Utjecaj granulacije šećera na temperaturni profil tijekom pečenja čajnog peciva

Hrg, Danica

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:607038

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Danica Hrg

UTJECAJ GRANULACIJE ŠEĆERA NA TEMPERATURNI PROFIL TIJEKOM PEČENJA ČAJNOG PECIVA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2015.

Temeljna dokumentacijska kartica
DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno- tehnološki fakultet Osijek
Katedra za termodinamiku i reakcijsko inženjerstvo
Katedra za tehnologije prerade žitarica
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 18. lipnja 2014.
Predlagatelj teme, mentor: doc. dr. sc. Sandra Budžaki
Komentor: izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić

Utjecaj granulacije šećera na temperaturni profil tijekom pečenja čajnog peciva

Danica Hrg, 187-DI

Sažetak:

Cilj ovog diplomskog rada bio je odrediti utjecaj granulacije šećera na temperaturni profil čajnih peciva dobivenih u laboratorijskim uvjetima. Svaki zamjes razlikovao se prema dodanoj granulaciji šećera i temperaturi pečenja. Temperatura je mjerena pomoću termoparova tipa T. Uzorcima čajnog peciva, osim temperature, analizirana je tekstura pomoću analizatora teksture, te boja mjerena pomoću kolorimetra (Konica Minolta Chroma Metera, CR-400). Nakon pečenja ispitivanih uzoraka, provedena su mjerenja dužine, visine čajnih peciva te promjena udjela vlage tijekom pečenja. Rezultati praćenja temperaturnog profila pokazali su da se smanjenjem granulacije šećera koji se dodaje u zamjes za čajno pecivo prije postiže temperatura pri kojoj dolazi do isparavanja vode. Rezultati analize teksture pokazali su da granulacija šećera ne utječe značajno na parametre čvrstoće i lomljivosti. Najmanje vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci čajnog peciva s dodatkom šećera granulacije 800 μm, a najveće s dodatkom šećera u prahu.

Ključne riječi: čajno pecivo, temperaturni profil, granulacija šećera, tekstura, boja
Sadržaj rada:

39	Stranica
27	Slika
1	Tablica
19	literaturnih referenci

Jezik izvornika : Hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1. doc. Dr. sc. Jasmina Lukinac Čačić — predsjednik
2. doc. Dr. sc. Sandra Budžaki — član - mentor
3. izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić — član-komentor

Datum obrane: 17. srpnja, 2015

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
Subdepartemt of Thermodynamics and Reaction Engineering
Department of cereal processing technologies
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 Jun, 18th 2014.
Supervisor: PhD. Sandra Budžaki, assistant prof.
Cosupervisor: PhD. Daliborka Koceva-Komlenić,associate prof.

Influence of sugar granulation on temperature profile during cookies baking
The temperature profile during cookies baking as a function of sugar granulation

Danica Hrg, 187 - DI

Summary:

The aim of this master's thesis was to determine the effect of sugar granulation on temperature profile of cookies. Each dough for cookies differed with added sugar granulation and baking temperature. 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 were measured changes in weight during baking, length, height and water content of cookies.

Results of monitoring the temperature profiles showed that the reduction of sugar granulation that is added to the dough for cookies before achieved the temperature of water evaporation. Results of analysis of texture showed that granulation of sugar do not affect significantly the parameters of strength and endurance. According to results of the total colour change, minimum value had cookies with addition of sugar granulation 800 μm and the largest had cookies with the addition of powdered sugar.

Key words: cookies, temperature, sugar granulation, texture, colour
Thesis contains:

39	Pages
27	Figures
1	Tables
19	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: July 17th, 2015

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
S1000	Šećer granulacije > 1000 μm
S800	Šećer granulacije < 800 μm
SP	Šećer u prahu (granulacije do 50 μm)

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 2

2.1. ČAJNO PECIVO 2

2.2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU ČAJNOG PECIVA 3

2.2.1. Brašno 3

2.2.2. Voda 5

2.2.3. Masnoće 5

2.2.4. Šećeri 6

2.2.5. Sredstva za narastanje 8

2.3. PROCES PROIZVODNJE ČAJNOG PECIVA 9

2.3.1. Priprema sirovina 9

2.3.2. Odvaga i dodavanje po recepturi 9

2.3.3. Zamjes tijesta 9

2.3.4. Oblikovanje 10

2.3.5. Pečenje 11

2.3.6. Hlađenje 11

2.4. PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE GOTOVOG PROIZVODA 12

2.5. TEKSTURA 12

2.6. BOJA 13

3. EKSPERIMENTALNI DIO 14

3.1. ZADATAK 14

3.2. MATERIJALI 14

3.3. METODE 14

3.3.1. Proces proizvodnje čajnog peciva 14

3.4. MJERENJE TEMPERATURE ČAJNOG PECIVA 15

3.4.1. Princip mjerenja temperature pomoću termoparova 15

3.4.2. Provedba mjerenja temperature unutar čajnog peciva 16

3.4.3. Ispitivanje boje čajnog peciva 17

3.4.4. Određivanje udjela vode u čajnom pecivu 18

3.4.5. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnog peciva 18

3.4.6. Analiza rezultata 21

4. REZULTATI I RASPRAVA 22

4.1. REZULTATI MJERENJA TEMPERATURE U SREDINI ČAJNOG PECIVA TIJEKOM PEČENJA 22

4.2. REZULTATI ODREĐIVANJA UDJELA VODE U ČAJNOM PECIVU PRIJE I TIJEKOM PEČENJA 26

4.3. REZULTATI ODREĐIVANJA TEKSTURE UZORAKA ČAJNOG PECIVA 29
4.4. REZULTATI MJERENJA BOJE UZORAKA ČAJNOG PECIVA 35
5. ZAKLJUČCI 37
6. LITERATURA 38

1.UVOD

Prema tradiciji, keks se prvi put pojavio prije 10 000 godina u Kini, gdje je pripreman od suhe riže, sezama i voća. Ostale stare priče spominju da su Asirci koristili za pripremu tanke kore izrađene od ječma i pšenice, koje su zatim stavljali u glinene vaze i pekli na žaru.

Nekoliko tisuća godina kasnije, u egipatskom grobu iz 2500 godine prije Krista, nađeni su prikazi radnika koji miješaju žar u pećnici u kojoj se peku keksi. Keksi su u početku smatrani kao praktična, koncentrirana hrana, slična kruhu koji su imali prednost kao hrana prikladna za čuvanje na duže vremensko razdoblje s obzirom na niži udio vlage u odnosu na kruh.

Ime "keks" datira iz srednjeg vijeka. Etimološki ta riječ potječe od latinske riječi *bis-cuit*, što znači pečen dva puta (lat. *Bis* = dva puta, lat. *Coquere* = peći, kuhati). Pripremanjem na taj način (pečenjem dva puta) povećana je njihova trajnost što je bilo od velike važnosti jer su se keksi koristili u prehrani mornara i vojnika. U Londonu 1882. godine Joseph Huntley je počeo izradu keksa u maloj pekarnici, da bi sredinom 19. stoljeća počela masovna proizvodnja u tvornici da bi početkom 20. stoljeća bili najveći proizvođači keksa u svijetu i proizvodili više od 400 vrsta keksa. Vremenom su keksi postajali nutritivno bogatiji, a njihov broj se sve više povećavao (http://www.sobisco.com/history_biscuits.html).

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 granulacije šećera na temperaturni profil tijekom pečenja i određivana su kvalitativna svojstva (izgled, boja, tekstura i udio vlage) čajnog peciva. 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). Nakon zamjesa tijesta slijedi oblikovanje koje se može 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. Dodatne sirovine su sredstva za narastanje koja imaju veliku ulogu jer mijenjaju pH sredine tijesta i važnu ulogu u formiranju strukture proizvoda tijekom pečenja. Osim sredstava za narastanje, od dodatnih sirovina u proizvodnji čajnih peciva koriste se aditivi, jaja i med koji često značajno utječu na reološka svojstava tijesta ovisno o udjelu u sastavu (Gavrilović, 2011).

Receptura za pojedino čajno pecivo uvjetuje koje će sirovine biti upotrjebljene u proizvodnji. Na tržištu je dostupna velika količina različitih čajnih peciva, bilo da je riječ o čajnim pecivima s dodacima, čajnim pecivima s preljevima od kakaa, čokolade ili šećernim preljevima. Postoje čajna peciva koja se mogu puniti različitim vrstama punila, ukrašavati ili dorađivati (Manley, 2000).

2.2. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva

Osnovne sirovine u proizvodnji čajnog peciva su pšenično brašno, masnoće i šećer. Funkcionalna svojstva sirovina su povezana s namjenskom kvalitetom sirovina i udjelom u sastavu tijesta. Zbog toga postoji razlika između uloge osnovnih i dodatnih sirovina. Pored osnovnih sirovina koriste se i dodatne sirovine. Izbor dodatnih sirovina ovisi o vrsti čajnog peciva odnosno o njegovoj recepturi. Važno je napomenuti da od dodatnih sirovina najvažniju ulogu imaju sredstva za narastanje tijesta. Njihovom primjenom mijenja se pH sredine tijesta kao i formirana struktura proizvoda tijekom pečenja (Gavrilović, 2003).

2.2.1. Brašno

U proizvodnji čajnih peciva najčešće korišteni tipovi brašna su pšenično brašno T-400 i T-550. Od velike važnosti je i granulacija brašna, a izbor brašna ovisi o sirovinskom sastavu tijesta i načinu mehaničke obrade (Gavrilović, 2011).

Osnovna definicija kvalitete brašna je sposobnost da se iz njega mogu proizvesti zadovoljavajući konačni proizvodi pod prihvatljivim financijskim uvjetima, uz zadane uvjete proizvodnje. Najvažniji faktori kvalitete ispravnog pšeničnog brašna su:

- udio proteina (glutena),
- kvaliteta glutena (kemijske i fizikalne veličine), i
- amilolitička svojstva brašna (sposobnost želatinizacije i stvaranja šećera).

Cilj je prije proizvodnje utvrditi sposobnost brašna za proizvodnju kvalitetnog komercijalnog proizvoda (Đaković, 1980).

Glavna i količinski najzastupljenija komponenta pšeničnog zrna, a time i brašna je škrob. Škrob nastaje u zrnu pšenice u obliku mikroskopskih granula koje su okruglog oblika i različitih veličina. Promjer granula kreće se od 2 μm do 50 μm. Udjel škroba u brašnu ovisi o udjelu škroba u pšenici te o stupnju izmeljavanja.

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

Druga važna komponenta pšeničnog brašna su proteini. To su složeni kemijski spojevi velike molekulske mase, a ujedno su i glavna komponenta za određivanje kvalitete brašna u pšeničnom zrnu. U zrnu pšenice nalaze se četiri vrste proteina: albumini, globulini, gliadini i glutenini. Gliadin i glutenin zajedno s vodom stvaraju gluten. On se dobije ispiranjem tijesta s

vodom ili razrijeđenom otopinom kuhinjske soli dok se ne ispere sav škrob. Kvaliteta glutena je određena međusobnim odnosom gliadina i glutenina. Glutenin je zapravo polimer gliadina koji se sastoji od velikog broja molekula gliadina međusobno povezanih disulfidnim vezama. Više disulfidnih veza znači veću čvrstoću glutena (Gavrilović, 2003). Kvaliteta i količina prisutnog glutena je od primarnog značaja za ocjenu tehnološke kvalitete brašna. U keksarstvu se koriste slaba brašna s nižim udjelom glutena. Za proizvodnju čajnog peciva se koristi brašno s 23 - 25 % vlažnog glutena. Tijesto od ovog brašna nije čvrsto povezano, brzo omekšava i postiže odgovarajuća plastična svojstva. Reološka svojstva brašna ovise o fizikalnim svojstvima glutena.

Sljedeća komponenta pšeničnog brašna su lipidi. To su tvari koje su po fizikalnim svojstvima slične mastima, prirodni organski spojevi koji se otapaju u otapalima za masti. Brašno sadrži nizak udio lipida (1,5 - 2,5 %), ali njihova funkcionalna svojstva su od velikog značaja za tehnološku kvalitetu brašna. Lipide brašna čine: trigliceridi, fosfolipidi i glikolipidi. U sastavu triglicerida nalaze se uglavnom palmitinska, oleinska, linolna i linolenska kiselina.

Trigliceridi i ostali nepolarni lipidi uvelike utječu na konzistenciju tijesta gradeći kompleksne spojeve sa škrobom tijekom termičke obrade tijesta. Fosfolipidi povoljno utječu na gluten koji pri tome zadržava više plinova u tijestu, a pri tome sam proizvod dobiva veći volumen i bolju teksturu. Glikolipidi i fosfolipidi se povezuju s proteinima i škrobom brašna te utječu na njihovu pokretljivost i savitljivost (Gavrilović, 2003).

Vitamini i minerali

Brašno od cijelog zrna sadrži više mikronutrijenata od bijelog brašna, a ta razlika se povećava kako se stupanj izmeljavanja brašna smanjuje (W.Bushuk, 2012). Razlog tome je što je većina minerala koncentrirana u aleuronskom sloju. Hemiceluloza, celuloza i lignin mogu utjecati na vezanje nekih minerala. Primjerice, lignin može vezati velike količine Ca, Zn, Fe i Mg, dok celuloza veže samo male količine. Glavni sastojci mineralnih frakcija su fosfati i sulfati Ca, Mg i K. Što se tiče vitamina, najzastupljeniji su u klici, zatim u aleuronskom sloju, a najmanje u endospermu zrna pšenice. Najzastupljeniji su vitamini B kompleksa i to: tiamin, riboflavin, niacin, biotin i pantotenska kiselina. Vitamini i minerali imaju samo nutritivnu ulogu, stoga tamnija brašna, od cjelovitog zrna imaju veću biološku vrijednost (Kent i Evers, 2013).

2.2.2. Voda

Voda koja je u sastavu tijesta može biti prisutna u vezanom ili slobodnom obliku. Vezana voda se nalazi u sastavu glutena preko polarnih grupa proteina brašna i kapilarna voda koju prima škrob. Količina slobodne vode u tijestu regulira visoko-elastična svojstva tijesta. Tijekom zamjesa odvija se bubrenje proteina glutena, sve dok se ne postigne ravnoteža između osmotskog tlaka i tlaka između micela glutena. Tijekom bubrenja, proteini glutena stvaraju prostornu molekulsku rešetku ispunjenu suspenzijom hidratiziranog škroba. Prisutnost masti i šećera (saharoze), koje tijekom zamjesa dolaze u interakciju s brašnom i vodom, ograničavaju količinu vode, jer utječu na promjenu osmotskog tlaka i na predviđenu konzistenciju tijesta. Brašno je sposobno pri određenom sirovinskom sastavu stvoriti tijesto s minimalnim udjelom vode većim od vrijednosti za moć upijanja vode brašna (Gavrilović, 2003).

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 u prehrambenoj industriji i tijekom tehnološke proizvodnje određenih proizvoda mora biti bez boje, okusa i mirisa. U slučaju da je povećana kiselost vode ili su prisutni ostatci amonijaka, znači da je došlo do onečišćenja uslijed razgradnje organskih materijala i takva voda se ne smije upotrebljavati u prehrambenoj industriji pa tako niti u proizvodnji čajnih peciva. Ukoliko je tvrdoća vode prevelika, koriste se ionski izmjenjivači, a za uklanjanje mehaničkih nečistoća koristi se različiti postupci filtracije (Kaluđerski, 1986).

2.2.3. Masnoće

U proizvodnji čajnih peciva mogu se koristiti različite masnoće, bilo da su prirodne, hidrogenirane ili emulgirane. S obzirom na kemijski sastav, masnoće se dijele na tvrde (masti), tekuće (ulje) i masnoće mazive konzistencije, a s obzirom na porijeklo mogu biti životinjske i biljne. U sastavu masti prevladavaju zasićene masne kiseline, palmitinska i stearinska, dok su u uljima pretežno nezasićene, najčešće oleinska.

U tijestu od brašna, vode i masti, mast je raspodijeljena u tankim slojevima i povezana preko svojih hidrofobnih veza s hidrofobnim vezama proteina brašna. Prirodni polarni lipidi brašna dolaze u interakcije sa polarnim lipidima masti gradeći lipoproteine. Lipoproteini formiraju plastično-elastične i elastično-plastične osobine tijesta. Mast regulira ponašanja tijesta preko svojstva plastičnosti i sposobnosti apsorpcije mjehurića zraka. Nepolarni trigliceridi masti djeluju kao omekšivači i utječu na konzistenciju tijesta (Gavrilović, 2003). Plastična svojstva pecivih

masti imaju važnu funkciju tijekom zamjesa tijesta. Čvrsta faza triglicerida utječe na smanjenu čvrstoću strukturalne organizacije kompleksa glutena, a tekuća faza triglicerida utječe na pokretljivost tijesta. Masnoća nadalje smanjuje skupljanje tijesta tijekom mehaničke obrade jer smanjuje napetosti koje dovode do deformacije oblikovanog komada tijesta. Prilikom zamjesa tijesta od velike je važnosti redoslijed dodavanja vode i masti jer je utvrđeno kako istovremeno dodavanje masti i vode brašnu doprinosi optimalnom razvoju tijesta. Mast se raspoređuje po česticama brašna i pri tome omogućuje vodi pristup i hidratizaciju proteina i škroba. Porastom temperature tijekom zamjesa, dio masti s obzirom na svoja plastična svojstva (osobito *shortening*) sporo prelazi u tekuću fazu što to povoljno utječe na proces hidratacije. Međutim ako mast nije dovoljno plastična ona se otapa porastom temperature tijekom zamjesa. Tekuća faza se raspoređuje po površini čestica brašna u obliku masne opne i na taj način sprječava kontakt vode s brašnom, zbog čega je usporeno bubrenje proteina glutena. Mast u tijestu se nalazi u dodiru 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 i istovremeno kvarenje proizvoda, odnosno čajnog peciva. Da bi se spriječilo kvarenje proizvoda, mast treba imati potrebnu stabilnost i sposobnost održivosti tijekom čitavog tehnološkog procesa proizvodnje i trajnosti čajnih peciva i drugih srodnih proizvoda (Gavrilović,2003).

2.2.4. Šećeri

Često se pod nazivom šećer zapravo misli na saharozu dobivenu iz šećerne repe ili šećerne trske. Saharoza je najvažniji šećer u proizvodnji keksarskih proizvoda. Ona daje okus slatkoće, utječe na strukturu i teksturu keksa i pretpostavlja se da unosi zrak u mast tijekom pripreme tijesta za keks. Još jedna bitna uloga saharoze je da utječe na viskoznost tijesta.

Tijekom pečenja, neotopljeni šećer se postupno otapa i na taj način doprinosi širenju keksa. Ostali parametri koju su pod utjecajem količine šećera su: tvrdoća, svježina (hrskavost), boja i volumen. Konačno, Hoseney (1994) smatra da tijekom pečenja, rekristalizacija saharoze na površini keksa uzrokuje tipične površinske pukotine. Količina dodanog šećera utječe na još jedno svojstvo keksa, a to je čvrstoća koja se smanjuje linearno (R^2 = 0,89) s povećanjem udjela saharoze. To može biti povezano sa smanjenjem viskoznosti tijesta kada mu je dodano više šećera jer svaki gram saharoze otopljene u gramu vode povećava volumen otopine za 0,66 mL (Bram i sur., 2009).

Kemijske karakteristike saharoze:

Saharoza je, prema IUPAC-u (1990), disaharid (ß-D-fruktofuranozil-α-Dglukopiranozid) kemijske formule $C_{12}H_{22}O_{11}$ i molekulske mase 342,303 g/mol. Kod saharoze glikozidna veza spaja dva anomerna ugljika (C1 glukoze i C2 fruktoze) te nije moguće otvaranje niti jednog od dvaju prstenova odnosno molekula ne sadrži slobodnu aldehidnu skupinu te je stoga saharoza nereducirajući šećer.

Saharoza kristalizira u monoklinskom sustavu. Kristal saharoze je složen i predstavlja kombinaciju šest kristalografskih oblika. Temperatura taljenja se kreće u rasponu od 185 do 186 °C, a prisutnost nečistoća snižava točku taljenja saharoze. Zagrijavanjem rastaljene saharoze u vremenu 5 - 20 min na temperaturama od 180 do 200 °C dolazi do *karamelizacije,* odnosno cijepanja molekule i nastajanja različitih monosaharida uz izdvajanje vode. Specifična gustoća saharoze pri 25 °C iznosi 1587 kg m^{-3}, a nasipna gustoća od 800 do 820 kg m^{-3}. Saharoza je dobro topljiva u vodi, a netopljiva u većini organskih otapala. Topljivost saharoze ovisi o temperaturi i udjelu primjesa. Tako, mala količina primjesa (iona) smanjuje topljivost saharoze, dok veća količina povećava njenu topljivost. Viskoznost otopine saharoze ovisi o temperaturi otopine i koncentraciji saharoze te raste sa porastom koncentracije, a opada sa porastom temperature. Saharoza sadrži više asimetričnih ugljikovih atoma i stoga je optički aktivna te skreće ravninu polarizirane svjetlosti u desno. Djelovanjem kiselina dolazi do razgradnje saharoze na glukozu i fruktozu. Tako nastala smjesa zakreće ravninu polarizirane svjetlosti u lijevo (inverzija saharoze), a smjesa se naziva invertni šećer. Djelovanjem lužina dolazi do djelomične razgradnje saharoze te se povećava sa povišenjem pH vrijednosti i temperature. Sa anorganskim solima i organskim spojevima saharoza daje spojeve koji su u vodi topljiviji od saharoze te sprječavaju njenu kristalizaciju (Šubarić, Babić, Ačkar, 2011).

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 te oko 0,15 % pepela i do 0,02 % vode (Mičić, 1976).

Uloga saharoze pri zamjesu je smanjenje osmotske aktivnosti vode pri čemu dolazi do sporijeg bubrenja glutena te do sporijeg oblikovanja tijesta. Ako je u tijestu udio vlage ispod 25 % preferira se upotreba šećera u prahu, čija je maksimalna veličina čestica 100 µm. U proizvodnji keksa upotrebljava se saharoza različite veličine čestica u rasponu od 50 – 1000 µm. Što je manja veličina kristala veća je brzina otapanja (Manley, 1998).

2.2.5. Sredstva za narastanje

U proizvodnji 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 (soda bikarbona). Uloga kemijskih sredstava za narastanje tijesta u zamjesu tijesta kod keksa je višestruka. Kemijska sredstva utječu na promjenu pH sredine tijesta, sprječavaju ljepljivost tijesta i zbog toga je moguće stanjivanje tijesta tijekom mehaničke obrade. Utječu i na promjenu reoloških svojstava tijesta koja su posljedica djelovanja alkalnih soli na proteine i škrob brašna. Oksido–redukcija sulfhidrilnih grupa proteina brašna je u neutralnoj i alkalnoj sredini pomaknuta u pravcu nastajanja disulfidnih grupa. Nastaje djelomična denaturacija globularnih proteina i promjene u strukturi amiloze, što dovodi do sporijeg bubrenja škroba (Gavrilović, 2003).

Natrijev hidrogenkarbonat (natrijev bikarbonat, $NaHCO_3$) je kristalni prah bijele boje, slabog mirisa i slabog alkalno-slanog okusa. Lako se otapa u vodi. Zagrijavanjem se razlaže na natrijev karbonat, ugljikov-dioksid i vodu.

$$2\ NaHCO_3 \xrightarrow{\text{toplina}} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

Pri pečenju keksa, pod utjecajem topline nastali plinovi imaju utjecaj na formiranje strukture proizvoda. (Gavrilović, 2003.) Natrijev hidrogenkarbonat dodaje se tijestu za kekse u količini od 2 do 6 g/kg brašna (Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo, 2007). Osim natrijevog hidrogenkarbonata postoje još neka sredstva za narastanje kao što su kalijev hidrogenkarbonat, amonijev hidrogenkarbonat, i dr.

2.3. Proces proizvodnje čajnog peciva

2.3.1. Priprema sirovina

Proizvođač čajnog peciva preuzima brašno koje je transportirano u vrećama ili u kamionu-cisterni iz silosa proizvođača te ga smješta u silos ili podno skladište sirovina. Prije punjenja u silose važno je prosijati brašna preko magneta do cilindričnog, centrifugalnog ili vibracijskog sita iz dva razloga: da bi se uklonile eventualne primjese i da bi brašno primilo zračne mjehuriće. Time brašno postaje rastresito i pogodno za zamjes (Gavrilović, 2003). Sirovine koje su prošle kontrolu kvalitete uzimaju se za proizvodnju prema normativu za svaku vrstu proizvoda. Prije procesa proizvodnje brašno se prosijava, šećer u kristalu se prema potrebi melje u sitni prah, a masnoće se za vrijeme pripreme temperiraju tako što se otapaju i ponovno ohlade do trenutka kada počne ponovno kristaliziranje. Proces dozrijevanja masti se odvija 24 sata pri temperaturi od 30,5 °C nakon čega se 50 – 60 % masti opet nalazi u krutom stanju.

2.3.2. Odvaga i dodavanje po recepturi

Odvaga sirovina provodi se prema određenoj recepturi. Odvagano brašno, šećer te odmjerena količina vode se direktno dodaju preko automatske ili poluautomatske vage i dozirnog automata, a ostale sirovine se ručno odvaguju i dodaju u zamjes. Sirovine koje se odvaguju za izradu jedne mase predstavljaju jednu šaržu čija veličina ovisi o kapacitetu miješalice (Ugarčić-Hardi, 1999).

2.3.3. Zamjes tijesta

Izrada zamjesa tijesta za čajna peciva može se odvijati prema jednofaznom ili dvofaznom postupku ovisno o vrsti čajnog peciva. Kod jednofaznog postupka sve se sirovine dodaju odjednom pri čemu se sredstvo za rahljenje prethodno pomiješa s brašnom. Kod dvofaznog postupka se prvo doziraju potrebne količine šećera, vode, masti i ostalih sirovina osim brašna, miješaju se, a zatim se dodaje dio brašna, otopina sredstva za rahljenje te ostatak brašna. Tijesto koje se sječe i dresirano čajno pecivo priprema se najčešće dvofaznim postupkom, a za oblikovano i rezano tijesto se sve sirovine dodaju odjednom. Parametri koji utječu na vrijeme miješanja zamjesa su granulacija brašna, temperatura sirovina, konzistencija upotrjebljene masti i veličina čestica šećera. Na trajanje zamjesa još utječe i vrsta mjesilice. Da bi se odredila količina vode koja je potrebna za zamjes, mora se znati sirovinski sastav proizvoda, udio vlage u svakoj sirovini te konačni udio vlage tijesta nakon zamjesa. Vlaga tijesta u sječenom čajnom

pecivu kreće se u rasponu 20 - 24%, oblikovanom 14 - 16%, rezanom 18 - 26%, a dresiranom 16 - 26%. (Gavrilović, 2003).

Iz ovih podataka se vidi da oblikovano čajno pecivo sadrži najmanje vlage i njegovo tijesto je nakon zamjesa nepovezano, grudasto, suho i lako se kida. Za ostala čajna peciva tijesta su povezane i meke strukture. Osim o udjelu vode, izgled tijesta ovisi o svojstvima brašna koje se upotrebljava kao i o načinu izrade tijesta. Temperatura sirovina tijekom izrade tijesta je vrlo važna i treba se kretati u rasponu 18 - 25 °C. Viša temperatura uzrokovala bi žilavost tijesta uslijed povećanja elastičnosti dok bi se plastična svojstva izgubila što bi u konačnici rezultiralo nepravilnim oblicima proizvoda. Temperatura također ne bi smjela ni biti niža od 18 °C jer bi otežala izradu tijesta na strojevima. Zamjes tijesta je završen kad je formiran glutenski kompleks. Na hidrataciju glutena, odnosno formiranje glutenskog kompleksa bitno utječe mehanički rad i vrijeme trajanja zamjesa zbog dodane manje koncentracije vode od one što su proteini glutena sposobni primiti. Vrijeme izrade tijesta ovisi o temperaturi brašna i drugih sirovina, granulaciji brašna, konzistenciji masnoća, veličini čestica šećera. Vrijeme izrade tijesta je od 5 do 15 minuta. Nakon zamjesa, tijesto se u ovisnosti od sirovinskog sastava odmara ili se bez odmaranja oblikuje. Odmara se ili odležava tijesto tvrde konzistencije kako bi se nastavila hidratacija glutena, dispergiranje masti i smanjili naponi (Gavrilović, 2003).

2.3.4. Oblikovanje

Oblikovanje tijesta ovisi vrsti čajnog peciva. Tijesto za oblikovano čajno pecivo oblikuje se neposredno poslije zamjesa. Takvo tijesto dolazi iz dozirnog koša do valjaka, od kojih je jedan formirajući valjak s udubljenim formama, a drugi rebrasti i služi za utiskivanje tijesta. Tijesto se puni u udubljenu formu te se pritiskom drugog valjka dobro utisne u kalupu. Dodirom valjaka i transportne trake oblikovano tijesto pomoću podtlaka se prebacuje na transportnu traku. Tijesto za istisnuta čajna peciva također se oblikuju neposredno poslije zamjesa. Tijesto izlazi iz dozatora u kojem ga potiskuju dva rebrasta valjka kroz volumne dozatore. Tjestena masa se istiskuju zbog djelovanja valjaka i gravitacije na trakasti transporter. Tijesto za sječeno čajno pecivo se propušta kroz otvore kalupa, oblikuju se paralelne trake koje se rotirajućim nožem sijeku na željenu duljinu. Rezana čajna peciva se režu pomoću žice također nakon prolaska kroz otvore kalupa tako da prilikom spuštanja tijesta na traku čelična žica reže komade tijesta (Gavrilović, 2003).

2.3.5. Pečenje

Pečenje je proces djelovanja topline dovedene u zagrijani prostor peći na oblikovano tijesto. Počinje zagrijavanjem oblikovanog tijesta koje je praćeno izlaskom vode procesom isparavanja preko površine zajedno sa nastalim plinovima i zračnim mjehurićima. Isparavanje tijekom pečenja se može podijeliti u tri faze. U okviru prve faze i dijela druge faze preko površine keksa izlazi vodena para i plinovi nastali zagrijavanjem sredstava za narastanje. U dijelu druge i treće faze isparava ostatak. Pečenje je složena operacija tehnološkog procesa proizvodnje keksa jer tada nastaju fizikalno-kemijske i koloidne promjene tijesta te se dobiva konačan proizvod određene kvalitete. Procesom pečenja oblikovanom tijestu se mijenjaju izgled, dimenzije, formira se struktura, okus i aromatična svojstva. Procesi promjene sastojaka tijesta počinju u trenutku kad temperatura tijesta u površinskim slojevima dostigne 40 °C i završavaju se na kraju pečenja. Porastom temperature tijesta na 50 °C, postupno i vidljivo nastaje povećanje volumena oblikovanog tijesta. Gluten otpušta vodu koju, sve više zagrijanu, prima djelomično hidratizirani škrob. Šećer utječe na povećanje topljivosti proteina i usporava bubrenje škroba, povećava napone tijesta i tako utječe na širenje tijesta (keksa). 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

Neposredno poslije izlaza iz peći počinje proces hlađenja čajnog peciva pri čemu se temperatura smanjuje, a čvrstoća povećava. Hlađenje se nastavlja sve dok se ne izjednači temperatura čajnog peciva s temperaturom prostorije i dok se ne postigne svojstvena čvrstoća proizvoda. Proces hlađenja 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 pri brzini 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. Ravnotežna vlaga čajnog peciva se kreće od 3 do 5 %. Važno je spomenuti promjene pojedinih sastojaka i fizikalnih osobina keksa. Gluten očvršćava tijekom hlađenja i postaje nosilac strukture i ostalih osobina teksture. Masnoća raspoređena oko glutena i škrobnih zrnaca očvršćava i utječe na plastično-elastične osobine proizvoda. Ukoliko čajno pecivo sadrži veći udio masnoće, veća je njezina migracija na površinu proizvoda. Otopljeni šećer, tijekom hlađenja se sporo kristalizira i stvara mikrokristale koji se ugrađuju u strukturu čajnog peciva. Kristalizirani šećer utječe na povećanje čvrstoće i sjaj površine

proizvoda. Prema tome, sadržaj masti i šećera, kao i njihov odnos u sirovinskom sastavu, određuje važne karakteristike; čvrstoću, drobljivost, sjaj, teksturu i osobine pri žvakanju (Gavrilović, 2003).

2.4. Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda

Posljednji korak u proizvodnji čajnih peciva je pakiranje. Nakon što se proizvod ohladio na odgovarajuću temperaturu, slijedi ručno ili automatsko pakiranje. Čajna peciva mogu biti upakirana u pakiranja pogodna za prodaju, pojedinačno ili skupno u ambalažu nepropusnu za vlagu (poput celofana, polipropilenske folije i različitih laminiranih folija), potom se mogu pakirati u kutije i na kraju u transportnu ambalažu za skladištenje i transport. Ambalaža je zaštita proizvodu od utjecaja svjetlosti (kako ne bi došlo do oksidacije masnoća), vlage, stranih mirisa i djelovanja štetnika. Isto tako, ambalaža je zaštita proizvodima od propuštanja masnoće i vlage.

Upakirani proizvod odvozi se u skladište te se skladišti pri odgovarajućim uvjetima. Uvjeti temperature i vlage u skladištu gdje se čuva proizvod trebaju biti konstantni. Zidovi i strop skladišta trebaju biti dobro izolirani, a po potrebi prostorija treba biti klimatizirana s osiguranom cirkulacijom zraka. Oscilacije u temperaturama skladištenja mogu dovesti do migracije i oksidacije masnoća. Povećana vlažnost može dovesti do smanjenja čvrstoće kartonske ambalaže, što povećava pritisak na pakiranja u nižim slojevima te degradacije kvalitete proizvoda. Ambalaža nije samo sigurno i prikladno sredstvo prijenosa proizvoda do potrošača, već sadrži bitne informacije o proizvodu kao što su: sastav, proizvođač, vrsta, težina, trajnost (Manley, D., 1998).

2.5. Tekstura

Tekstura je vrlo značajno svojstvo koje utječe na procesiranje i rukovanje proizvodom, na vijek trajnosti proizvoda, te na prihvatljivost proizvoda od strane potrošača.

Tekstura se može opisati kao skupina fizikalnih svojstava koji se mogu odrediti osjetilom dodira, a u vezi su s deformacijom, dezintegracijom i tečenjem hrane pod utjecajem sile. 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.

2.6. Boja

Tijekom proizvodnje čajnog peciva bitan je korak kontroliranja razvoja boje kako bi sam proizvod bio što bolje prihvaćen od strane potrošača. U tu svrhu razvijene su različite indirektne i direktne metode mjerenja boje proizvoda. Direktne metode usmjerene su na kvantitativno praćenje produkata 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, denziometar, sustav za računalnu analizu slike. (Purlis, E., 2010).

Za mjerenje boje čajnog peciva može se koristiti kolorimetar (Konica Minolta Chroma Meter CR-400), koji je prikazan na Slici 1. CR-400 sastoji se od mjerne glave s otvorom mjernog promjera 8 mm kroz koji pulsirajuća ksenonska lampa baca difuzno svjetlo okomito na površinu uzorka. Reflektirana svjetlost s površine uzorka detektira se pomoću šest osjetljivih silikonskih fotoćelija. Vrijeme mjerenja je 1 s sa minimalnim intervalom između mjerenja 3 s. Uređaj omogućuje rad u različitim mjernim sustavima (XYZ, Yxy, *L*a*b**, Hunter Lab, L*C*h, itd.).



Slika 1 Minolta Chroma Meter CR-400

3.EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Zadatak

Zadatak ovog diplomskog rada bio je praćenje utjecaja različite granulacije šećera na temperaturni profil tijekom pečenja i hlađenja čajnog peciva. Čajna peciva pripremljena su u laboratorijskim uvjetima u Laboratoriju katedre za tehnologije prerade žitarica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek.

3.2. 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 $NaHCO_3$

33,0 g otopine glukoze (otopina glukoze: 8,9 glukoze u 150 cm^3 destilirane vode)

16,0 g destilirane vode

3.3. Metode

3.3.1. Proces pečenja čajnog peciva

Čajna peciva koja su pečena u ovom radu pripremljena su od sirovina koje su kupljene u lokalnim trgovinama. Sirovine su vagane prema recepturi AACC metode 10-50D, pri čemu se svaka sirovina vagala zasebno na laboratorijskoj vagi (OHAUS ADVENTURER Pro AV4102, točnost na dvije decimale). Prvo se vagalo brašno, šećer, NaCl, $NaHCO_3$, otopina glukoze i destilirana voda u posudu miksera. Sirovine koje su oodvagane 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 $NaHCO_3$) koje su stavljene u posudu miksera miješale su se brzinom 1 (najsporijom) miksera tijekom 3 minute. Pri tome su korištene žičane mutilice miksera. Svake minute prekidan je postupak miksanja te su sastrugani sastojci sa stjenki posude i vraćeni u glavnu masu kako bi se svi sastojci ravnomjerno izmiješali. Nakon 3 minute miješanja, dodana je otopina glukoze i destilirane vodu te je

nastavljeno s miješanjem brzinom 1 (najsporijom) tijekom 1 minute, a potom još 1 minutu brzinom 2 (srednja brzina miksera). Nakon dodavanja glukoze i destilirane vode, te miješanja od 2 minute, dodana je ukupna količina brašna i sadržaj se miješao 2 minute brzinom 1 (najsporija brzina miksera), te su svakih 30 sekundi sastrugavani sastojci sa stjenke posude i vraćani u glavnu masu. Dobiveno tijesto sakupljeno je ručno i okruglo oblikovano, stavljeno u PVC vrećicu te u hladnjak (8 °C) na odmaranje tijekom 30 - 60 minuta. Nakon što se tijesto ohladilo, prvo je izvagana cjelokupna masa tijesta, razvaljana valjkom za tijesto na debljinu 7 mm u dva poteza valjka za tijesto (naprijed-nazad) izrezana na okrugle oblike tijesta promjera 60 mm (≈ 35 g). Prvoj seriji uzoraka oblikovanog tijesta pečenoj u pećnici mjerena je dužina i visina, te je analizirana tekstura. Potom je slijedećih 10 komada oblikovanog tijesta pečeno jedan po jedan u pećnici od 1 do 10 min, i na kraju 6 komada tijesta pečeno je sa termoparovima postavljenim u sredini svakog čajnog peciva u svrhu praćenje temperature. Po jedan komad oblikovanoog tijesta od svake šarže ostavljen je nepečen (sirov), te se njemu također određivala boja, vlaga. Oblikovano tijesto pečeno je 10 minuta pri tri različite temperature: 180 °C, 205 °C i 230 °C. Pečeno čajno pecivo hlađeno je 30 minuta prije analiza.

3.4. Mjerenje temperature čajnog peciva

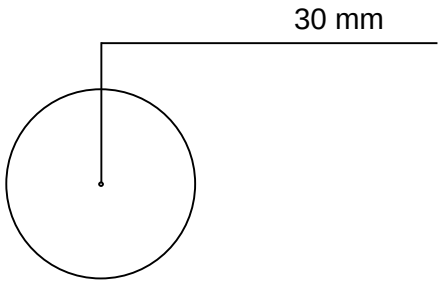
3.4.1. Princip mjerenja temperature pomoću termoparova

Najvažniji korak pri provedbi mjerenja temperature je odabir mjernih osjetila. Za mjerenje temperature čajnog peciva odabrani su termoparovi u skladu sa svojstvima materijala (tijesta) za mjerenje i prirodni proces pečenja. Radna temperatura uređaja (pećnice) kreće se u rasponu od 180 °C do 230 °C što odgovara temperaturnom raspon termopara T (bakar-konstantan) od –250 do + 404 °C. Budući da su temperature mjerenja vrlo visoke, a promjene u materijalu brze, odabran je termopar s otkrivenim krajem, vremenskom konstantom od 0,1 sekunde i vremenom odaziva od 0,5 sekundi. Termopar tipa T (bakar-konstantan) odgovara svim navedenim zahtjevima i uz to preporuča se za prehrambene materijale koji imaju blago oksidirajuća i reducirajuća svojstva, te povišen udio vode.

3.4.2. 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 termoparova 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 termopara unutar čajnog peciva



Slika 3 Prikaz postavljenih termoparova u čajna peciva

3.4.3. Ispitivanje boje čajnog peciva

Boja čajnog peciva mjerena je 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 uzorka. Neposredno prije svakog mjerenja instrument je kalibriran pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Boja s površine čajnih peciva mjerena je na 5 mjesta. Rezultati mjerenja boje prikazani su u CIEL^*a^*b sustavu boja. U CIEL^*a^*b sustavu boja, svaka boja definirana je točnim mjestom u trodimenzionalnom prostoru kojeg predstavljaju tri međusobno okomite osi označene kao L^*, a^* i b^*, pri čemu je :

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

Prema izmjerenim vrijednostima boje čajnog peciva (L^*, a^* *i* b^*) izračunata je i ukupna promjena boje (ΔE) 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 1** (Purlis E., 2007.)

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

L_0^* – parametar svjetline tijesta

L^* – parametar CIE$L^*a^*b^*$ prostora boje – svjetlina boje (engl. *lightness*)

a_0^* – parametar boje tijesta CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja

a^* – parametar CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja

b_0^* – parametar boje tijesta CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja

b^* – parametar CIE$L^*a^*b^*$ prostora boja

ΔE – ukupna promjena boje čajnog peciva

Tablica 1 Odnos između izračunate vrijednosti (ΔE) i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja (Grapho Metronic)

ΔE	oznaka
<0,2	Nije uočljiva
0,2-1	Vrlo slabo uočljiva
1-3	Slabo uočljiva
3-6	Uočljivo
>6	Vrlo uočljiva

3.4.4. 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 :

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

m_0 – masa uzorka prije sušenja [g]

m_1 – masa uzorka nakon sušenja [g]

wv – udio vode (vlage) [%]

3.4.5. Ispitivanje teksturalnih svojstava čajnog peciva

Za određivanje teksturalnih svojstava čajnog peciva koristio se uređaj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velika Britanija), koji je prikazan na Slici 4, a dobiveni podaci analizirani su pomoću Texture Exponent 32 softvera.



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

Uzorci čajnog peciva analizirani su na dva načina:

1. lomljenjem uzoraka koji su podvrgnuti kompresiji
2. prodiranjem cilindrične sonde u uzorak uz bilježenje sile, puta i vremena

- **Savijanje/lomljenje čajnog peciva**

Uzorci čajnog peciva postavljaju se na bazu s prorezom i presijecaju pomoću noža koji služi za savijanje/lomljenje uzoraka Slika 4 prema sljedećim parametrima:

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

Iz dobivenih podataka očitavaju su sljedeći :

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

Prodiranje cilindrične sonde u uzorak

Nakon primjene metode savijanja/lomljenja uzorka, uzorci čajnog peciva postavljaju se na čvrstu podlogu analizatora teksture i podvrgavaju su metodi prodiranja cilindrične sonde, uz zapis sile, puta i vremena (Slika 5) prema sljedećim parametrima:

- brzina prije mjerenja: 1,5 mm/s,
- brzina mjerenja: 2 mm/s,
- brzina poslije mjerenja: 10 mm/s,
- dubina prodiranja: 17 mm,
- sila potrebna za početni signal: 10 g.

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

- 

Slika 5 Analizator teksture TA.XT Plus s opremom za prodiranje u uzorak

3.4.6. Analiza rezultata

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

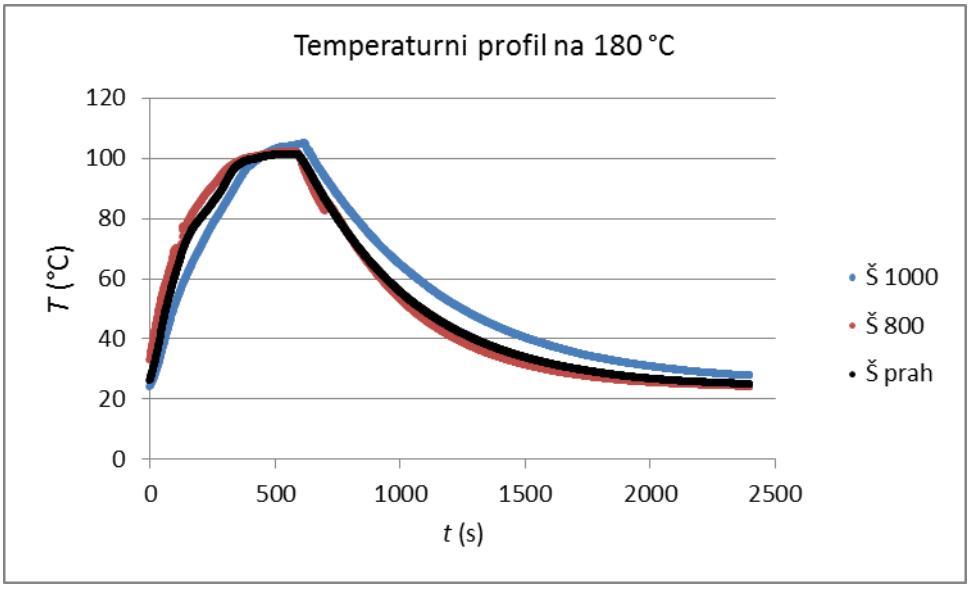
Povezanosti između pojedinih varijabli određena je korelacijskom analizom s linearnim odnosom varijabli te su izračunati koeficijenti korelacije (Pearsonov koeficijent korelacije). Pearsonov koeficijent korelacije se koristi kada između varijabli promatranog modela postoji linearna povezanost i neprekidna normalna distribucija. Vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije kreće se od +1 (savršena pozitivna korelacija) do -1 (savršena negativna korelacija). Predznak koeficijenta upućuje na smjer korelacije, a ne na snagu korelacije. Pozitivan predznak koeficijenta znači da su varijable u linearnom odnosu: koliko se puta poveća jedna veličina, toliko se puta poveća druga veličina. Negativan predznak koeficijenta označava obrnutu proporcionalnost: koliko se puta poveća jedna veličina, toliko se puta smanji druga veličina. Snagu korelacije označava sama vrijednost koeficijenta, što je bliži +1, pozitivna korelacija je snažnija, a što je bliži -1, negativna korelacija je snažnija. Pearsonov koeficijent korelacije bazira se na usporedbi stvarnog utjecaja promatranih varijabli jedne na drugu u odnosu na maksimalni mogući utjecaj dviju varijabli.

4.REZULTATI I RASPRAVA

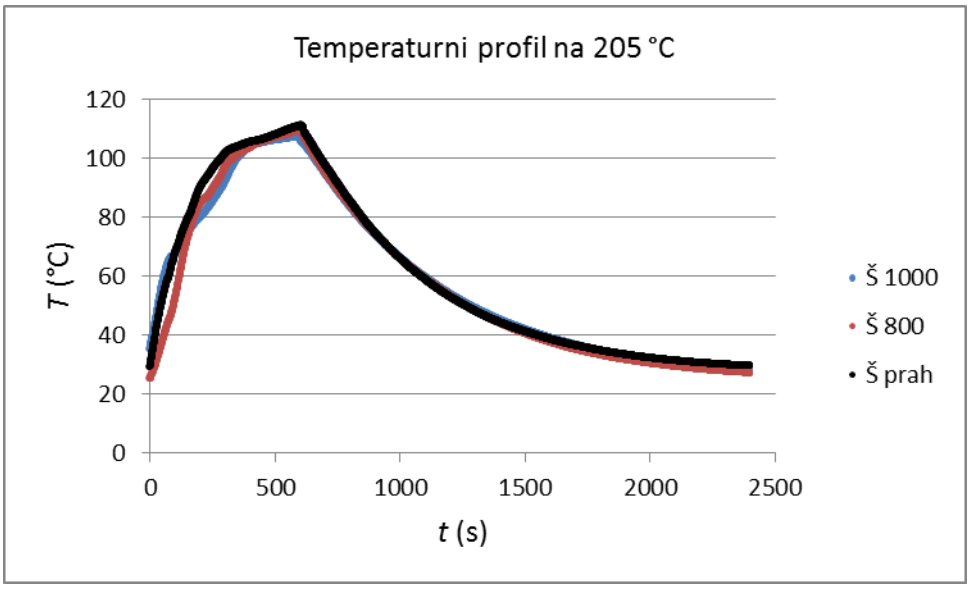
4.1. Rezultati mjerenja temperature u sredini čajnog peciva tijekom pečenja

Na slikama 6, 7 i 8 prikazani su temperaturni profili unutar čajnog peciva tijekom procesa pečenja na temperaturama od 180, 205 i 230 °C te tijekom hlađenja do sobne temperature. Rezultati su prikazani i s obzirom na granulaciju šećera koja je korištena tijekom zamjesa.

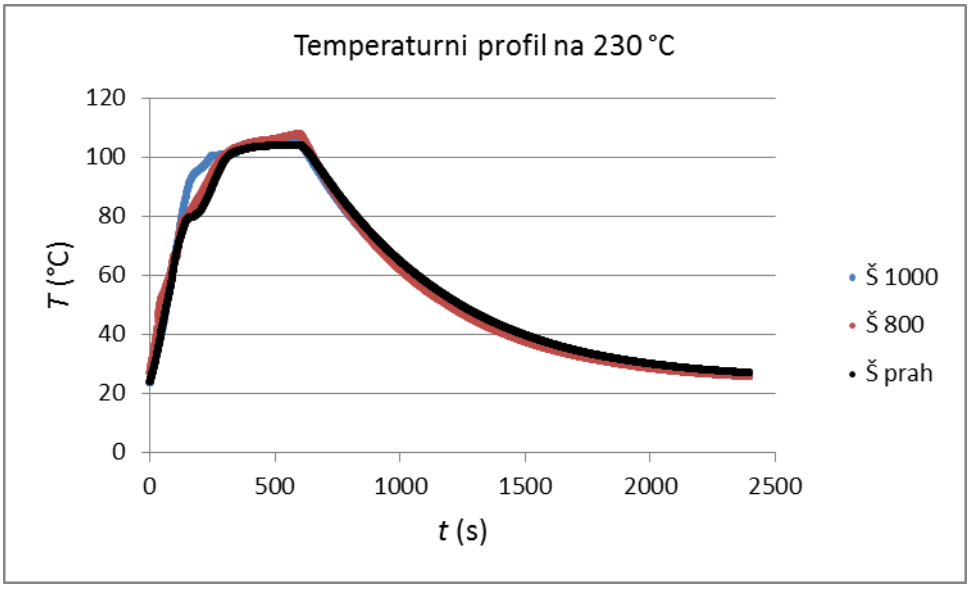
Iz navedenih slika vidljiv je isti trend porasta temperature tijekom pečenja i pada temperature tijekom hlađenja čajnog peciva. Tijekom prvih 300 sekundi pečenja temperatura u sredini keksa poraste do temperature isparavanja (od 100,2 do 102 °C) koja ostaje konstantna tijekom procesa isparavanja vode. Nakon toga ponovno dolazi do zagrijavanja keksa pri čemu se postiže maksimalna temperatura u rasponu od 105 do 118 °C ovisno o temperaturi pečenja i granulaciji šećera. Temperatura isparavanja vode koja je zabilježena u uzorcima keksa viša je u odnosu na temperaturu isparavanja čiste vode zbog otopljenih tvari koje se nalaze u slobodnoj vodi unutar zamjesa (Califano i Calvelo, 1991).



Slika 6 Temperaturni profil unutar čajnog peciva na temperaturi od 180 °C tijekom pečenja i hlađenja do sobne temperature s obzirom na granulaciju šećera u zamjesu

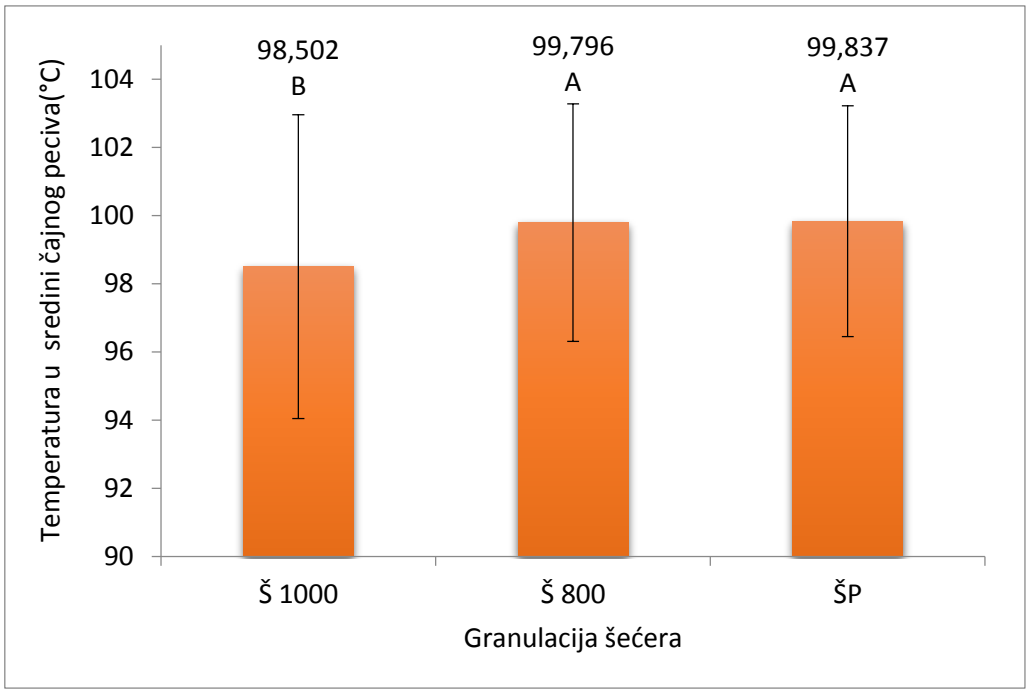


Slika 7 Temperaturni profil unutar čajnog peciva na temperaturi od 205 °C tijekom pečenja i hlađenja do sobne temperature s obzirom na granulaciju šećera u zamjesu



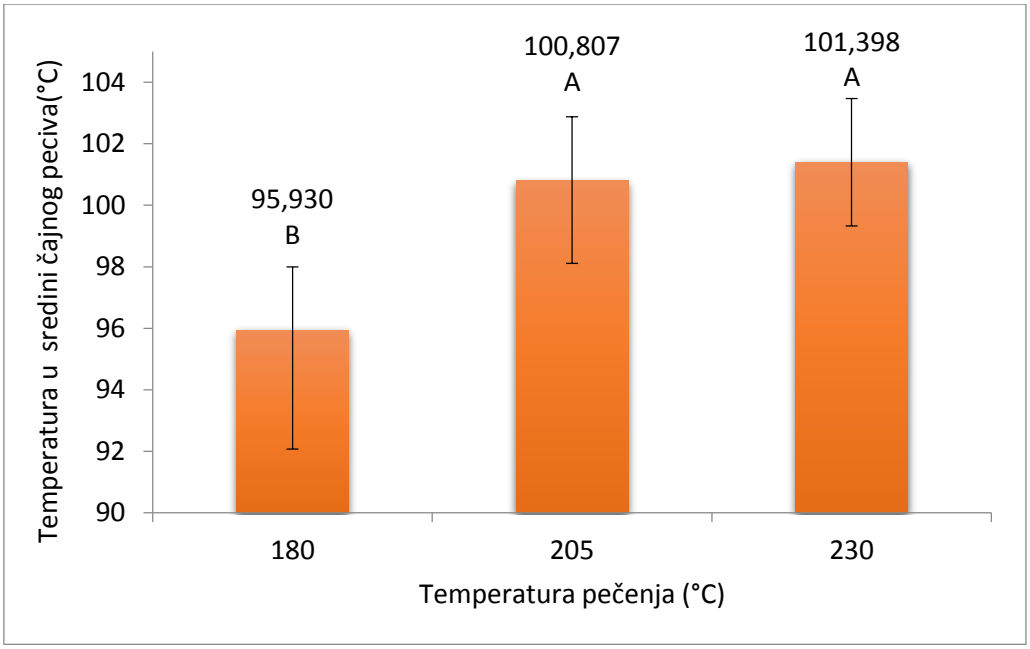
Slika 8 Temperaturni profil unutar čajnog peciva na temperaturi od 230 °C tijekom pečenja i hlađenja do sobne temperature s obzirom na granulaciju šećera u zamjesu

Na temelju statističke analize i provedenog Fisherovog LSD testa (p<0,5) vidljivo je da se dobivene vrijednosti temperature u sredini čajnog peciva značajno razlikuju za zamjese s granulacijom šećera veličine kristala preko 1000 μm od ostala dva zamjesa (granulacija šećer s veličinom kristala manjom od 800 μm, te šećer u prahu s veličinom kristala do 50 μm) koji se međusobno statistički značajno ne razlikuju što je prikazano na **Slici 9**. Ta razlika se može povezati s činjenicom da se veći kristali šećera sporije otapaju i tako postepeno tijekom pečenja stvaraju prostor za zrak koji ima mali koeficijent prijenosa topline i time utječe na sporije postizanje temperature isparavanja vode za razliku od ostala dva zamjesa koji imaju manju granulaciju kristala šećera i zbog toga je tijesto kompaktnije (homogenije) strukture.



Slika 9 Rezultati mjerenja temperature u sredini čajnog peciva od 5. do 7. minute pečenja ovisno o granulaciji šećera bez obzira na temperaturu pečenja (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

Na temelju statističke analize i provedenog Fisherovog LSD testa (p<0,5) vidljivo je da se dobivene vrijednosti temperature u sredini čajnog peciva statistički značajno razlikuju za zamjese pečene na temperaturi od 180 °C, bez obzira na granulaciju šećera u zamjesu, u odnosu na zamjese koji su pečeni pri višim temperaturama od 205 i 230 °C, što je prikazano na **Slici 10**.

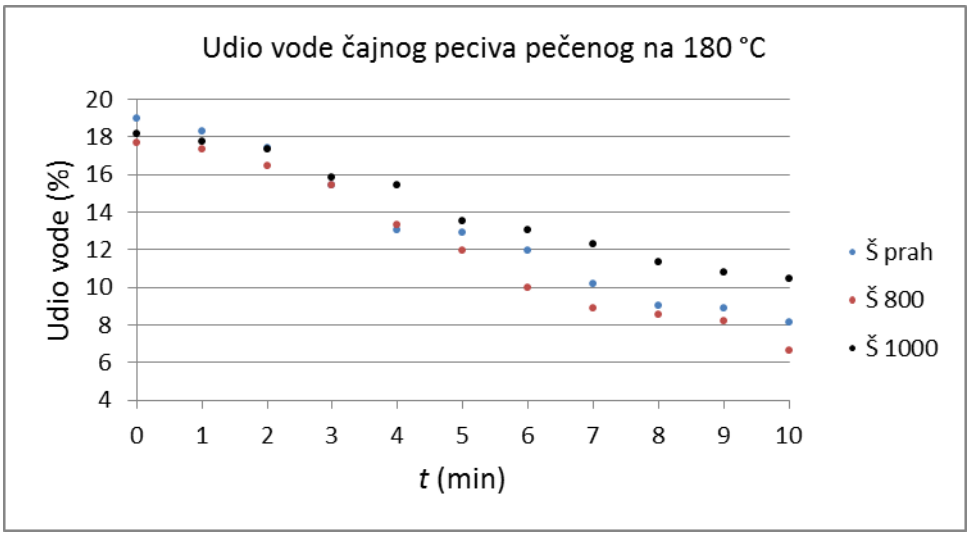


Slika 10 Rezultati mjerenja temperature u sredini čajnog peciva od 5. do 7. minute pečenja ovisno o zadanoj temperaturi pečenja bez obzira na granulaciju šećera (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

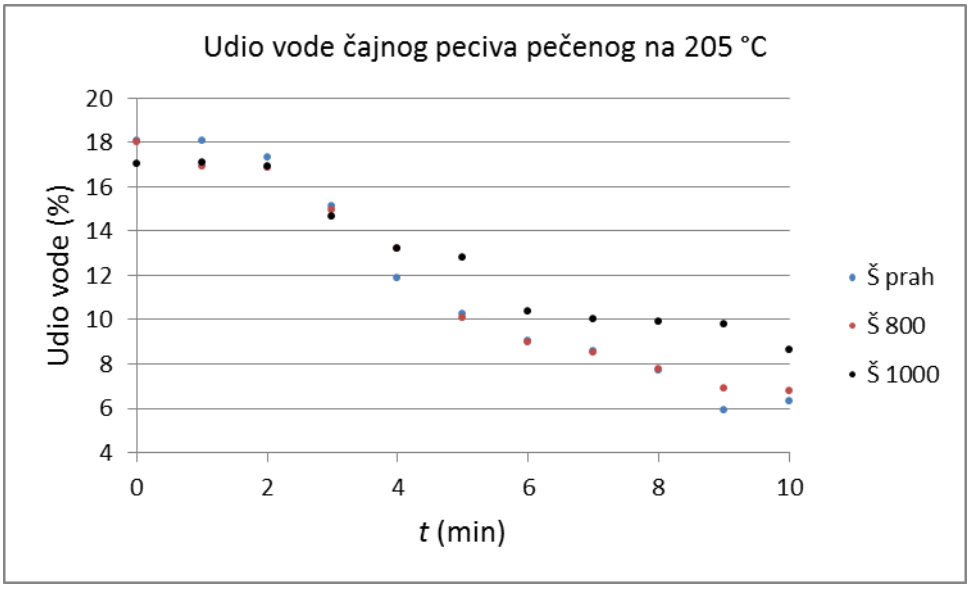
4.2. Rezultati određivanja udjela vode u čajnom pecivu prije i tijekom pečenja

Na slikama 11, 12 i 13 su prikazani rezultati određivanja udjela vode u čajnom pecivu u ovisnosti o granulaciji i temperaturi pečenja

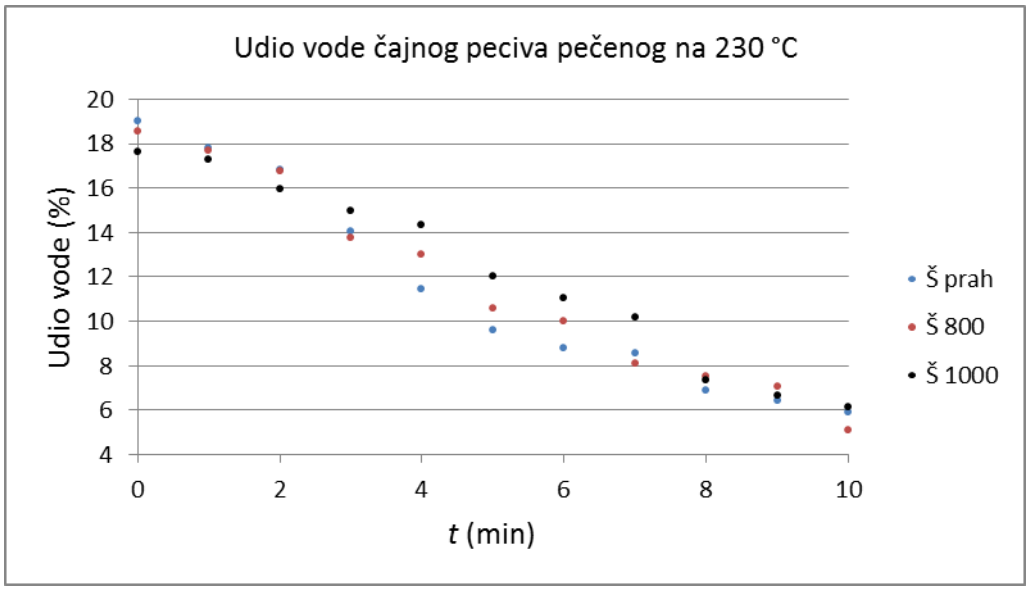
Uočljiv je intenzivni gubitak vode tijekom vremena od početka pa do 5.-7. minute nakon čega se uspostavlja jednolika brzina gubitka vode iz uzoraka iz razloga što se između 5. i 7. minute pečenja postiže temperatura isparavanja pri čemu se najviše gubi udio vode u čajnom pecivu, a nakon sedme minute postiže se jednoliko padanje udjela vode.



Slika 11 Udio vode u čajnim pecivima s različitom granulacijom kristala šećera u zamjesu u ovisnosti o vremenu pečenja na temperaturi od 180 °C

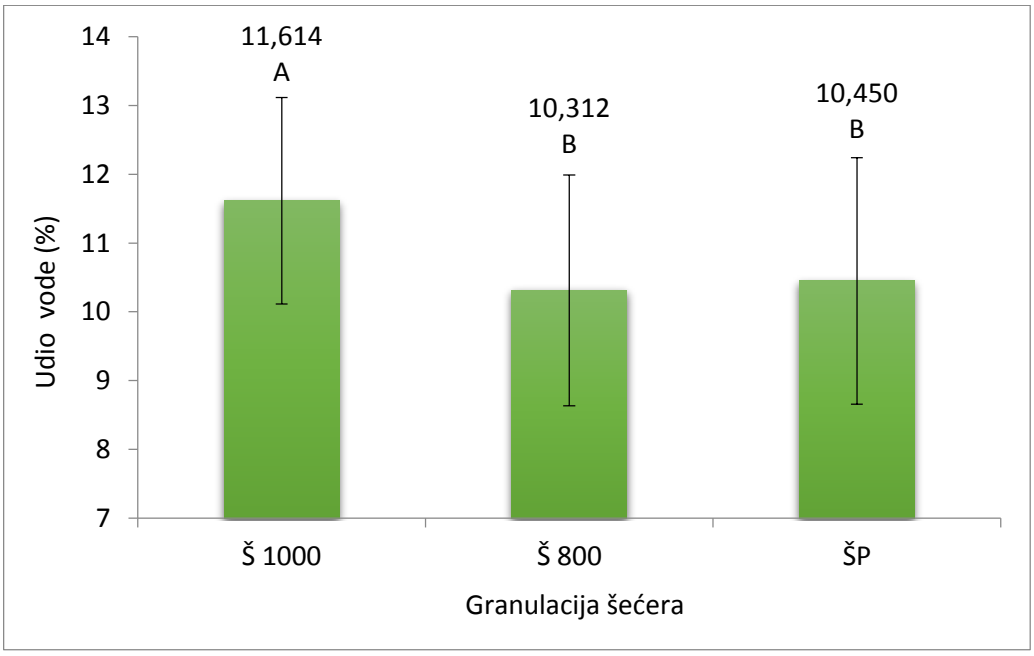


Slika 12 Udio vode u čajnim pecivima s različitom granulacijom kristala šećera u zamjesu u ovisnosti o vremenu pečenja na temperaturi od 205 °C



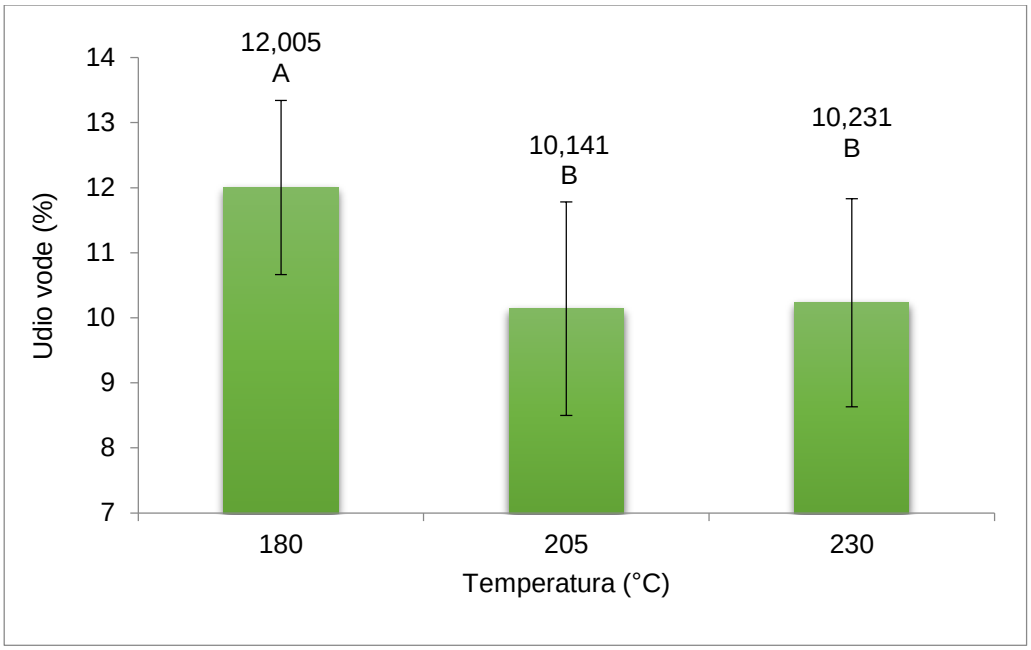
Slika 13 Udio vode u čajnim pecivima s različitom granulacijom kristala šećera u zamjesu u ovisnosti o vremenu pečenja na temperaturi od 230 °C

Na temelju statističke analize i provedenog Fisherovog LSD testa (p<0,5) vidljivo je (Slika 14) da se dobivene vrijednosti za udio vode statistički značajno razlikuju za čajno pecivo koje sadrži šećer granulacije preko 1000 μm u odnosu na čajno pecivo koje sadrži šećer granulacije manje od 800 μm i šećer u prahu neovisno o temperaturi pečenja.



Slika 14 Rezultati određivanja udjela vode u čajnom pecivu od 5. do 7. minute pečenja ovisno o granulaciji šećera bez obzira na temperaturu pečenja (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

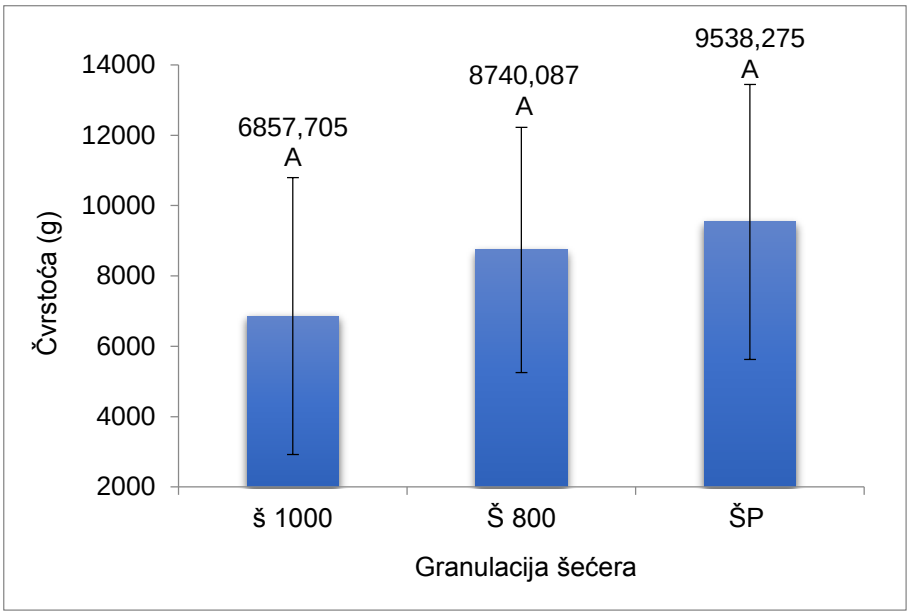
Na temelju statističke analize i provedenog Fisherovog LSD testa (p<0,5) vidljivo je (Slika 15) da se dobivene vrijednosti za udio vode statistički značajno razlikuju za čajno pecivo koje je pečeno pri temperaturi od 180 °C u odnosu na čajno pecivo koje je pečeno pri temperaturama od 205 i 230 °C neovisno o granulaciji šećera.



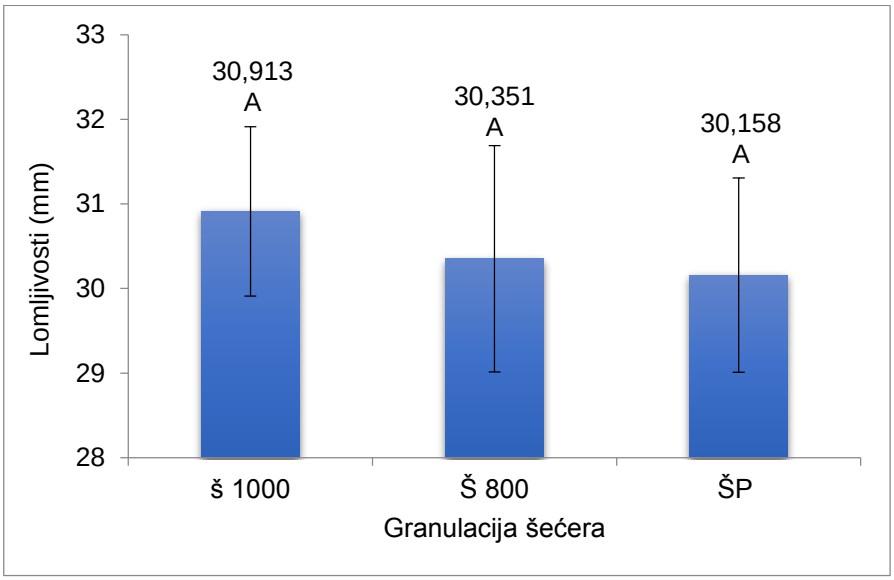
Slika 15 Rezultati određivanja udjela vode u čajnom pecivu od 5. do 7. minute pečenja ovisno o temperaturi pečenja bez obzira na granulaciju šećera (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

4.3. Rezultati određivanja teksture uzoraka čajnog peciva

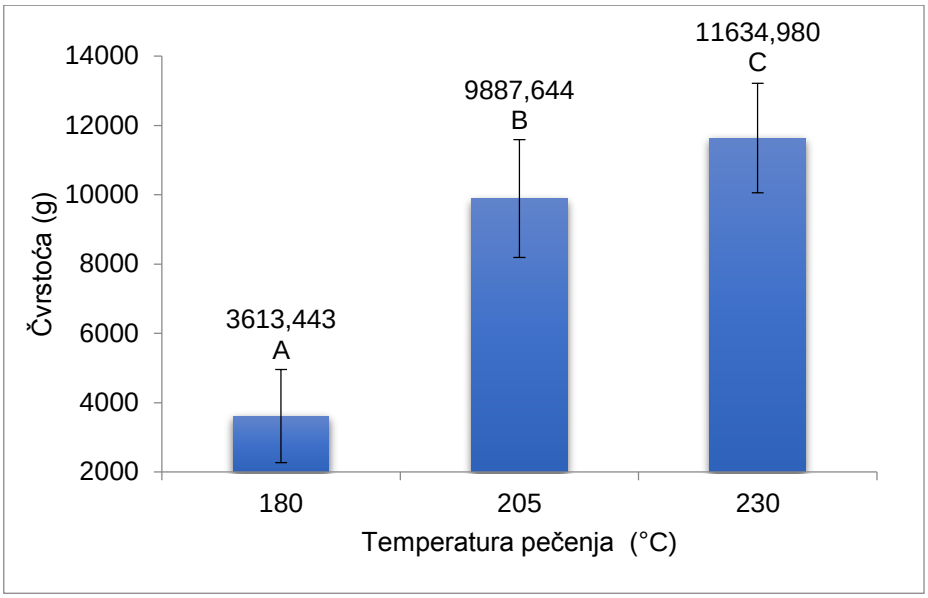
Na **slikama 16 - 19** prikazani su rezultati određivanja promjene čvrstoće i lomljivosti čajnog peciva obzirom na granulaciju šećera i temperaturu pečenja



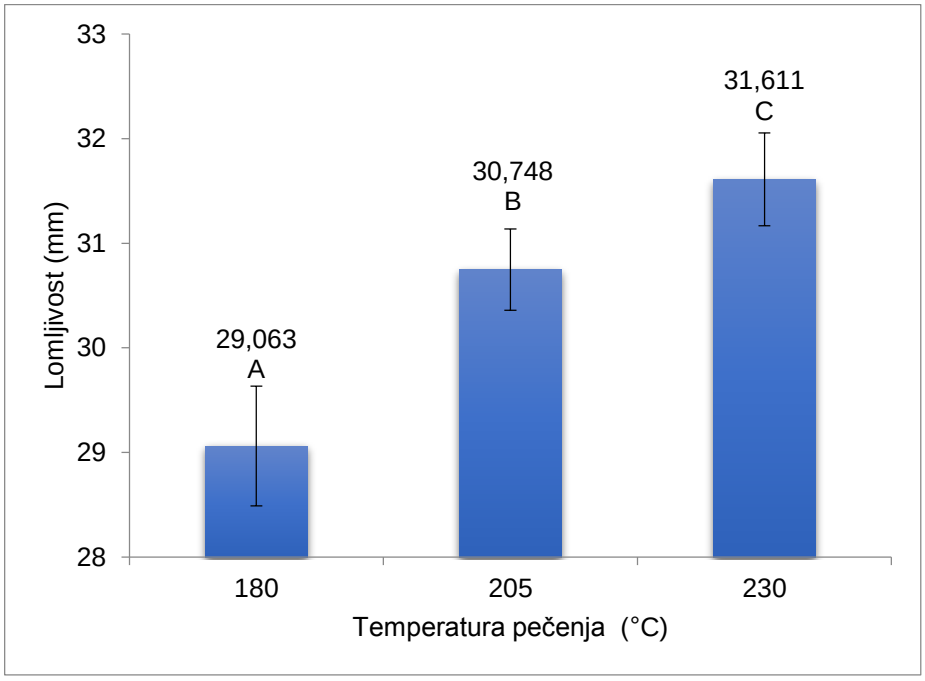
Slika 16 Rezultati određivanja čvrstoće čajnog peciva ovisno o granulaciji šećera bez obzira na temperaturu pečenja (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 17 Rezultati određivanja lomljivosti čajnog peciva ovisno o granulaciji šećera bez obzira na temperaturu pečenja (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



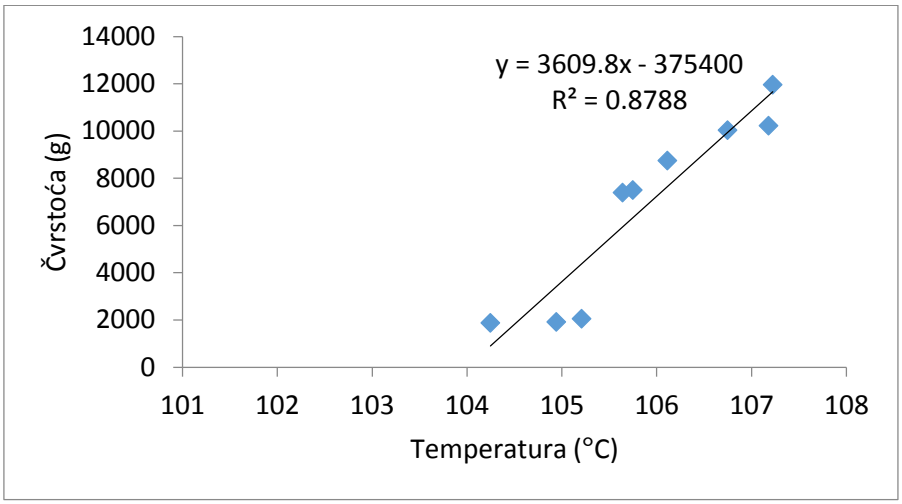
Slika 18 Rezultati određivanja čvrstoće čajnog peciva ovisno o temperaturi pečenja bez obzira na granulaciju šećera (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)



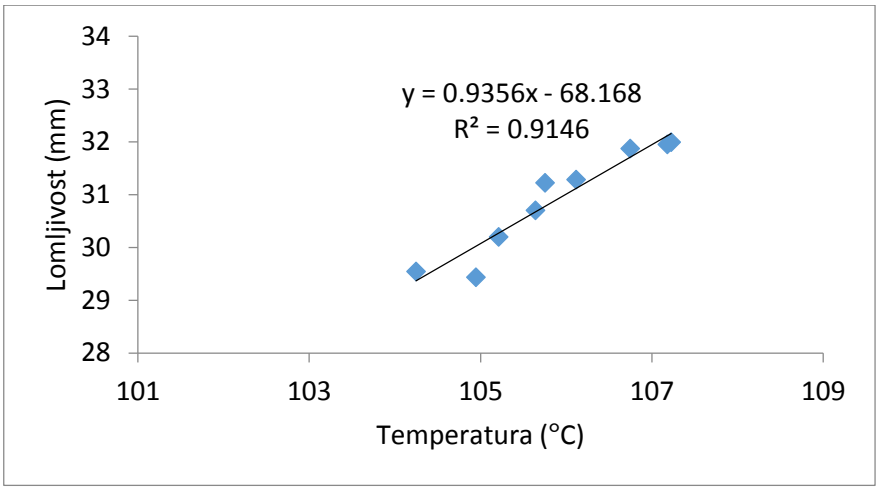
Slika 19 Rezultati određivanja lomljivosti čajnog peciva ovisno o temperaturi pečenja bez obzira na granulaciju šećera (prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike)

Iz slika 16 i 17 vidljivo je da ne postoji statistički značajna razlika u čvrstoći i lomljivosti ispitivanih uzorka čajnog peciva obzirom na granulaciju šećera (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Osim toga, prema podacima prikazanim na slikama 18 i 19. vidljivo je da postoji statistički značajna razlika (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike kako u čvrstoći, tako i u lomljivosti ispitivanih uzoraka čajnog peciva obzirom na primijenjene temperature pečenja.

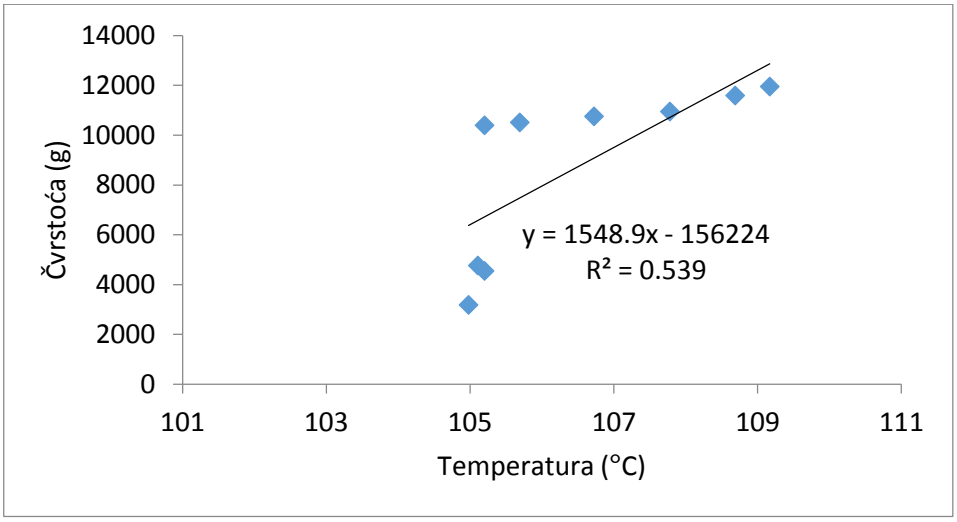
Ovisnost između parametara teksture i temperatura postignutih u sredini čajnog peciva posljednje minute pečenja ovisno o granulaciji šećera prikazana je linearnom regresijom na slikama 20 – 25.



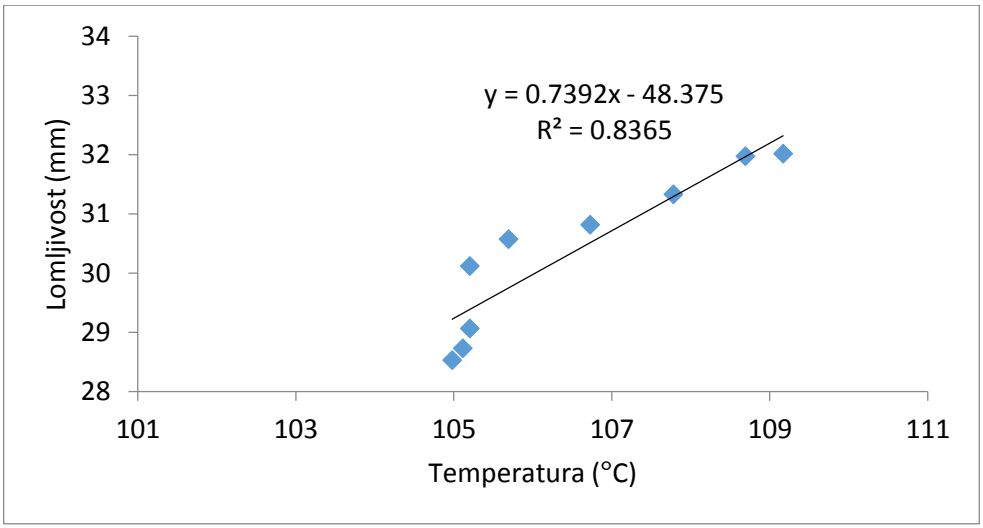
Slika 20 Rezultati usporedbe čvrstoće i temperature izmjerene u središtu čajnog peciva tijekom posljednje minute pečenja kod šećera granulacije veće od 1000 μm (Pearsonov koeficijent korelacije: 0,937)



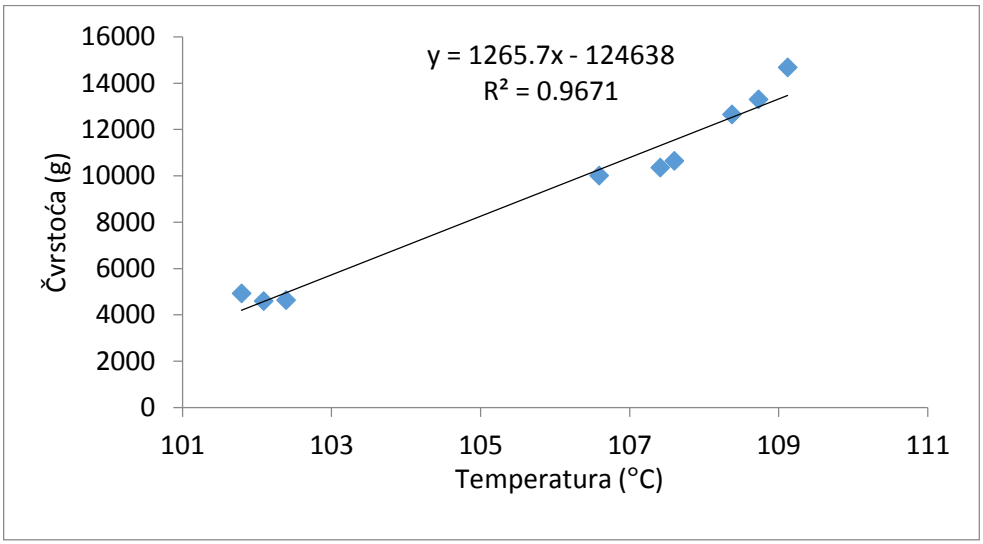
Slika 21 Rezultati usporedbe lomljivosti i temperature izmjerene u središtu čajnog peciva tijekom posljednje minute pečenja kod šećera granulacije veće od 1000 μm (Pearsonov koeficijent korelacije: 0,956)



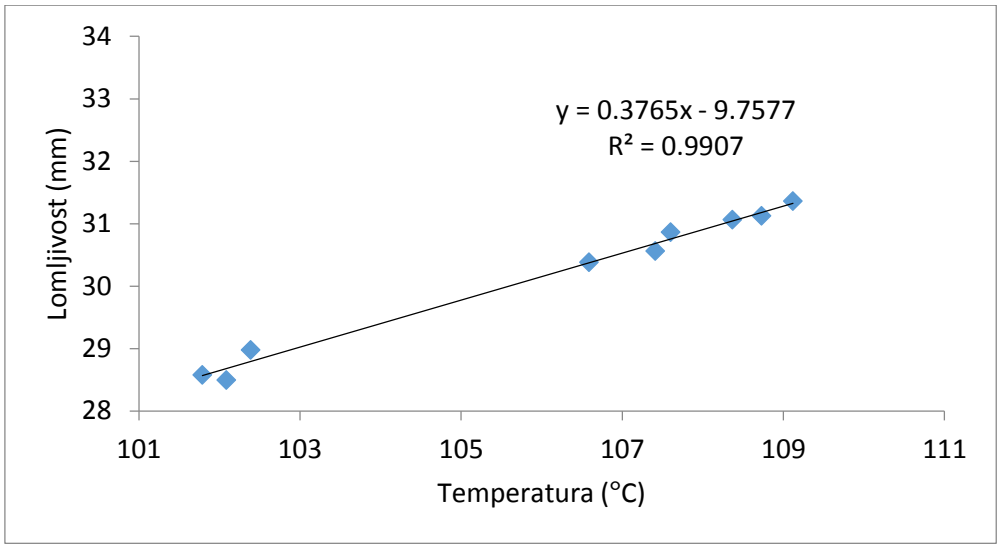
Slika 22 Rezultati usporedbe čvrstoće i temperature izmjerene u središtu čajnog peciva tijekom posljednje minute pečenja kod šećera granulacije manje od 800 μm (Pearsonov koeficijent korelacije: 0,734)



Slika 23 Rezultati usporedbe lomljivosti i temperature izmjerene u središtu čajnog peciva tijekom posljednje minute pečenja kod šećera granulacije manje od 800 μm (Pearsonov koeficijent korelacije: 0,915)



Slika 24 Rezultati usporedbe čvrstoće i temperature izmjerene u središtu čajnog peciva tijekom posljednje minute pečenja kod šećera u prahu (Pearsonov koeficijent korelacije: 0,983)



Slika 25 Rezultati usporedbe lomljivosti i temperature izmjerene u središtu čajnog peciva tijekom posljednje minute pečenja kod šećera u prahu (Pearsonov koeficijent korelacije: 0,995)

U svim slučajevima (slika 20 – 25) postoji statistički značajna korelacija između uspoređenih parametara. Vrijednosti Pearsonovih koeficijenata korelacije ukazuju da je parametar lomljivosti s temperaturama postignutim u sredini čajnog peciva u slučaju svake upotrjebljene granulacije šećera imao statistički značajnu korelaciju pri 99%-tnoj razini značajnosti (p<0,01), što znači da od 100 uzoraka korelacija nije istinita samo za 1 uzorak. Pored toga, iz vrijednosti Pearsonovih koeficijenata korelacije vidljivo je da je parametar čvrstoće s temperaturama postignutim u sredini čajnog peciva posljednje minute pečenja pokazao statistički značajnu korelaciju pri 99%-tnoj razini značajnosti (p<0,01) kod upotrebe šećera u prahu (Pearsonov koeficijent korelacije = 0,983) i šećera čija je veličina granula preko 1000 μm (Pearsonov koeficijent korelacije = 0,937), dok je kod uporabe šećera granulacije manje od 800 μm (Pearsonov koeficijent korelacije = 0,734) statistička značajnost bila pri 95%-tnoj razini (p<0,05).

Vrijednosti koeficijenata korelacije ukazuju nam su uzorci čajnog peciva sa šećerom u prahu pokazali jaču korelaciju nego uzorci sa šećerom veće granulacije kako u korelaciji čvrstoće s temperaturama izmjerenim u posljednjoj minuti pečenja, tako i u vrijednosti korelacije lomljivosti s temperaturama izmjerenim u posljednjoj minuti pečenja uzoraka čajnog peciva .

Općenito, obzirom na vrijednosti koeficijenata korelacije, korelacija lomljivosti s temperaturama izmjerenim u posljednjoj minuti pečenja bila je jače izražena nego korelacija s parametrom čvrstoće kod sve tri granulacije šećera.

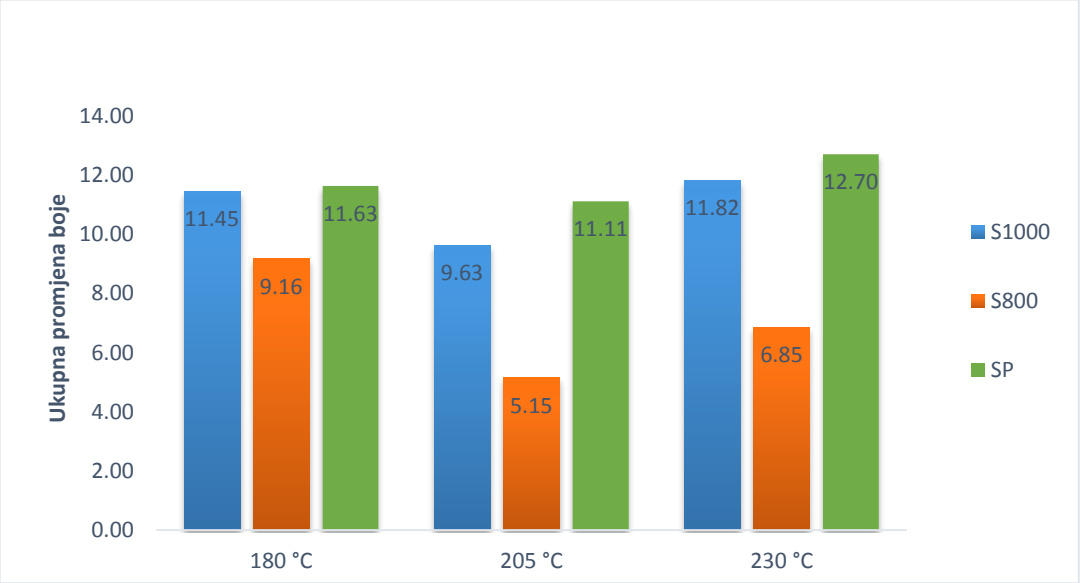
4.4. Rezultati mjerenja boje uzoraka čajnog peciva

Na **slikama 26 i 27** prikazane su vrijednosti ukupne promjene boje čajnog peciva s obzirom na temperaturu pečenja te granulaciju šećera koja je korištena tijekom zamjesa. Rezultati su prikazani kao prosječne vrijednosti ukupne promjene boje od 1. do 10. minute pečenja, te kao vrijednosti promjene boje u 10. minuti pečenja.

Iz rezultata je vidljivo da se povećanjem temperature pečenja povećava vrijednost ukupne promjene boje za većinu promatranih uzoraka (**Slika 26**). Najmanje vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci s granulacijom šećera od 800 μm (S800) pri sve tri temperature pečenja (180, 205 i 230 °C), a najveće vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci s dodatkom šećera u prahu (SP) također pri sve tri temperature pečenja.

Prosječne vrijednosti ukupne promjene boje bile su u slijedećim rasponima:

- kod uzoraka čajnog peciva s šećerom granulacije 800 μm vrijednosti ukupne promjene boje bile su u rasponu (ΔE = 9,16 - 6,85)
- kod uzoraka čajnog peciva sa šećerom u prahu vrijednosti ukupne promjene boje bile su u rasponu (ΔE = 11,11 - 12,70)
- kod uzoraka čajnog peciva sa šećerom granulacije 1000 μm vrijednosti ukupne promjene boje bile su u rasponu (ΔE = 9,63 - 11,82)



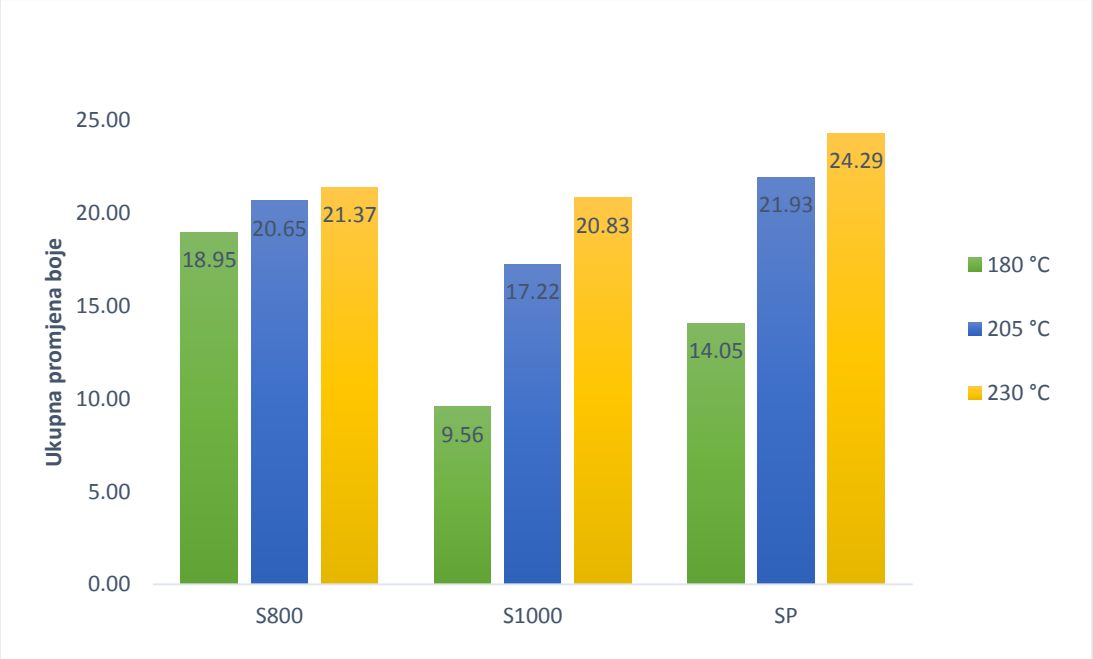
Slika 26 Prosječne vrijednosti ukupne promjene boje čajnog peciva s dodatkom 1,11% $NaHCO_3$ pri različitim temperaturama pečenja

Na **slici 27** prikazani su rezultati mjerenja boje u 10-oj minuti pečenja s obzirom na granulaciju šećera koja je korištena tijekom zamjesa. Iz rezultata je vidljivo da se povećanjem temperature pečenja, povećava vrijednost ukupne promjene boje za većinu promatranih uzoraka.

Vrijednosti ukupne promjene boje u 10-oj minuti pečenja, obzirom na granulaciju šećera, kretale su se u rasponu:

- 18,95 – 21,37 kod uzoraka čajnog peciva sa dodatkom šećera granulacije 800 µm,
- 9,56 – 20,83 kod uzoraka sa dodatkom šećera granulacije 1000 µm,
- 14,05 – 24,29 kod uzoraka sa dodatkom šećera u prahu

Pri temperaturi pečenja od 180 °C, najveće vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci sa granulacijom šećera od 800 µm (S800), a najmanje uzorci sa granulacijom šećera od 1000 µm (S1000). Pri temperaturi pečenja od 205 °C, najveće vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci sa dodatkom šećera u prahu (SP), a najmanje uzorci sa granulacijom šećera od 1000 µm (S1000). Pri temperaturi pečenja od 230 °C, najveće vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci sa dodatkom šećera u prahu (SP), a najmanje uzorci sa granulacijom šećera od 1000 µm (S1000).



Slika 27 Usporedba ukupne promjene boje čajnog peciva s dodatkom 1,11% $NaHCO_3$ u 10-oj minuti pečenja

5.ZAKLJUČCI

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

Kod čajnih peciva koja sadrže šećer u prahu te šećer granulacije manje od 800 μm od 5.-7. minute pečenja postignuta je temperatura pri kojoj teoretski dolazi do isparavanja vode (100 °C) dok se kod čajnog peciva koji sadrži šećer granulacije veće od 1000 μm ta temperatura postiže nešto kasnije.

Smanjenjem granulacije šećera koji se dodaje u zamjes za čajno pecivo prije se postiže temperatura pri kojoj počinje isparavanje vode.

Povećavanjem temperature pečenja prije se postiže temperatura isparavanja vode iz čajnog peciva.

Određivanje teksture čajnih peciva pokazalo je da granulacija šećera ne utječe značajno na parametre čvrstoće i lomljivosti.

Temperatura pečenja znatno utječe na lomljivost i čvrstoću čajnih peciva i to na način da se povećavanjem temperature pečenja povećava i lomljivost i čvrstoća čajnih peciva.

Smanjenjem granulacije šećera koji se dodaje u zamjes čajnog peciva postiže se jača korelacija između parametara teksture i temperatura postignutih u čajnom pecivu u posljednjoj minuti pečenja

Korelacija parametra lomljivosti s temperaturama jače je izražena nego korelacija parametra čvrstoće s temperaturama kod sve tri granulacije šećera.

Usporedbom prosječne vrijednosti ukupne promjene boje čajnog peciva, najmanje vrijednosti ukupne promjene boje imali su uzorci čajnog peciva s dodatkom šećera granulacije manje od 800 μm, a najveće promjene boje imali su uzorci čajnog peciva s dodatkom šećera u prahu.

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 44-15A: Moisture-Air-Oven Methods. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000b
3. Arendt, E. K., Zannini, E.*: Cereal grains for the food and beverage industries*, Woodhead Publishing Limited, CambridgeJ, UK, 2013
4. 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*
5. A. N. Califano, A. Calvelo: Thermal Conductivity of Potato between 50 and 100°C. Jounal of Food Science, 56 (2) 586 – 587, 1991.
6. Đaković Lj: *Pšenično brašno*. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.
7. Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 2003.
8. Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2011.
9. Grapho Metronic. Color + Quality Part 3: Color systems. URL: http://www.grapho-metronic.com/content/en/TechNotes/index.html (15. srpanj, 2014)
10. http://www.sobisco.com/history_biscuits.html (20. svibanj, 2015)
11. Kaluđerski G: *Sirovine za proizvode pekarstva, testeničarstva i konditorstva.* Novi Sad, 1986.
12. Leon K., Mery D., Pedreschi, F., Leon,J. *Color measurement in L^* a^* b^* units from RGB digital images*. Food Research International. 39:1084-1091, 2006.
13. Manley D., *Biscuit packaging and storage*, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 1998.
14. Manley D: *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Woodhead publishing Limited, 2000.
15. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, NN br. 47/2008.
16. Mićić B: *Osnovi pekarstva*. Poslovno udruženje proizvođača hleba i peciva, Beograd, 1976.
17. Purlis, E., Salvadori, V.O. *Bread browning kinetics during baking.* Journal of Food Engineering. 80:1107–1115, 2007.
18. Purlis E. *Browning development in bakery products – A review.* Journal of Food Engineering. 99:239-249, 2010.

19. Šubarić D., Babić J., Ačkar Đ: *Proizvodnja šećera* (interna skripta), Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Katedra za tehnologiju ugljikohidrata, 2011.
20. Ugarčić-Hardi Ž: *Tehnologija tjestenine i keksa* (interna skripta). Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 1999.