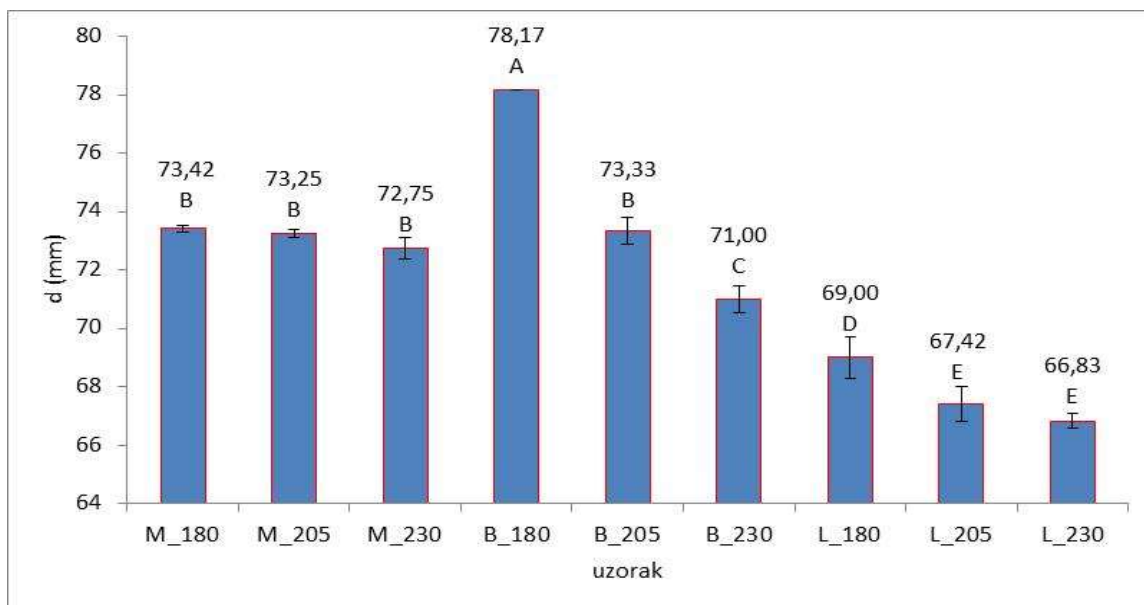
**Slika 18** Statistička analiza temperature postignute između 270 i 430 sekunde pečenja (period kada su svi uzorci u sredini postigli 100 °C) kod svih uzoraka čajnog peciva s obzirom na korišteni tip masnoće bez obzira na temperaturu pečenja

S obzirom na raspon vremena od 160 sekundi unutar kojih je postignuta temperatura od 100 °C u sredini čajnog peciva, statistička analiza ne pokazuje značajno statističko odstupanje uzoraka s obzirom na sastav (tip korištene masnoće) i temperaturu pečenja (**Slika 18**)



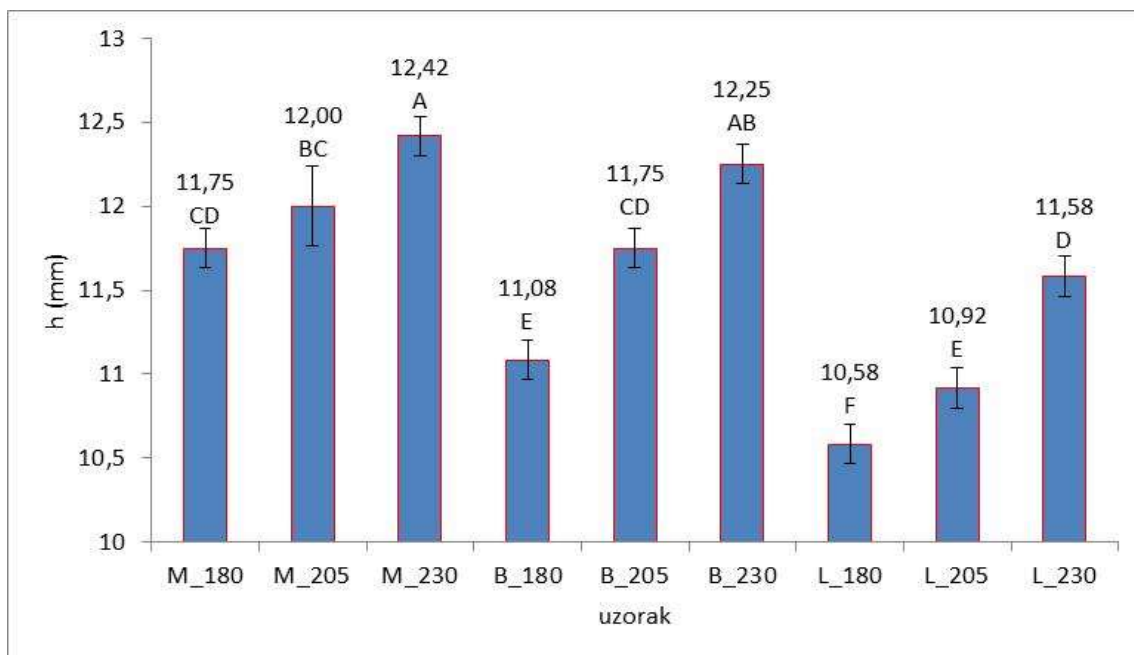
**Slika 19** Statistička analiza udjela vode u čajnom pecivu kao gotovom proizvodu s obzirom na tip korištene masnoće u zamjesu i temperature pečenja. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (M-margarin, B-maslac, L-svinjska mast, 180, 205 i 230 – temperature pečenja)

Iz **slike 19** vidljivo je kako i tip masnoće kao i temperatura pečenja daju konačni udio vode u gotovom čajnom pecivu značajno različit s obzirom na tip korištene masnoće i temperaturu pečenja što se u konačnici odražava na kvalitetu čajnog peciva. Očekivano, uzorci pečeni pri višim temperaturama, imali su manji udio vode u konačnom proizvodu, bez obzira na upotrebenu masnoću. Usporedbom vrijednosti udjela vode pri istoj temperaturi pečenja, vidljivo je kako su uzorci sa svinjskom masti imali statistički značajno niži udio vode od uzoraka s margarinom i maslacem.



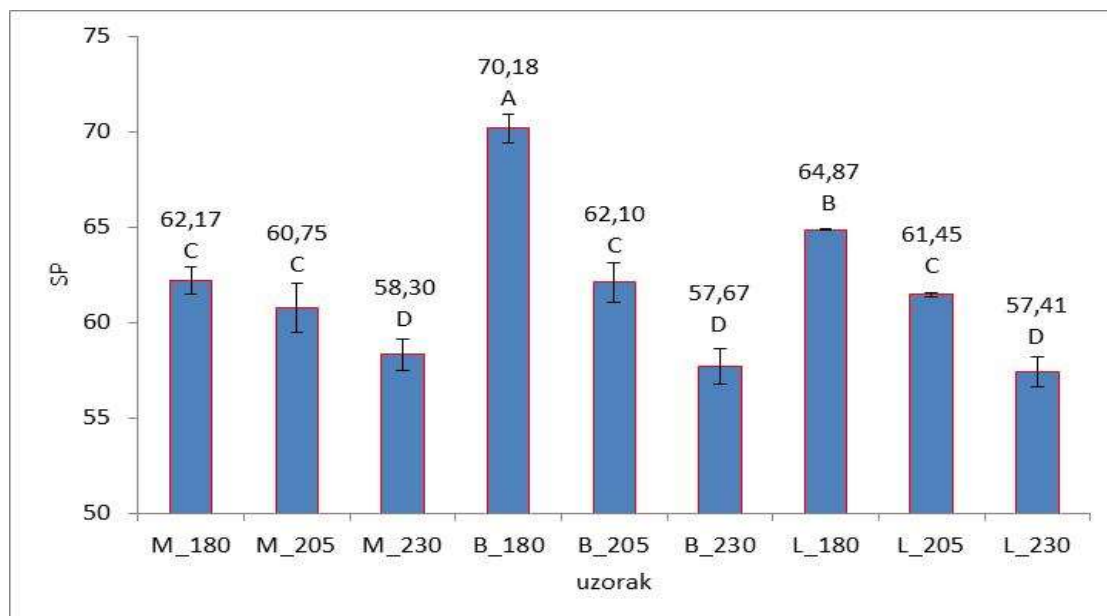
**Slika 20** Prosječne vrijednosti promjera čajnog peciva ovisno o vrsti masnoće i temperaturi pečenja. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (M-margarin, B-maslac, L-svinjska mast, 180, 205 i 230 – temperature pečenja)

Na **slici 20** uočava se kako kod uzoraka s margarinom nema statistički značajne razlike u promjeru čajnog peciva obzirom na temperaturu pečenja, za razliku od uzoraka s maslacem koji su pokazali statistički značajnu razliku promjera obzirom na temperaturu pečenja. Kod uzoraka sa svinjskom masti, uzorak pečen pri 180 °C se statistički značajno razlikuje u promjeru čajnog peciva u odnosu na uzorke pečene pri ostale dvije ispitivane temperature. Ako se usporede promjeri čajnog peciva pečenih pri istoj temperaturi pečenja, vidljivo je kako su uzorci sa svinjskom masti imaju statistički značajno najniže vrijednosti promjera i te vrijednosti se statistički značajno razlikuju od vrijednosti promjera čajnog peciva s maslacem i margarinom.



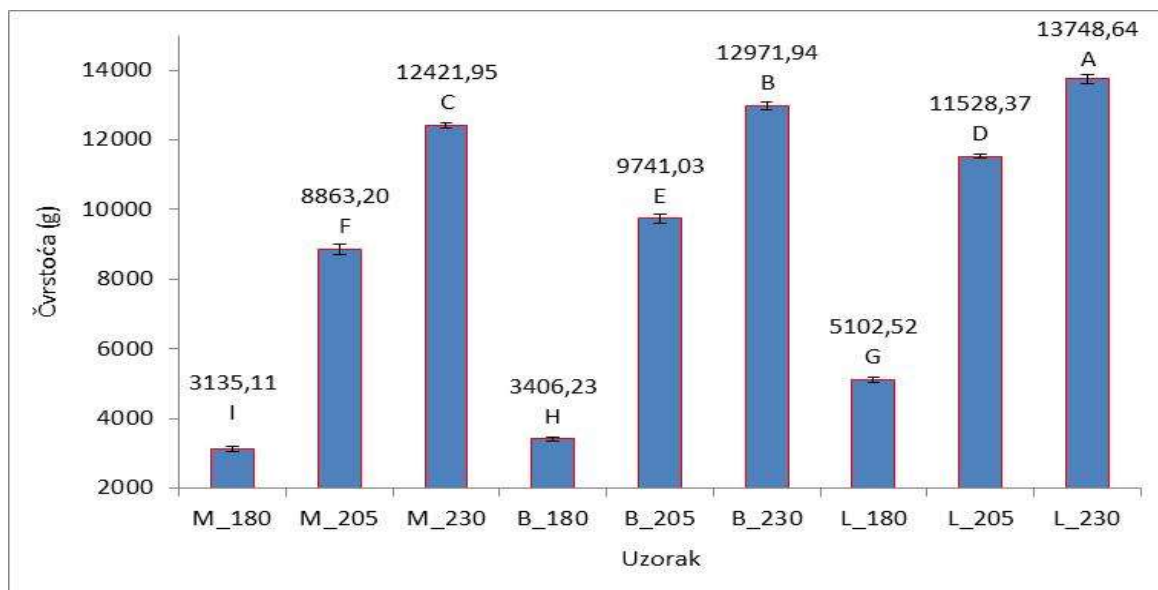
**Slika 21** Prosječne vrijednosti visine čajnog peciva ovisno o vrsti masnoće i temperaturi pečenja. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (M-margarin, B-maslac, L-svinjska mast, 180, 205 i 230 – temperature pečenja)

Visina čajnog peciva je kod svakog tipa masnoće rasla s povišenjem temperature pečenja (**slika 21**). Najveću visinu imali su uzorci čajnog peciva s margarinom, a najnižu uzorci čajnog peciva sa svinjskom masti, bez obzira na temperaturu pečenja. Visina čajnog peciva pri istoj temperaturi pečenja se statistički značajno razlikovala obzirom na upotrijebljenu masnoću.



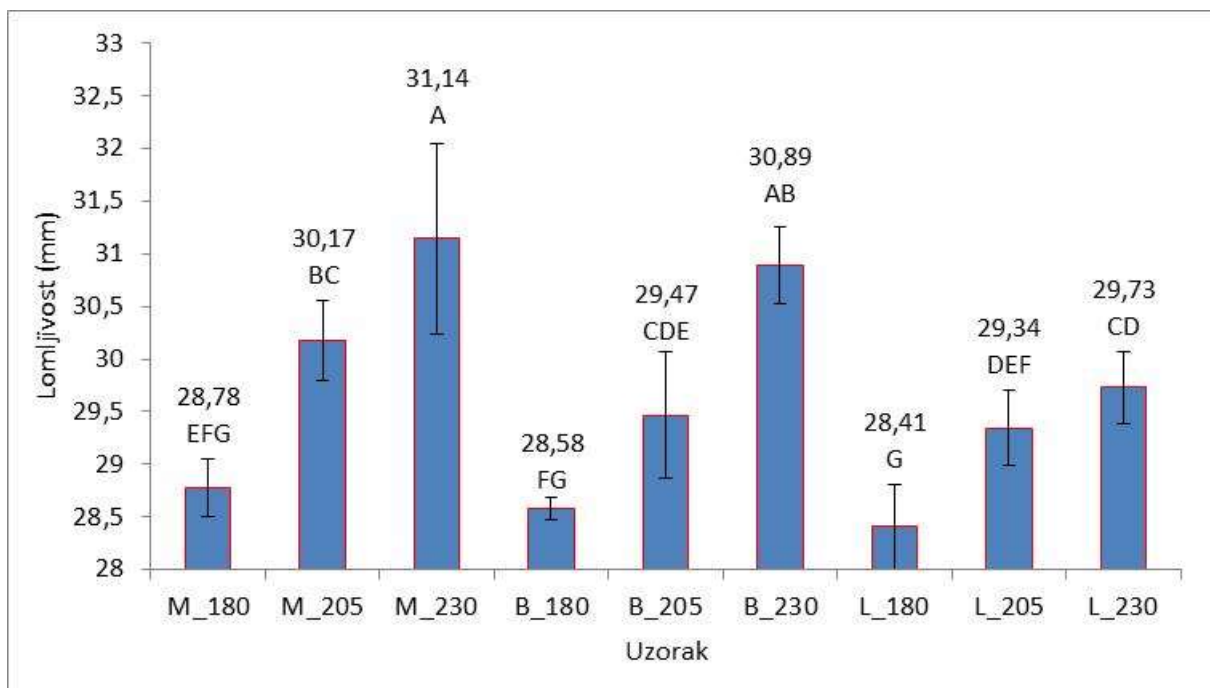
**Slika 22** Prosječne vrijednosti koeficijenta širenja čajnog peciva ovisno o vrsti masnoće i temperaturi pečenja. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (M-margarin, B-maslac, L-svinjska mast, 180, 205 i 230 – temperature pečenja)

Sa **slike 22** zanimljivo je uočiti kako se koeficijent širenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja od 180 °C statistički značajno razlikuje obzirom na upotrebljenu masnoću, dok pri višim temperaturama pečenja (205 i 230 °C) nema statistički značajne razlike u koeficijentima širenja čajnog peciva niti kod jedne od tri tipa upotrebljenih masnoća.



**Slika 23** Prosječne vrijednosti čvrstoće čajnog peciva ovisno o vrsti masnoće i temperaturi pečenja. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (M-margarin, B-maslac, L-svinjska mast, 180, 205 i 230 – temperature pečenja)

Svi uzorci čajnog peciva se statistički značajno razlikuju u čvrstoći obzirom na korištenu masnoću i temperature pečenja (**slika 23**). Najveću čvrstoću pokazali su uzorci čajnog peciva pripremljeni sa svinjskom masti, bez obzira na temperaturu pri kojoj su pečeni. Očekivano, najčvršći su bili uzorci pečeni pri najvišoj temperaturi (230 °C), a najmanje vrijednosti čvrstoće imali su uzorci pečeni pri najnižoj temperaturi (180 °C) u slučaju svake ispitivane masnoće.



**Slika 24.** Prosječne vrijednosti lomljivosti čajnog peciva ovisno o vrsti masnoće i temperaturi pečenja. Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike (M-margarin, B-maslac, L-svinjska mast, 180, 205 i 230 – temperature pečenja)

Vrijednosti lomljivosti rastle su s porastom temperature pečenja i kod svakog tipa masnoće vrijednosti za lomljivost se međusobno statistički značajno razlikuju obzirom na primjenjenu temperaturu pečenja (**slika 24**). Najveće vrijednosti lomljivosti pokazali su uzorci čajnog peciva s maslacem, a najniže uzorci sa svinjskom masti.

## **5. Zaključci**



Nakon provedenog istraživanja te na osnovu rezultata praćenja temperature i kvalitativnih svojstava čajnih peciva mogu se izvesti sljedeći zaključci:

Za svo čajno pecivo, bez obzira na vrstu masnoće u zamjesu, temperaturni profil ima isti trend porasta i pada temperature u sredini čajnog peciva. Maksimalne temperature koje su se razvile unutar čajnog peciva razlikuju se s obzirom na temperaturu pećnice prilikom pečenja kao i s obzirom na masnoću koja je korištena prilikom zamjesa.

Period isparavanja vode iz čajnog peciva u čijem sastavu se kao masnoća nalazi svinjska mast nije vidljiv konstantni period izlaženja vode iz uzoraka u dijagramima koji predstavljaju temperaturni profil jer ti uzorci imaju sniženi početni udio vlage u odnosu na čajno pecivo u čijem zamjesu su maslac i margarin.

Povećanjem temperature pečenja (180-230<sup>0</sup>C) povećava se vrijednost ukupne promjene boje za sve promatrane uzorke. Vrsta masnoće utjecala je na ukupnu promjenu boje uzoraka čajnog peciva. Uzorci kojima je u recepturu dodan margarin pokazali su veće vrijednosti promjene boje u odnosu na uzorke s dodatkom svinjske masti i maslaca, neovisno o temperaturi pečenja.

Uzorci sa svinjskom masti imali statistički značajno niži udio vode od uzoraka s margarinom i maslacem.

Najmanji promjer imali su uzorci čajnog peciva sa svinjskom masti. Visina čajnog peciva raste s povišenjem temperature pečenja kod svih uzoraka bez obzira na upotrijebljenu masnoću.

Koeficijent širenja čajnog peciva pri temperaturi pečenja od 180 °C statistički značajno razlikuje obzirom na upotrijebljenu masnoću. Pri višim temperaturama pečenja (205 i 230 °C) nema statistički značajne razlike u koeficijentima širenja čajnog peciva niti kod jedne od tri tipa upotrijebljenih masnoća.

Svi uzorci čajnog peciva se statistički značajno razlikuju u čvrstoći obzirom na korištenu masnoću i temperature pečenja. Najveću čvrstoću i najmanju lomljivost pokazali su uzorci čajnog peciva pripremljeni sa svinjskom masti, bez obzira na temperaturu pri kojoj su pečeni.

## **6. Literatura**

1. AACC 10-50D, Baking Quality of Cookie Flour, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000a
2. AACC Method 10-50 (2000a). Baking quality of cookie flour. Approved methods of American Association of Cereal Chemists International. St. Paul, MN; American Association of Cereal Chemists Inc.
3. AACC Method 44-15A: (2000b). Moisture-Air-Oven Methods. Approved methods of American Association of Cereal Chemists International. St. Paul, MN; American Association of Cereal Chemists Inc.
4. AACC Method 44-15A: Moisture-Air-Oven Methods. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000b
5. Bram P., Faisal T., Greet K., Brijs K., Goesaert H, Wevers M., Jan, Delcour A: Journal of food engineering 90 (2009): The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties
6. Budžaki, S., Šeruga, B., Determination of convective heat transfer coefficient during frying of potato dough. Journal of Food Engineering 66 (2005) 307–314
7. Du, C.-J., Sun, D.-W. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*. 15:230–249, 2004.
8. Gavrilović M.: Tehnologija konditorskih proizvoda. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 2003.
9. Gavrilović M.: Tehnologija konditorskih proizvoda. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2011.
10. Hodge, J.E. Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. *Agricultural and Food Chemistry*. 15:928–943, 1953.
11. Laughton, Michael A.; Warne, D.F. : *Electrical engineer's reference book*, Newnes, Oxford, 2003.
12. Manley D.: Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry. Woodhead publishing Limited, 2000.
13. Manley D., Biscuit packaging and storage, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 1998.

14. MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o proizvodima sličnim čokoladi, krem-proizvodima i bombonskim proizvodima, NN br. 73/2005.
15. N. Califano, A. Calvelo: Thermal Conductivity of Potato between 50 and 100°C. *Journal of Food Science*, 56 (2) 586 – 587, 1991
16. Purlis, E. Browning development in bakery product - A review. *Journal of Food Engineering*. 99,238–249, 2010.
17. Wahlby, U., Skjöldebrand, C. Reheating characteristics of crust formed on buns, and crust formation. *Journal of Food Engineering* 53:177–184, 2002.
18. Žanetić R, Stipišić R: *Mjerni pretvornici u procesnoj industriji*. Zavod za kemijsko inženjerstvo, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, Split, 2005.
19. [www.members.ift.org](http://www.members.ift.org) - Institute of Food Technologists (27.04.2016)