Reološka svojstva pšeničnog brašna s dodatkom repinih rezanaca i utjecaj na kvalitetu proizvoda na bazi brašna

Jonjić, Željka

Professional thesis / Završni specijalistički

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:109:548935

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

Željka Jonjić

REOLOŠKA SVOJSTVA PŠENIČNOG BRAŠNA S DODATKOM REPINIH REZANACA I UTJECAJ NA KVALITETU PROIZVODA NA BAZI BRAŠNA

SPECIJALISTIČKI RAD

Osijek, rujan 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

SPECIJALISTIČKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologije prerade žitarica
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Dostignuća u tehnologiji namirnica biljnog porijekla s elementima HACCP-a II
Tema rada: je prihvaćena na VIII sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 31.svibnja 2016. godine
Mentor: izv. prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*

REOLOŠKA SVOJSTVA PŠENIČNOG BRAŠNA S DODATKOM REPINIH REZANACA I UTJECAJ NA KVALITEU PROIZVODA NA BAZI BRAŠNA

Željka Jonjić 27/S

Sažetak: Cilj specijalističkog rada bio je odrediti utjecaj zamjene dijela pšeničnog brašna repinim rezancima na reološka svojstva dobivenog tijesta. Repini rezanci, kao jeftin nusproizvod industrije šećera, a zbog visokog sadržaja prehrambenih vlakana, pektina i ostalih komponenti, mogu se koristiti u kreiranju novih funkcionalnih proizvoda s prehrambenim vrijednostima koji imaju pozitivan učinak na zdravlje čovjeka.

Istraživanje je obuhvatilo ispitivanje utjecaja zamjene pšeničnog brašna repinim rezancima na reološke parametre farinografa, ekstenzografa i mikroviskoamilografa kao i kvalitativna svojstva proizvoda na bazi brašna, kruha i čajnog peciva, metodom probnog pečenja te praćenje promjena u teksturi, udjelu i aktivitetu vode, specifičnom volumenu proizvoda, promjeni boje i koeficijentu širenja čajnog peciva, boji površine korice te boji sredine kruha.

Dobiveni rezultati su pokazali da dodatak repinih rezanaca povećava moć upijanja vode, te smanjuje energiju i maksimalnu viskoznost uzoraka. Također, povećava udio vode u kruhu i čajnom pecivu, povećava čvrstoću i otpor žvakanju kruha te lomljivost čajnog peciva, a smanjuje kohezivnost, elastičnost, specifični volumen kruha kao i faktor širenja čajnog peciva čajnog peciva. Pored toga, smanjuje svjetlinu (parametar boje L*) u ispitivanim proizvodima na bazi brašna.

.

Ključne riječi: pšenično brašno, čajno pecivo, kruh, repini rezanci, reologija
Rad sadrži: 50 stranice
29 slika
9 tablica
37 literaturnih referenci
Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1.	*prof. dr. sc. Drago Šubarić*	predsjednik
2.	*izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić*	član - mentor
3.	*izv. prof. dr. sc. Marko Jukić*	član
4.	*izv. prof. dr. sc. Jurislav Babić*	zamjena člana

Datum obrane: 29. rujna 2016.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek te u elektroničkom (pdf format) obliku u Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

POSTGRADUATE SPECIALIST THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technology
Department of Cereal Processing Technologies
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Attainments in processing of vegetable origin raw materials including HACCAP elements II
Thesis subject was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology at its session no. VIII held on May 31, 2016.
Mentor: *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, associate prof.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT FLOUR WITH BEET PULP AS ADDED INGREDIENT AND ITS INFLUENCE ON THE QUALITY OF PRODUCTS BASED ON FLOUR

Željka Jonjić 27/S

Summary: The aim of this specialized study is to determine what the effects on the rheological properties of the dough are when a part of wheat flour has been replaced with sugar beet pulp. Beet pulp as a cheap by-product of the sugar industry, and due to the high content of food fibers, pectin and other components, can be used in making new functional products with nutritional values that have a positive effect on human health.

This research involved replacement of wheat flour with sugar beet pulp and how it influenced the rheological parameters of farinograph, extensograph and microviscoamylograph, as well as the qualitative properties of products made of flour, bread and tea biscuits by using a test baking method and monitoring changes in texture, proportion and activity of water, specific volume of the product, change in colour and the spreading factor of tea biscuits, colour of the crust surface and crumb colour.

The given results show that adding beet pulp increases water absorption, reduces energy and maximum viscosity of samples. It also increases the proportion of water in bread and tea biscuits, increases firmness and resistance to bread chewing and brittleness of tea biscuits, also reduces cohesiveness, elasticity, specific volume of bread and the spreading factor of tea biscuits. In addition to this, it reduces colour brightness (colour parameter L) in tested products based on flour.

Key words: Wheat flour, cookies, bread, sugar beet pulp, rheology

Thesis contains: 50 pages
29 figures
9 tables
37 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1. *Drago Šubarić*, PhD, full prof. — chair person
2. *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, associate prof. — supervisor
3. *Marko Jukić*, PhD, associate prof. — member
4. *Jurislav Babić*, PhD, associate prof. — stand-in

Defense date: September 29, 2016

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek and electronic (pdf format) version in Library of the City and University Osijek

Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci, svim prijateljima i kolegama koji su me ohrabrivali i bodrili, posebno se zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Daliborki Koceva Komlenić na predloženoj temi, stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovoga rada.

Sadržaj

1. UVOD
2. TEORIJSKI DIO 1
2.1. KRUH 2
2.2. Sirovine za proizvodnju kruha 2
2.2.1. Pšenično brašno 2
2.2.2. Voda 7
2.2.3. Kvasac i kuhinjska sol 7
2.2.4. Dodatne sirovine 7
2.3. Proces proizvodnje kruha 8
2.3.1. Priprema sirovina 8
2.3.2. Izrada tijesta 8
2.3.3. Fermentacija tijesta 9
2.3.4. Obrada tijesta 9
2.3.5. Završna fermentacija 9
2.3.6. Pečenje 9
2.4. Čajno pecivo 10
2.5. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva 10
2.5.1. Brašno 10
2.5.2. Voda 11
2.5.3. Masnoće 11
2.5.4. Šećeri 11
2.5.5. Sredstva za narastanje 12
2.5.6. Ostali dodaci 12
2.6. Proces proizvodnje čajnog peciva 12
2.6.1. Zamjes tijesta 12
2.6.2. Oblikovanje tijesta 12
2.6.3. Pečenje 13
2.6.4. Hlađenje 13
2.7. Nusproizvodi prehrambene industrije 13
2.7.1. Repini rezanci 15
3. EKSPERIMENTALNI DIO
3.1. Zadatak 17
3.2. Materijali 17
3.3. Metode 18
3.3.1. Ispitivanje kvalitete brašna farinografom 18

3.3.2. Ispitivanje kvalitete brašna ekstenzografom 19
3.3.3. Mikroviskoamilograf 20
3.3.4. Probno pečenje 22
3.3.5. Određivanje teksture 24
3.3.6. Određivanje udjela vode 26
3.3.7. Određivanje aktiviteta vode 26
3.3.8. Određivanje volumena kruha 27
3.3.9. Određivanje boje 27
3.3.10. Senzorsko ispitivanje 28
4. REZULTATI
4.1. Utjecaj zamjene pšeničnog brašna repinim rezancima na reološka svojstva 29
4.2. Rezultati određivanja udjela i aktiviteta vode u proizvodima na bazi brašna: 32
4.3. Rezultati određivanja teksture proizvoda na bazi brašna: 34
4.4. Rezultati određivanja boje proizvoda na bazi brašna: 37
4.5. Rezultati određivanja specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca: 40
4.4. Rezultati određivanja širenja čajnog peciva 41
4.5. Senzorsko ocjenjivanje proizvoda na bazi brašna 42
5. RASPRAVA 43
7. LITERATURA 47

Popis oznaka, kratica i simbola:

FJ	farino jedinica
EJ	ekstenzo jedinica
BU	brabenderove jedinice (Brabender units)
m_B	masa brašna
w_{H_2O}	maseni udio vode
m_{H_2O}	masa vode za zamjes
L^*	parametar CIEL*a*b*prostora boje– svjetlina boje (engl. lightness)
a_0^*	parametar boje tijesta CIEL*a*b* prostora boja
a^*	parametar boje pečenog uzorka CIEL*a*b* prostora boja
b_0^*	parametar boje tijesta CIEL*a*b* prostora boja
b^*	parametar boje pečenog uzorka CIEL*a*b* prostora boja
m_0	masa uzorka prije sušenja [g]
m_1	masa uzorka nakon sušenja [g]
w_v	udio vode (vlage) [%]

1.UVOD

Pekarski i keksarski proizvodi su proizvodi na bazi brašna koji se najčešće konzumiraju među širom populacijom, što zbog dostupnosti, što zbog prihvatljive cijene.

Općenito, kruh je egzistencijalni i najpopularniji oblik prehrambene namirnice na svijetu. Posljednjih desetljeća tehnologija se u pekarskim pogonima mijenja. Kruh i ostali pekarski proizvodi moraju zadovoljavati različite, vrlo stroge i sve veće zahtjeve potrošača. Iz tog razloga proizvođači pekarskih proizvoda moraju stalno prilagođavati svoju proizvodnju i ponudu zahtjevima potrošača. Danas se dnevno nudi široka paleta različitih proizvoda, od kruha s brašnom od cjelovitog zrna sve do različitih vrste peciva i kruha s dodacima.

Pored kruha, čajno pecivo je još jedan izuzetno popularan prehrambeni proizvod na bazi brašna, a jedan od razloga, pored izvrsnih senzorskih svojstava, je i dug vijek trajanja takvih proizvoda zbog niskog udjelu vlage, koji je obično manji od 4 %. Čajna peciva proizvode se u različitim oblicima, veličinama, s različitim preljevima i dodacima.

Posljednjih godina proizvodi poput kruha i čajnog peciva nastoje se obogatiti različitim prehrambeno vrijednim komponentama, pa tako i vlaknima. Poseban se značaj pridodaje izvorima prehrambenih vlakana i drugih prehrambeno vrijednih sastojaka koji se nalaze u nusproizvodima prehrambene industrije, kao što su npr. pšenične posije i klica, trop mrkve i jabuke, sjemenke marelice, lubenice i breskve, pivski trop, kora agruma, pogače različitih sjemenki koje zaostaju nakon prešanja ulja, repini rezanci, sirutka itd. (Baiano i sur., 2015; Rajiv i sur., 2012; Sharma i sur., 2013).

Repini rezanci su nusproizvod nakon ekstrakcije šećera iz šećerne repe te, prema literaturi sadrže: 26 % hemiceluloze, 24 % pektina, 23 % celuloze, 9 % proteina, 4 % topljivih i 3 % netopljivih mineralnih tvari. Uobičajeno se repini rezanci koriste kao stočna hrana, ali obzirom na kemijski sastav, mogu se koristiti i kao izvor vlakana, pektina i ostalih komponenti u prehrambenoj industriji u kreiranju novih funkcionalnih proizvoda s prehrambenim vrijednostima koje imaju pozitivan učinak na zdravlje čovjeka (Šereš i sur., 2005).

Cilj ovog diplomskog rada je odrediti kako dodatak nusproizvoda prehrambene industrije, repinih rezanaca, utječe na reološka svojstva tijesta, te koliko su dobiveni uzorci kruha i čajnog peciva prihvatljivi za konzumaciju. U tu svrhu provedeno je senzorsko ocjenivanje. Kvalitativa svojstva kako kruha tako i čajnog peciva pratila su se objektivnim metodama pomoću analizatora teksture te određivanjem udjela i aktiviteta vode uzoraka, praćenjem promjene boje i faktora širenja čajnog peciva, kao i specifičnog volumena, boje površine korice te boje sredine kruha.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KRUH

Kruh je prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta pekarski proizvod mase preko 250 grama proizveden miješanje, oblikovanjem, vrenjem (fermentacijom) i pečenjem tijesta umiješanog iz mlinskih proizvoda različitih žitarica, vode, pekarskog kvasca ili drugih sredstava za fermentaciju, soli te drugih sastojaka ili smjesa za pekarske proizvode (MPŠVG, 2005).

Naziv „kruh“ podrazumijeva različite vrste kruha i peciva, a razlikuje se po obliku, masi, izgledu kore i sredine, mekoći, boji, okusu i mirisu. Proizvode se različite vrste kruha. Najčešće se proizvode od čistog pšeničnog brašna te uz dodatak raženog i drugih vrsta brašna.

Prema vrsti upotrijebljenog brašna i načinu izrade kruh se razvrstava i stavlja na tržište pod nazivom:

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

2.2. Sirovine za proizvodnju kruha

U tehnologiji proizvodnje kruha upotrebljavaju se osnovne i dodatne sirovine. Osnovne sirovine su brašno, voda, pekarski kvasac i kuhinjska sol, a dodatne sirovine su ostali različiti dodaci (poput mlijeko i mliječni proizvodi, masnoća, različite sjemenke, itd.), zatim aditivi i proizvodna pomoćna sredstva.

2.2.1. Pšenično brašno

Pšenično brašno je proizvod koji se dobiva procesom mljevenja pšenice. Kemijski spojevi bjelančevine, lipidi, vlakna i mineralne tvari najzastupljeniji su u zrnu pšenice. Zrno pšenice izgrađeno je od endosperma, omotača i klice. Tehnološkim procesom mljevenja pšeničnog zrna kao proizvod nastaje pšenično brašno različitih tipova i pšenične posije (Arendt i Zannini, 2013.).

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

Kemijski sastav	%
Bjelančevine (Nx6,25)	11,3
Lipidi	1,8
Ugljikohidrati	59,4
Prehrambena vlakna	13,2
Minerali	1,7
Voda	12,6

Pšenica se ubraja u porodicu trava, rod *Triticum* i za proizvodnju brašna najznačajnije su tri vrste:

- *Triticum aestivum* (meka pšenica),
- *Triticum compactum* (patuljasta pšenica),
- *Triticum durum* (tvrda pšenica).

Brašno koje se dobiva mljevenjem meke pšenice upotrebljava se za proizvodnju kruha, tjestenine, u konditorskoj industriji. Brašno dobiveno mljevenjem patuljaste pšenice upotrebljava se za proizvodnju kolača, vafla i lisnatog tijesta. U proizvodnji čajnih peciva najčešće se upotrebljava pšenično brašno T-400 i T-550. Vrlo važna značajka je granulacija brašna. Čestice brašna veće granulacije i brašna s niskim udjelom proteina imaju manju moć upijanja vode (Gavrilović, 2011.). Krupica tvrde pšenice najkvalitetnija je sirovina na bazi brašna za proizvodnju tjestenine.

Prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta, mlinski proizvodi moraju udovoljavati slijedećim zahtjevima kvalitete na količinu pepela, a računato na suhu tvar:

- do 0,45% za krupicu i bijelo brašno tip 400,
- od 0,50% do 0,75% za bijelo brašno tip 550,
- od 0,65 % do 0,75% za polubijelo brašno tip 700,
- od 0,80% do 0,90% za polubijelo brašno tip 850,
- od 1,05% do 1,15% za crno brašno tip 1100,
- od 1,5 % do 1,65% za crno brašni tip 1600,
- do 3,00% za prekrupu,

- do 2,00% za brašno i prekrupu iz cijelog zrna,
- do 0,90% za krupicu iz durum pšenice,
- od 0,90% do 2,00% za brašno iz durum pšenice,
- do 5,5% za klicu,
- do 7,00% za posije. (MPŠVG, 2005).

Također, prema Praviniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta, mlinski proizvodi od pšenice proizvedeni mljevenjem krušne pšenice (*Triticum aestivum*) ili tvrde pšenice (*Triticum durum*) su: brašna raznih tipova, krupica, proizvodi iz cijelog zrna, prekrupa, klica i posije za ljudsku prehranu.

- pšenična brašna i krupice se proizvode mljevenjem endosperma pšenice nakon izdvajanja ljuske i klice. U prometu se nalaze u raznim tipovima i granulacijama,
- pšenična krupica je proizvod mljevenja krušne pšenice pri čemu do 20% ukupne mase smije imati veličinu čestica manju od 200 µm,
- pšenična prekrupa je proizvod proizveden krupljenjem zrna kojem je izdvojena klica i kojem su iz sastava uklonjene čestice manje od 1000 µm,
- pšenični proizvodi iz cijelog zrna sadrže sve dijelove očišćenog i samljevenog zrna, a nazivaju se brašno iz cijelog zrna (integralno brašno) i prekrupa iz cijelog zrna (integralna prekrupa),
- pšenična klica namijenjena prehrani ljudi izdvaja se pri mljevenju pšenice,
- pšenične posije namijenjene prehrani ljudi su proizvod koji sadržava uglavnom omotač pšeničnog zrna. (MPŠVG, 2005)

Iz središnjih dijelova endosperma mljevenjem pšenice dobiva se bijela brašno T-400 i T-550 koje u odnosu na brašno T-850 sadrže manji udio mineralnih tvari i nižeg su postotka izmeljavanja, sadrže veći udio škroba, manji udio nutritivno vrijednih proteina, formiraju gluten boljih svojstava i imaju manji udio celuloze i masti. Zbog dobrih svojstava glutena i slabe enzimske aktivnosti, tijesto dobiveno od brašna T-400 i T-550 je rastezljivo, elastično i stabilno (Đaković, 1997.).

Tablica 2. Prosječni kemijski sastav različitih tipova pšeničnog brašna izražen u % (Đaković, 1997.)

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

Najznačajniji sastojci, koji utječu na kvalitetu brašna tijekom tehnološke prerade su voda, bjelančevine, škrob, masti, pentozani i šećeri. Prosječni kemijski sastav brašna za određeni stupanj izmeljavanja brašna dobiven je mljevenjem različitih smjesa pšenice (Đaković, 1997.)

Tablica 3. Prosječni kemijski sastav brašna (%) kod različitog stupnja izmeljavanja (Đaković, 1997.)

	% izmeljavanja			
	50	70	80	94-100
Minerali	0,46	0,62	0,80	1,7
Proteini	10,7	12,2	13,0	13.5
Lipidi	1,1	1,5	1,8	2,3
Vlakna	0,1	0,2	0,3	2,1
Škrob i šećeri	84	81	81	73

Proteini

Proteini su složeni kemijski spojevi velike molekularne mase i najvažniji kriterij za određivanje kvalitete brašna, odnosno pšenice. U zrnu pšenice različito su zastupljeni. U omotaču zrna pšenice ih ima oko 15 %, u klici između 17 i 27 %, dok u endospermu, ovisno o vrsti pšenice, ima od 5 do 16 % proteina. Unutar endosperma udjeli proteina rastu od

centra prema aleuronskom sloju. (Hoseney, 1994.). Proteine pšenice odnosno brašna čine albumini, globulini, prolamini (gliadin) i glutelini (glutenin). Albumini i globilini nalaze se u količini od 15 do 20% ukupnih proteina pšenice odnosno brašna dok gliadin i glutenin izgrađuju gluten i nalaze se u postotku od 80 do 85%. Prolamin i glutelin pšenice čine razliku od ostalih vrsta žitarica (Gavrilović, 2011).

Lipidi

Lipidi su tvari po fizikalnim svojstvima slične mastima. Sadržaj u brašnu kreće se između 1,5 i 2,5 %. Vrlo su značajni za tehnološku kvalitetu brašna. Lipidi brašna sastoje se od trigliceride, fosfolipida i glikolipida. Fosfolipidi povoljno utječu na gluten jer zahvaljujući njima zadržava se više plinova u tijestu tako da proizvod ima veći volumen i bolju strukturu. Dok glikolipidi i fosfolipidi se vežu s proteinima i škrobom brašna te tako utječu na njihovu pokretljivost i savitljivost (Gavrilović, 2011).

Šećeri

Ovisno o sorti i uvjetima razvoja mijenja se i sadržaj šećera. Kod povećane vlage pšenice, kada pšenica počne klijati, dolazi do hidrolize škroba pod utjecajem enzima te do povećanja udjela šećera.

Škrob

Škrob čini najveći udio u pšeničnom zrnu. Udio škroba u brašnu ovisi o udjelu škroba u pšenici i o postotku izmeljavanja te je obrnuto proporcionalan udjelu proteina tako da brašno s više sadržaja proteina sadrži manje škroba. I obrnuto, brašno s manjim udjelom proteina sadrži više škroba (Pomeranz,1988).

Celuloza

Celuloza je strukturni polisaharid staničnih stijenki viših biljaka. Nije probavljiv u ljudskom organizmu, u brašnu se ponaša inertno te nema veće značenje u proizvodima dobivenim mljevenjem pšenice.

Hemicelulozne tvari i pentozani

Obuhvaćaju ne škrobni i ne celulozni polisaharidni dio biljke. Polisaharidi čija je osnovna jedinica pentoza dijelimo na topljive u vodi i netopive u vodi. Hemicelulozne tvari su pentozani ne topljivi u vodi, a pentozani polisaharidi topljivi u vodi. Obje vrste pentozana imaju razgranatu strukturu koja im omogućuje da na sebe vežu veliku količinu vode te pentozani stoga povećavaju moć apsorpcije vode brašna, povećavaju viskoznost tijesta i zadržavaju vodu u proizvodima od brašna i usporavaju starenje pekarskih proizvoda (Hoseney, 1994.).

Pigmenti

Ovisno o sorti, uvjeta uzgoja, podrijetla meljavom pšenice daju brašna s različitim udjelom pigmenta. Glavni pigmenti pšenice su ksantofilni pigment lutein i njegovi esteri, s manjim udjelima β-karotena. Karoteni imaju provitaminsku aktivnost i podložni su procesima oksidacije, a najveću aktivnost posjeduje β-karoten. U pšenici se također nalaze i flavoni poput tricina i razgradni produkti klorofila. Glavni pigment flavona je tricin, koji je slabo topljiv u vodi dok su njegovi glikozidi topljivi u vodi. Pigmenti su nosioci boje različitog kemijskog sastava. Boja brašna može se određivati spektofotometrijski, pomoću β-karotena kao standarda (Cornell,H.J. i Hoveling, A.W. 1998.).

2.2.2. Voda

Voda za piće mora udovoljavati Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Voda u brašnu može biti u tri oblika: kapilarna, vezana i slobodna. Udio vode u brašnu je između 13 i 14%. Tijekom zamjesa, dodatkom vode brašnu, proteini brašna bubre sve dok se ne postigne odgovarajuća ravnoteža između osmotskog tlaka i tlaka između micela proteina glutena.

2.2.3. Kvasac i kuhinjska sol

Kvasac je odgovoran za dizanje tijesta i volumen kruha te doprinosi okusu i aromi kruha. Okus i aroma kruha su rezultat međudjelovanja primarnih sastojaka tijesta kao što su brašno, kvasac, šećer i sol. Količina kvasca ovisi o njegovoj aktivnosti, količini šećera u tijestu, postupku izrade tijesta, temperaturi tijesta i temperaturi pri kojoj se odvija završna fermentacija. Najčešće korišteni kvasac je *Saccharomyces cerevisiae*.

Kuhinjska sol se dodaje u količini 1-2,2% na količinu brašna i ona pomaže učvršćivanju lanaca glutena te utječe na optimalan volumen te poželjan okus i aromu kruha.

2.2.4. Dodatne sirovine

Dodatne sirovine mogu se podijeliti u tri skupine:

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

Masnoća utječe na povećanje volumena, dužu svježinu i trajnost kruha. Šećeri su izvor hrane za kvasce i daju sladak okus proizvodima s više šećera. Ostali dodaci mogu prema potrebi poboljšavati tehnološku kvalitetu brašna, a potom i tijesta te nutritivnu kvalitetu gotovih proizvoda.

2.3. Proces proizvodnje kruha

Faze u procesu proizvodnje kruha su:

- priprema sirovina,
- izrada tijesta,
- fermentacija tijesta,
- obrada tijesta,
- završna fermentacija,
- pečenje.

2.3.1. Priprema sirovina

Osnovne sirovine za proizvodnju kruha su brašno, voda, kvasac i sol. Brašno se neposredno prije zamjesa prosijava i propušta preko magneta da bi se odvojili zaostali metalni dijelovi. Voda koja se koristi mora biti zdravstveno ispravna. Količina vode koja se dodaje određena je Pravilnikom i iznosi oko 50 do 60 %. Temperatura vode iznosi od 26 do 32 °C. Uglavnom se koristi prešani kvasac u količini od 1 do 3 % ovisno o kvaliteti brašna, intenzitetu miješanja, uvjetima fermentacije i dodatnim sirovinama. Sol se dodaje u količini od 1,5 do 2,2 %, a dodaje se radi postizanja okusa kruha te djeluje na čvrstoću glutena.

2.3.2. Izrada tijesta

Zamjes tijesta odvija se u mjesilici gdje dolazi do nastanka tijesta viskoelastične konzistencije. Tijekom zamjesa škrob apsorbira oko 30 % vode te bubri uz povećanje volumena. U tijesto se tijekom miješanja ugrađuje zrak u obliku mjehurića. Mjehurići čine šupljine u koje za vrijeme fermentacije difundira ugljikov dioksid, koji nastaje kao produkt razgradnje kvasca, a koji dovodi do rasta alveola. Vrijeme zamjesa tijesta, ovisno o mjesilici, traje 10-30 minuta. Intenzitet miješanja je važan jer intenzivno miješanje povećava brzinu sazrijevanja tijesta te dovodi do ujednačenog rasporeda stanica kvasca, povećanja volumena i bolje poroznosti tijesta.

2.3.3. Fermentacija tijesta

Fermentacija tijesta odvija se u zatvorenim komorama pri temperaturi 28-30 °C. Vrijeme trajanja fermentacije ovisi o više faktora. To su vrsta i tip brašna, aktivnosti kvasca, temperaturi fermentacije te tehnološki postupak proizvodnje kruha. Ponekad se provodi premjesivanje tijesta kako bi se stanice kvasaca ravnomjerno rasporedile i radi povećanja volumena. Fermentacijom tijesta omogućava se pravilno oblikovanje i dijeljenje tijesta te konačni proizvod ima bolju aromu i miris. (Cauvain i Young, 1998).

2.3.4. Obrada tijesta

Obrada tijesta sastoji se od dijeljenja tijesta na komade, okruglo oblikovanje, odmaranje tijesta i završno oblikovanje. Dijeljenje i okruglo oblikovanje tijesta može biti ručno i strojno. Tijekom oblikovanja dolazi do povećanja elastičnosti i čvrstoće tijesta, a smanjuje se ljepljivost. Duljina odmaranja tijesta vezana je uz reologiju tijesta. Dužim odmaranjem dolazi do većih promjena u reologiji što može utjecati na konačnu kvalitetu kruha. Završno oblikovanje zahtjeva da komadi tijesta imaju nisku otpornost na deformacije i minimalnu elastičnost. U protivnom, visoki tlakovi potrebni za promjenu oblika tijesta mogu uzrokovati slabiju kvalitetu proizvoda (Cauvain i Young, 2008).

2.3.5. Završna fermentacija

Oblikovani komadi tijesta stavljaju se u komore ili ladice u kojima se nastavlja fermentacija u kontroliranoj atmosferi, na 40-45 °C i 85 % relativne vlažnosti. Za vrijeme fermentacije škrob prelazi u dekstrine i šećere djelovanjem enzima. Kvasac koristi šećere i proizvodi ugljikov dioksid i alkohol, pri čemu ugljikov dioksid difundira u tijesto te dolazi do rasta i proširenja oblikovanih komada tijesta (Whitworth i Alava, 1999.).

2.3.6. Pečenje

U procesu pečenja tijesto mijenja izgled, dimenzije, dolazi do formiranja strukture, okusa i aromatskih svojstava, te se pod utjecajem topline pretvara u gotov proizvod. Zagrijavanjem dolazi složnih fizikalnih, kemijskih i biokemijskih promjena. Najvažnije promjene koje se događaju su povećanje debljine proizvoda zbog proizvodnje plinova i isparavanja vode, smanjenje mase proizvoda jer sušenje rezultira velikim smanjenjem gustoće proizvoda i razvoj porozne strukture i potamnjivanje površine proizvoda uslijed hidrolize škroba i karamelizacije šećera (Chevallier i sur., 2002).

Ovisno o tipu brašna i vrsti kruha određuje se temperatura pečenja kruha, crni kruh se peče na temperaturi 250-280 °C, a bijeli na 210-230 °C. U početnoj fazi pečenja potrebno je vlaženje tijesta kako se ne bi formirala kora koja bi onemogućila daljnje širenje tijesta i pojavu pukotina na kori. Po završetku pečenja, kruh treba biti na toplom još 10-15 minuta kako površina kruha zbog naglog hlađenja ne bi pucala.

2.4. Čajno pecivo

Čajno pecivo je proizvod dobiven pečenjem oblikovanog masnog tijesta, a sadrži najmanje 10 % masnoće, izraženo na gotov proizvod s najviše 5 % vode (MPŠVG, 2005).

Čajna peciva prema načinu oblikovanja dijelimo na:

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

Razlikuju se po izgledu, ali sirovine za njihovu izradu su iste. Sirovine se dijele na osnovne i dodatne sirovine. Osnovne sirovine su brašno, voda, masnoća i šećer, a dodatne su sredstva za narastanje koja mijenjaju pH sredine tijesta i sudjeluju u formiranju strukture proizvoda tijekom pečenja, zatim aditivi, jaja i med, koji mogu utjecati na reološka svojstva tijesta. (Gavrilović, 2011.).

Mogu se raditi dvije vrste zamjesa tijesta: tvrdi i meki, ovisno o količini dodane vode. Tvrdi zamjes sadrži više vode i relativno manje masnoće i šećera, čvrsto je, tvrdo i rastezljivo (prilikom rastezanja ne dolazi odmah do pucanja tijesta). Dok meka tijesta sadrže manje vode i relativno visoke udjele masnoće i šećera. Rastezljivost ovoga tijesta je mala i lako puca.

Danas se proizvode čajna peciva s dodacima, čajna peciva s preljevima od kakaa, čokolade ili šećernim preljevima, mogu se puniti punilima, ukrašavati ili dorađivati (Manley, 2000.)

2.5. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva

2.5.1. Brašno

Za proizvodnju čajnog peciva najčešće se koristi pšenično brašno T-400 i T-550. Granulacija brašna je vrlo važna i izbor brašna po granulometrijskom sastavu ovisi o sirovinskom sastavu tijesta i načinu mehaničke obrade. Brašna za proizvodnju čajnog peciva imaju nizak udio

proteina i brašnastu strukturu i veću granulaciju od brašna za proizvodnju keksa, a razlog tomu je što se upotrebom čestica veće veličine i brašna s niskim udjelom proteina smanjuje moć upijanja (Gavrilović, 2011.)

2.5.2. Voda

Voda u brašnu nalazi se u vezanom, slobodnom i kapilarnom obliku. Udio slobodne vode u tijestu regulira viskoelastična svojstva tijesta. Tijekom zamjesa proteini glutena bubre i oblikuju prostornu molekulsku rešetku ispunjenu suspenzijom hidratiziranog škroba. (Gavrilović, 2011.).

2.5.3. Masnoće

Masti i ulja su esteri zasićenih i nezasićenih viših masnih kiselina i glicerola. Prema kemijskom sastavu dijele se na tvrde (masti), tekuće (ulje) i masnoće mazive konzistencije, a prema porijeklu na biljne i životinjske.

Upotrebom masnoća dobiva se tijesto mekše konzistencije, te je potrebno manje energije tijekom zamjesa, a zbog smanjenih napona, tijesto se mehanički lakše obrađuje (Gavrilović, 2011).

2.5.4. Šećeri

U proizvodnji čajnog peciva najčešće se koristi saharoza (konzumni šećer). Saharoza proizvodu daje okus slatkoće, utječe na strukturu i teksturu keksa i utječe na viskoznost tijesta. Dodatkom saharoze usporava se bubrenje škroba, povećava se pokretljivost tijesta odnosno smanjuje viskozitet tijesta

Ukoliko je u tijestu udio vlage ispod 25 % preporuča se korištenje šećera u prahu, jer se brže otapa tijekom zamjesa tijesta. Šećer u prahu s maksimalnom veličinom čestica od 30 µm koristi se za izradu masnih punjenja, jer ona ne smiju biti pjeskovita prilikom žvakanja (Gavrilović, 2011).

2.5.5. Sredstva za narastanje

Sredstva za narastanje (rahljenje) dijele se na:

- kemijska sredstva za narastanje (natrijev hidrogenkarbonat, natrijev bikarbonat)

- biokemijska sredstva za narastanje (pekarski kvasac *Saccharomyces cerevisiae*)

Kemijska sredstva za narastanje utječu na promjenu pH sredine tijesta i reoloških svojstava, te sprječavaju ljepljivost tijesta pa je zbog toga moguće stanjivanje tijesta tijekom mehaničke obrade. Do promjena reoloških svojstava tijesta dolazi djelovanjem alkalnih soli na proteine i škrob brašna pri čemu dolazi do djelomične denaturacije globularnih proteina i promjene u strukturi amiloze, što dovodi do sporijeg bubrenja škroba (Gavrilović, 2011).

2.5.6. Ostali dodaci

Sol se dodaje radi korekcije okusa proizvoda, a ostale sirovine kao što su lecitin, prerađevine od mlijeka, invertni šećer, sladni ekstrakt, aroma, vanilin-šećer, začini dodaju se za dobivanje homogenog tijesta, formiranje boje, reguliranje ravnoteže relativne vlažnosti, svježine i zaokruženja arome proizvoda te utječu na povećanje volumena kako bi se dobila finija struktura, usporavaju migraciju masti i zadržavaju svježinu proizvoda (Gavrilović, 2003.).

2.6. Proces proizvodnje čajnog peciva

2.6.1. Zamjes tijesta

Zamjes tijesta može biti jednofazni ili dvofazni. Kod jednofaznog postupka sve sirovine se dodaju odjednom, a sredstvo za rahljenje se prethodno pomiješa s brašnom, a kod dvofaznog postupka prvo se dodaju šećer, masnoća i voda. Ove sirovine se miješaju, zatim se dodaje dio brašna te otopine sredstva za rahljenje, i na kraju ostatak brašna.

Kvaliteta tijesta ovisi o sastavu te veličini čestica i tipu brašna. O sastavu i odnosu netopljivih proteina i škroba ovisi količina i kvaliteta glutena. Dodane masnoće i šećer smanjuju moć upijanja vode što dovodi do povećanja elastičnog svojstva tijesta, a ono otežava postizanje željene konzistencije tijesta te otežava daljnju obradu.

Temperatura za izradu zamjesa ne bi smjela biti iznad 25 °C. Kod viših temperatura tijesto postaje žilavo zbog povećanja elastičnih svojstava, plastična svojstva se gube, a posljedica je nastajanje nepravilnih oblika proizvoda. Na temperaturama ispod 18 °C otežana je izrada tijesta na strojevima (Gavrilović, 2011).

2.6.2. Oblikovanje tijesta

Tijesto za sječeno čajno pecivo prolazi kroz otvore kalupa pri čemu se oblikuju paralelne trake, trake se rotirajućim nožem sijeku na željenu duljinu. Dresirana čajna peciva se oblikuju

tako da uređaj istiskuje tijesto kroz kalupe pomoću pokretne ploče. Rezana čajna peciva režu se žicom na određenoj visini nakon prolaska kroz otvore kalupa. Prilikom spuštanja tijesta na traku, čelična žica reže komade tijesta. Tijesta za oblikovano čajno pecivo, oblikuje se poslije zamjesa, pomoću dva valjka. Jedan od valjaka je formirajući i u njegove kalupe se utiskuje tijesto, a drugi je rebrasti i služi za utiskivanje tijesta (Gavrilović, 2011).

2.6.3. Pečenje

U procesu pečenja dolazi do fizikalno-kemijske i koloidne promjene tijesta. Pečenjem oblikovano tijesto mijenja vanjski izgled, dimenzije, formira strukturu, okus i aromatična svojstva. Glavne promjene koje se događaju tijekom pečenja su povećanje debljine proizvoda kroz proizvodnju plinova i isparavanja vode, smanjenje mase proizvoda zbog sušenja, a to dovodi do velikog smanjenja gustoće proizvoda i razvoja porozne strukture i potamnjivanje površine proizvoda uslijed hidrolize škroba i karamelizacije šećera (Chevaallier i sur., 2002.).

Pečenje se odvija u tri faze. U prvoj dolazi do ekspanzija tijesta i smanjenja vlage, u drugoj se nastavlja ekspanzija volumena tijesta uz istovremeno nastajanje boje na površini oblikovanog tijesta, a u trećoj fazi regulira se visina proizvoda i pojačava boja (Gavrilović, 2011).

2.6.4. Hlađenje

Nakon izlaska čajnog peciva iz pećnice, započinje proces hlađenja. Hlađenje se može provoditi prirodnim putem, umjetno ili kombinacijom prirodnog i umjetnog hlađenja. Hlađenje završava kada se izjednači temperatura čajnog peciva i temperatura prostorije i kada se postigne svojstvena čvrstoća proizvoda. Prirodno hlađenja je najbolje jer se na taj način izbjegavaju nagle promjene temperature koje dovode do pucanja proizvoda. Umjetno hlađenje provodi se ventilatorima, brzina strujanja zraka je 3-4 m/s. Završetkom hlađenja izjednačava se brzina izmjene topline i prekida se apsorpcija vlage (Gavrilović, 2011)

2.7. Nusproizvodi prehrambene industrije

Tijekom prerade voća (jabuka, citrusa…), povrća (poput mrkve), šećerne repe te proizvodnje piva nastaju značajne količine nusproizvoda koji se zbog sastava i tehnoloških svojstava mogu koristiti u proizvodnji hrane. Nusproizvodi kao što su pivski trop, trop jabuke i izluženi repini rezanci dobar su izvor prehrambenih vlakana, vitamina, polifenola i minerala koji daju

ovim sirovinama značajnu nutritivnu vrijednost. Ove sirovine uglavnom se koriste kao stočna hrana, zbog njihove dostupnosti i cijene te su dostupne prehrambenim i drugim industrijama. Prehrambena vlakna čine ostaci jestivih biljnih stanica, polisaharidi, lignin i slične tvari koje ne podliježu hidrolizi ili nisu probavljivi u probavnom traktu čovjeka. U prehrambena vlakna obuhvaćena ovom definicijom ubrajamo celulozu, hemicelulozu, lignin, inulin, gume, modificiranu celulozu, sluz, oligosaharide, pektine, voskove, kutin i suberin (Guillon i sur., 2007.; Asp, 2004.).

Nusproizvodi prerađivačke industrije predstavljaju veliki problem jer značajno utječu na okoliš zbog njihove spore biorazgradivosti, uzrokuju onečišćenje voda, zbog emisije metana te drugih ekoloških problema. Istovremeno, obiluju prehrambenim vlaknima (Schieber i sur., 2001).

Iz toga razloga je upotreba nusproizvoda postao rastući trend u prehrambenoj industriji. Razlog je dvojak, povećanje prehrambene vrijednosti novih proizvoda i iskorištavanje ovih nutritivno vrijednih sirovina, a time i smanjenje ukupnog otpada (Yagci i Gogus, 2010). Upotrebom nusproizvoda prehrambene industrije možemo utjecati na prehrambene navike potrošača, razvojem novih proizvoda tipa kruha, tjestenine, snack proizvoda i sl. koje konzumira široka populacija, koji su obogaćeni sastojcima koji su deficitarni u svakodnevnoj prehrani (prehrambena vlakna, omega 3 i 6 masne kiseline, polifenoli, antioksidansi, vitamini, β-glukan i dr.). Također razvija i funkcionalne proizvode, koji imaju dokazano pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi koje je danas veliki problem, a povezano je s nepravilnom prehranom (Jozinović i sur., 2014.).

Dva su zahtjeva koja treba poštivati pri upotrebi hrane s dodatkom prehrambenih vlakana: pozitivni utjecaj na zdravlje konzumiranjem hrane bogate prehrambenih vlaknima i tehnološki omogućiti očuvanje senzorskih svojstava hrane bogate prehrambenim vlaknima. Prehrambena vlakna prehrambenom proizvodu daju odgovarajuću teksturu, čvrstoću, punoću i druga senzorska svojstva. Zbog njihovih fizikalnih svojstava koja poboljšavaju tehnološka svojstva, pogodna su za upotrebu kao komponente za: vezivanje vode, zgušnjavanje, želiranje, formiranje filmova i emulzija, te se mogu koristiti i kao stabilizatori. Najvažnija svojstva prehrambenih vlakana su mogućnost vezivanja i zadržavanja vode, viskoznost slanih otopina i disperzija, a ona ovise o molekularnoj strukturi njihovih gradivnih komponenti (Meuser, 2001.).

Značaj prehrambenih vlakana u organizmu (Jalili i sur,. 2001, Slavin, 2013):

- utječu na prevenciju karijesa, jer jačaju mišiće za žvakanje,
- utječu na rastezanje zida želuca i izazivaju osjećaj sitosti,

- ubrzavaju prolazak crijevnog sadržaja kroz crijeva što dovodi do usporavanja i otežavanja apsorpcije hranjivih tvari, jer se skraćuje vrijeme kontakta između nutrijenata i zida crijeva (prevencija šećerne bolesti, poremećaja metabolizma masnih tvari, kardiovaskularne bolesti i cerebrovaskularne bolesti),
- žučne kiseline se vezuju za prehrambena vlakna pri čemu je ubrzano izbacivanje sastojaka što smanjuje sintezu kolesterola,
- u debelom crijevu djelomično se fermentiraju od strane crijevnih bakterija, stvaraju se plinovi i masne kiseline kratkih lanaca koje imaju zaštitno djelovanje na epitel debelog crijeva i tako imaju ulogu prevencije malignih bolesti.

2.7.1. Repini rezanci

Repini rezanci su nusproizvod pri proizvodnji šećera, a nastaje nakon ekstrakcije saharoze iz šećerne repe.

Rezanci šećerne repe dolaze u dva oblika:

- kao svježi repin rezanac (nesušeni) – pogodan je za lokalne korisnike i za govedarske farme koje ga mogu koristiti za direktnu konzumaciju goveda ili za pripremu silaže,
- kao peletirani (dehidrirani) rezanac – pogodan je kao sirovina za tvornice stočne hrane.(www.secerana.com).

Kemijski sastava repinih rezanaca prikazan je u tablici.

Tablica 4. Udio pojedinih komponenti u repinim rezancima (Zheng i sur., 2013.).

Kemijski sastav	%
Lignini	1-2
Proteini	10-15
Pektini	20-25
Celuloza	20-25
Hemiceluloza	25-36

Zbog visokog udjela pektina u suhoj tvari kao i zbog dostupnosti, repini rezanci su iza tropa jabuke i kore citrusa najznačajniji kao sirovina u proizvodnji pektina (Yapo i sur., 2007). Nedostatak pektina dobivenog iz repinih rezanaca su loša želirajuća svojstva, zbog visokog stupnja metilacije i male molekularne mase te je to razlog što nemaju značajnu primjenu u prehrambenoj industriji (Mata i sur., 2009.).

Repini rezanci su i potencijalna sirovina za proizvodnju biogoriva i etanola te se koriste u proizvodnji uretana i poliuretana, biorazgradivih materijala i u industriji papira (Rouilly i sur., 2009.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Zadatak

Zadatak rada je bio ispitati reološka svojstva mješavine pšeničnog brašna i repinih rezanaca te napraviti probno pečenje kruha i čajnog peciva te pratiti kvalitetu tih proizvoda.

3.2. Materijali

Materijal (sirovine) za izradu kruha:

- 2000 g pšeničnog brašna T-550 (100 %)
- repini rezanci (zamjena za pšenično brašno u udjelu 5, 10 i 15 %)
- 36 g pekarskog kvasca
- 30 g kuhinjske soli (1,5 %)
- 0,1% askorbinske kiseline (0,005 %)
- voda (prema sposobnosti upijanja vode)

Materijal za izradu čajnog peciva:

- 64 g shortening-a (margarin),
- 65 g šećera (kristal šećer),
- 2,1 g NaCl
- 2,5 g $NaHCO_3$,
- 33 g otopine glukoze (8,9 g glukoze otopiti u 150 cm^3 destilirane vode),
- 16 g vode,
- 225 g brašna (ili smjese brašna i10, 20 i 30 % repinih rezanaca).
- 66 g otopine glukoze (otopinu glukoze: 8,9 g glukoze otopiti u 150 cm^2 dest. vode)
- 32 g destilirane vode

Materijal za reološka ispitivanja:

- 300 g T-550, oštro brašno (100 %),
- 285 g T-550, oštro brašno + 15 g repinog rezanca (5 %),
- 270 g T-550, oštro brašno + 30 g repinog rezanca (10 %),
- 255 g T-550, oštro brašno + 45 g repinog rezanca (15 %),
- 240 g T-550, oštro brašno + 60 g repinog rezanca (20 %),
- 6 g kuhinjske soli

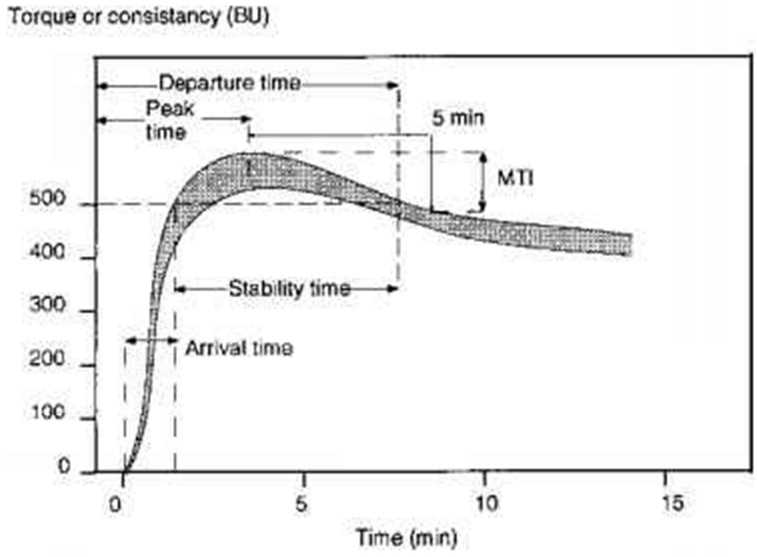
3.3. Metode

3.3.1. Ispitivanje kvalitete brašna farinografom

Za ispitivanje reoloških svojstava brašna korišten je farinografom (slika 2) s termostatom i cirkulacijskom pumpom (Brabender). Pomoću farinografa utvrđuje se moć upijanja vode, odnosno količina vode koju treba dodati brašnu u zamjes, a na osnovu drugih farinografskih pokazatelja može se pretpostaviti ponašanje tijesta u proizvodnji.

Odvaže se 300 g brašna, doda u mjesilicu i brašno se miješa i temperira 2 minute. Nakon 2 minute u mjesilicu se dodaje voda, temperature 30 °C. Špahtlom se očiste zidovi mjesilice bez prekidanja miješanja. Kada se postigne da je sredina krivulje u maksimumu između 490 i 510 FJ (BU, *Brabender units*) zamjes tijesta se nastavlja ukupno 15 minuta od momenta dodavanja vode u mjesilicu.

Dio brašna zamijenjen je repinim rezancem u postocima od 5, 10, 15 i 20%.



Slika 1 Farinogram (www.brabender.com)

Iz farinogramske krivulje očitavaju se slijedeći podaci (slika 1):

- moć upijanja vode očitava se s birete i predstavlja količinu vode izraženu u postocima, koja je potrebna za postizanje konzistencije od 500 FJ,
- razvoj tijesta je vrijeme u minutama koje protekne od početka miješanja do postizanja maksimuma krivulje,
- stabilitet tijesta je vrijeme u minutama koje protekne od postizanja maksimuma krivulje pa sve dok gornji dio krivulje ne padne za 10 FJ,
- rezistencija je zbroj razvoja i stabiliteta tijesta,
- stupanj omekšanja tijesta je odstupanje od krajnje točke srednje linije farinograma od linije konzistencije i izražava se u FJ,

- kvalitetna grupa očitava se iz tabele po Hankoczy-u. Pomoću planimetra izmjeri se površina trokuta koju čini srednja linija farinograma koji se ucrtava kroz sredinu počevši od maksimuma pa do završetka farinograma u 15 minuta, linija konzistencije tijesta (u rasponu od 490-510 FJ) i linije koja spaja srednju liniju farinograma sa linijom konzistencije). Iz tabele se očita kvalitetni broj i kvalitetna grupa. Površina trokuta se kreće od 0 do 50 cm², a kvalitetni broj od 100 do 0. Brašno može biti kvalitetne grupe A1-A2, B1-B2 i C1-C2



Slika 2. Farinograf

3.3.2. Ispitivanje kvalitete brašna ekstenzografom

Za ispitivanje fizičkih osobina tijesta, rastezljivosti i otpora pri rastezanju koristi se ekstenzograf (slika 3). Primjenom sile konstantne veličine pri istoj brzini i smjeru djelovanja tijesto se deformira preko granice svoje rastezljivosti i kida se. Otpor koji tijelo pruža djelovanju sile registrira se u obliku krivulje – ekstenzograma.

U farinografskom mjesilici zamijesi se tijesto od 300 g brašna, 6 g kuhinjske soli i vode. Način rada je isti kao pri izradi farinograma, razlika je da se u potrebnu količinu vode stavlja sol. Miješanje traje 5 minuta, a sredina krivulje treba se nalaziti na 500 ± 10 FJ. Izvažu se dva komada tijesta od po 150 g. Svaki dio se odvojeno stavlja u homogenizator, okrene dvadeset puta, izvadi iz homogenizatora, malo pospe škrobom, stavi na sredinu valjka i oblikuje. Oblikovani cilindar se stavi na sredinu kalupa, viljuškama se čvrsto pritisne i stavi u temperiranu komoricu aparat gdje stoji 45 minuta. Nakon 45 minuta, kalup se postavi na odgovarajući sistem poluga, pisač se postavlja na nultu liniju i kuka za istezanje se pokrene.

Tijesto se isteže i kida, a otpor koji pruža registrira se na papiru. Cijeli ovaj postupak se ponavlja nakon slijedećih 45 minuta.

Dio brašna zamijenjen je repinim rezancem u količini od 5, 10 i 15%.

Iz ekstenzografske krivulje očitavaju se slijedeći podaci:

- energija – predstavlja površinu koju ograničava ekstenzografska krivulja s apscisom. Dobije se planimetriranjem i izražava se u cm^2,
- otpor tijesta – predstavlja visinu krivulje nakon 5 cm od početka registriranja otpora tijesta, izražava se u ekstenzografskim jedinicama EJ,
- maksimalni otpor tijesta predstavlja maksimalnu visinu krivulje, izražava se u EJ,
- rastezljivost je razmak od početka rastezanja do trenutka kada tijesto puca, odnosno dužina dijagrama mjerena po apscisi. Izražava se u milimetrima,
- odnos otpora rastezanja i rastezljivosti je rezultat dijeljenja brojčane vrijednosti otpora tijesta i rastezljivosti.



Slika 3. Ekstenzograf

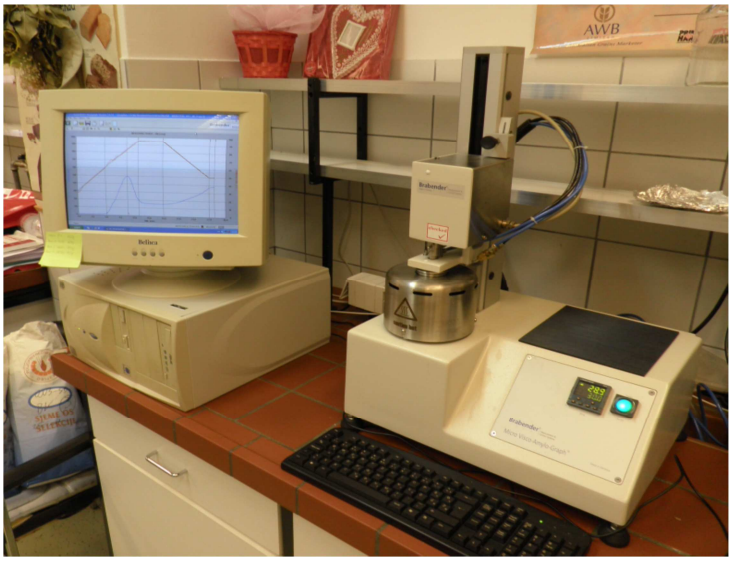
3.3.3. Mikroviskoamilograf

Amilografska ispitivanja pšeničnog brašna te pšeničnog brašna s dodatkom repinih rezanaca u udjelima 5, 10, 15, 20 i 30 % provedena su na mikrovisko-amilografu (Brabender OHG, Duisburg, Njemačka). Uređaj je prikazan na **Slici 4.**

Ispitivanja se provode tako što se u Erlemayer tikvicu doda voda, a zatim uzorka brašna pomoću lijevka. Masa uzorka pri 14 % udjelu vode je 15 g, a dodatak vode 100 g. Korekcija se vrši na 14 %-tni udjel vode. Tikvica se zatvori gumenim čepom i nekoliko puta protrese dok ne nestanu grudice iz suspenzije. Suspenzija se ulijeva u mjernu posudu koja se stavlja

u ležište uređaja, a mjerna glava, na koju je stavljeno mjerno tijelo (senzor), spušta se u najniži položaj i time započinje ispitivanje prema slijedećim parametrima:

- broj okretaja: 250 min^{-1},
- mjerno područje: 300 cmg,
- početna temperatura: 30 °C,
- brzina zagrijavanja: 7,5 °C/min,
- završna temperatura zagrijavanja: 92 °C,
- vrijeme zadržavanja na 92 °C: 1 min.



Slika 4. Mikro visko-amilograf

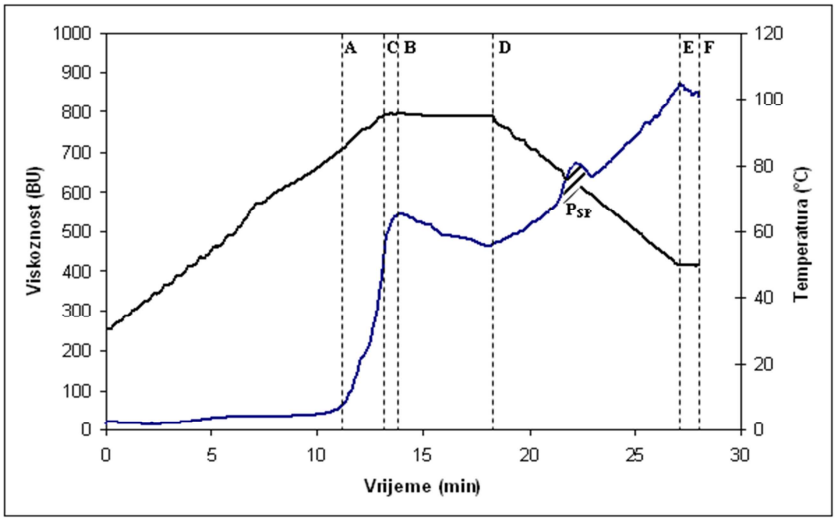
Viskoznost se mjeri pomoću senzora kontinuirano kao zakretni moment i izražava se u Brabenderovim jedinicama (Brabender units). Sve promjene viskoznosti suspenzije i temperature se zapisuju pomoću Brabender Viscograph. Iz dobivenih podataka dobiva se krivulja ovisnosti viskoznosti, odnosno zakretnog momenta i temperature o vremenu, tzv. Amilogram koji je prikazan na **Slici 5.**

Iz amilograma se očitavaju slijedeće vrijednosti:

- B – temperatura maksimuma (°C),
- B – maksimalna viskoznost (BU),
- D – viskoznost na početku hlađenja (BU),

Iz navedenih vrijednosti izračunavaju se i sekundarni parametri:

- B-D – opadanje viskoznosti (BU),
- E-D – povratni efekt (BU).



Slika 5 Mikroviskoamilogram

3.3.4. Probna pečenja

a) probno pečenje kruha

Priprema sirovina:

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

(jednadžba 1)

- Voda za zamjes izračuna se prema sposobnosti upijanja vode:

(jednadžba 2)

Brašno je potrebno prosijati te izvagati potrebne sirovine prema recepturi. Brašno, kvasac i šećer prenijeti u mjesilicu. U odvaganoj potrebnoj količini vode otopiti sol i askorbinsku kiselinu. Otopina se usipa u mjesilicu i provodi se postupak zamjesa. Tijesto se okruglo oblikuje, stavlja na fermentaciju 30 minuta (temperatura 30 °C± 1 °C i relativna vlažnost 85 % ± 5 %). Nakon završene (prve) fermentacije, odvaže se 400 g tijesta koje se razvalja i oblikuje u veknicu. Oblikovane vekince stavljaju se u komoru za fermentaciju tijekom 50 minuta pri temperaturi 30 °C ± 1 °C i relativnoj vlažnosti 85 % ±5 %. Nakon druge fermentacije, tijesto se stavlja u pećnicu zagrijanu na 225 °C ± 5 °C, temperatura pećnice se

spusti na 210 °C± 5 °C i uzorak se podvrgava procesu pečenja (uz obvezno doziranje vodene pare).

Kod idućeg zamjesa, udio brašna se umanjuje za 5, 10 i 15 % i zamjenjuje dodatkom repinih rezanaca i postupak probnog pečenja se ponavlja prema gore opisanom postupku.

b) probno pečenje čajnog peciva

Sirovine su vagane na laboratorijskoj vagi (Ohaus Adventurer Pro AV4102) prema recepturi AACC metode 10-50D (AACC, 2000a). Probno pečenje čajnog peciva provedeno je s 100 % udjelom pšeničnog brašna, 90 % brašna + 10 % repinih rezanaca, 80 % brašna + 20 % repinih rezanaca, 70 % brašna + 30 % repinih rezanaca.

U posudi miksera prvo se doda izvagana masnoća, zatim se zasebno važu brašno, šećer, NaCl, $NaHCO_3$, otopina glukoze i destilirana voda. Odvaga sirovina za izradu jedne mase čine šaržu čija veličina ovisi o ukupnoj masi sirovina koje su propisane AACC metodom. Izvagane sirovine (masnoća, šećer, NaCl, $NaHCO_3$) koje su stavljene u posudu miksera, miješaju se brzinom 1 (najsporije) tijekom tri minute. Za miješanje se koriste žičane mutilice miksera. Svake minute je potrebno zaustaviti mikser, i sastrugati sastojke sa stijenki posude u kojoj se odvija miješanje kako bi se svi sastojci ravnomjerno izmiješali. Nakon završetka prvog dijela miješanja potrebno je dodati otopinu glukoze i destiliranu vodu te nastaviti miješanje brzinom 1 tijekom jednu minutu, a potom još jednu minutu brzinom 2. Potom dodati ukupnu količinu brašna te sadržaj nastaviti miješati dvije minute brzinom jedan pri čemu je potrebno svakih trideset sekundi sastrugati sastojke sa stjenke posude. Dobiveno tijesto sakupiti ručno i okruglo oblikovati, staviti u PVC vrećicu te staviti u hladnjak (8 °C) tijekom 30–60 minuta. Nakon što se tijesto ohladi važe se cjelokupna masa tijesta, razvalja se valjkom za tijesto na debljinu 7mm u dva poteza valjka za tijesto (naprijed - nazad). Zatim se izrežu okrugli oblici tijesta promjera 60 mm (≈27g). Od svakog uzorka se ostavlja jedan komad oblikovanog tijesta nepečen te se na njemu također određuju boja, vlaga i aktivitet vode. Ukupno je potrebno izraditi najmanje 14 komada oblikovanog tijesta za čajno pecivo koji se peku zajedno u pećnici (6 komada smo pekli za mjerenje dužine i visine, potom za određivanje udjela i aktiviteta vode te za analiziranje teksture i boje). Oblikovano tijesto peče se 10 minuta pri temperaturi od 205 °C.

Nakon pečenja čajno pecivo potrebno je hladiti 30 minuta pri sobnoj temperaturi, izvagati te izmjeriti dužinu (poslagati 6 komada jedan do drugoga te izmjeriti dužinu, a potom svaki komad zarotirati za 90° i opet izmjeriti dužinu) i visinu (poslagati 6 komada jedan na drugi te izmjeriti visinu zatim ponovo poslagati jedan na drugi slučajnim odabirom te ponovo izmjeriti

visinu). Iz omjera dužine (*d*) i visine (*h*), uzimajući u obzir faktor korekcije (AACC, 2000a), računa se koeficijent širenja (*SP, engl. spread factor*) prema jednadžbi:

$$d/h \times CF \times 10 = SP \qquad \text{(Jednadžba 3)}$$

3.3.5. Određivanje teksture

a) određivanje teksture kruha

Za određivanje teksturalnog profila uzoraka kruha koristio se uređaj TA.XT Plus, a dobiveni podaci se analiziraju s TextureExponent 32 softverom. Uzorci kruha precizno se izrežu na šnite debljine 25 mm (4 šnite iz sredine vekne) i podvrgavaju dvostrukoj kompresiji cilindričnim nastavkom P/36R promjera 36 mm prema sljedećim parametrima:

- kalibracija visine: 30 mm
- brzina prije mjerenja: 1 mm/s,
- brzina mjerenja: 1,7 mm/s,
- brzina nakon mjerenja: 5 mm/s,
- dubina prodiranja cilindra: 10 mm (40%),
- vrijeme zadržavanja između dvije kompresije: 5 s,
- potrebna sila za početni signal: 5 g.



Slika 6. *TA.XT Plus TextureAnalyzer*

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

Čvrstoća predstavlja visinu prvog pika (u jedinicama sile, N ili mase, g), a kohezivnost je snaga unutrašnjih veza materijala potrebna da zadrži uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika (Površina 2AiB/Površina 1AiB).

Elastičnost predstavlja tzv. trenutnu elastičnost, odnosno mjeru oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, a definirana je omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije (Površina 1B/Površina 1A).

Kohezivnost predstavlja snagu unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika (Površina 2AiB/Površina 1AiB)

Otpor žvakanju predstavlja energiju koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka, odnosno otpor uzorka žvakanju, a izračunava se kao umnožak čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti.

b) Određivanje teksture čajnog peciva

Određivanje teksture čajnog peciva provodi se na istom uređaju kao i za kruh. Uzorci čajnog peciva analizirani su tako što je provedeno:

- savijanjem/lomljenjem uzoraka koji su podvrgnuti kompresiji.

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

- 1 mm/s: brzina prije mjerenja
- 3 mm/s: 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).

3.3.6. Određivanje udjela vode

a) određivanje udjela vode u kruhu

Udio vode u kruhu se određuje sušenjem uzorka u točno definiranim uvjetima. Gubitak mase izražen u postocima određuje udio vode u uzorku. U prethodno osušenu i odvaganu posudicu izmjeri se 5 - 6 g pripremljenog uzorka sa točnošću 0,001 g i suši u sušioniku zagrijanom na 130 °C. Poklopac se skine i ostavi pored posudice. Sušenje traje dok se ne postigne konstantna masa (1 h i 30 min), što se provjerava mjerenjem ohlađenih posudica.

Određivanje udjela vode u uzorku tijesta, te u uzorcima kruha s 5%, 10% i 15% repinih rezanaca.

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

(jednadžba 4)

m_0 - masa uzorka prije sušenja [g]
m_1 - masa uzorka nakon sušenja [g]
w_v - udio vode (vlage) [%]

b) određivanje udjela vode u čajnom pecivu

Određivanje udjela vode u čajnom pecivu provedeno je prema AACC metodi (AACC, 2000b.). Udio vode određivan je kako u tijestu i u uzorcima čajnog peciva, a računa se u postocima prema jednadžbi:

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100$$ (jednadžba 5)

m_0 - masa uzorka prije sušenja [g]
m_1 - masa uzorka nakon sušenja [g]
W_v - udio vode (vlage) [%]

3.3.7. Određivanje aktiviteta vode

Uzorci se pripremaju isto kao i za određivanje udjela vode. Usitnjeni uzorak kruha stavlja se u malu plastičnu posudu, zatim se posuda stavlja u ležište uređaja za određivanje aktiviteta vode (Rotronic, HygroPalm AW1) i pokreće se mjerenje (Primo-Martina i sur., 2006.). Mjerenja su provedena na način da se mjerio aktivitet tijesta, te kruha s 0, 5, 10 i 15% repinih rezanaca.

3.3.8. Određivanje volumena kruha

Volumen kruha je jedna od glavnih komponenti kontrole kvalitete kruha. Mjerenjem volumena kruha mogu se dobiti podaci o gustoći mrvica kruha i snazi glutena u brašnu.

Volumen kruha u ovom ispitivanju se mjerio na uređaju Volscan Profiler. Volscan Profiler laser na osnovi skeniranja mjeri volumen kruha i pekarskih proizvoda s maksimalnim dimenzijama dužine 600 mm i promjera 380 mm, s test vremenom manjim od 60 sekundi. Umjesto samo ocjenjivanja volumena kao kod klasične metode određivanja pomoću sjemenki, Volscan Profiler ima mogućnost automatski izračunati nekoliko odgovarajućih parametara kao što su visina, širina, dužina i težina. On također omogućava brzu trodimenzionalnu digitalizaciju kruha (www.stablemicrosystems.com).



Slika 7.*Volscan Profiler*

3.3.9. Određivanje boje

a) Određivanje boje kruha

Boja kruha i čajnog peciva određena je pomoću kolorimetra (Konica Minolta Chroma Meter 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 pomoću šest osjetljivih silikonskih fotoćelija. Uređaj omogućuje rad u različitim mjernim sustavima (*XYZ, Yxy, CIE*L*a*b**, Hunter Lab, L*C*h,itd.). Primjena kolorimetra tijekom mjerenja boje uzoraka kruha temelji se na mjerenju reflektirane svjetlosti s površine osvijetljenog uzorka. Neposredno prije svakog mjerenja instrument je potrebno kalibrirati pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43).

Boja površine (kore) i sredine uzoraka kruha praćena je na nepečenim uzorcima (tijesto) te uzorcima kruha s 0, 5, 10 i 15 % repinih rezanaca i to na 6 mjesta.

Prilikom određivanja boje čajnog peciva pokušali smo obuhvatiti što veću površinu uzorka čajnog peciva i to na način da smo boju s površine mjerili na pet različitih mjesta. Mjerenje smo provodili na tijestu za čajno pecivo te na pečenim uzorcima čajnog peciva s 0, 10, 20 i 30 % repinih rezanaca.



Slika 8. Kolorimetar (KonicaMinoltaChromaMeter CR-400)

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

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

3.3.10. Senzorsko ispitivanje

Senzorsko ispitivanje kruha i čajnog peciva provelo je dvanaest treniranih senzorskih analitičara koji dobro poznaju svojstva pekarskih i keksarskih proizvoda. Svaki analitičar ocjenjuje proizvod ocjenom od 0 do 10 (0-ne sviđa mi se do 10-kao iznimno mi se sviđa). (Yamsaengsung i sur., 2012).

Kod kruha se ocjenjivao: vanjski izgled, izgled sredine, miris, okus i ukupan dojam.

Kod čajnog peciva ocjenjivao se: boja, okus, tekstura i ukupan dojam.

4. REZULTATI

4.1. Utjecaj zamjene pšeničnog brašna repinim rezancima na reološka svojstva

Tablica 5. Rezultati određivanja reoloških svojstava pšeničnog brašna bez i s dodatkom repinih rezanaca na farinografu.

Uzorak	upijanje	razvoj	stabilnost	rezistencija	stupanj omekšanja	kvalitetni broj	kvalit. skup.
pšenično brašno	$57,55 \pm 0,92^{a}$	$1,40 \pm 0,14^{c}$	$0,70 \pm 0,00^{a}$	$2,10 \pm 0,14^{b}$	$32,50 \pm 10,61^{a}$	$63,2 \pm 5,37^{b}$	B1
+ 5 % repinih rezanca	$66,00 \pm 0,71^{b}$	$9,75 \pm 1,06^{b}$	$5,25 \pm 1,06^{b}$	$15,00 \pm 0,00^{a}$	$0,00 \pm 0,00^{b}$	$100 \pm 0,00^{a}$	A1
+ 10 % repinih rezanca	$73,85 \pm 0,49^{c}$	$10,55 \pm 0,78^{b}$	$4,45 \pm 0,78^{b}$	$15,00 \pm 0,00^{a}$	$0,00 \pm 0,00^{b}$	$100 \pm 0,00^{a}$	A1
+ 15 % repinih rezanca	$78,10 \pm 0,14^{d}$	$13,45 \pm 0,35^{a}$	$1,55 \pm 0,35^{a}$	$15,00 \pm 0,00^{a}$	$0,00 \pm 0,00^{b}$	$100 \pm 0,00^{a}$	A1

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

Tablica 6. Rezultati određivanja reoloških svojstava pšeničnog brašna bez i s dodatkom repinih rezanaca na ekstenzografu nakon 45`.

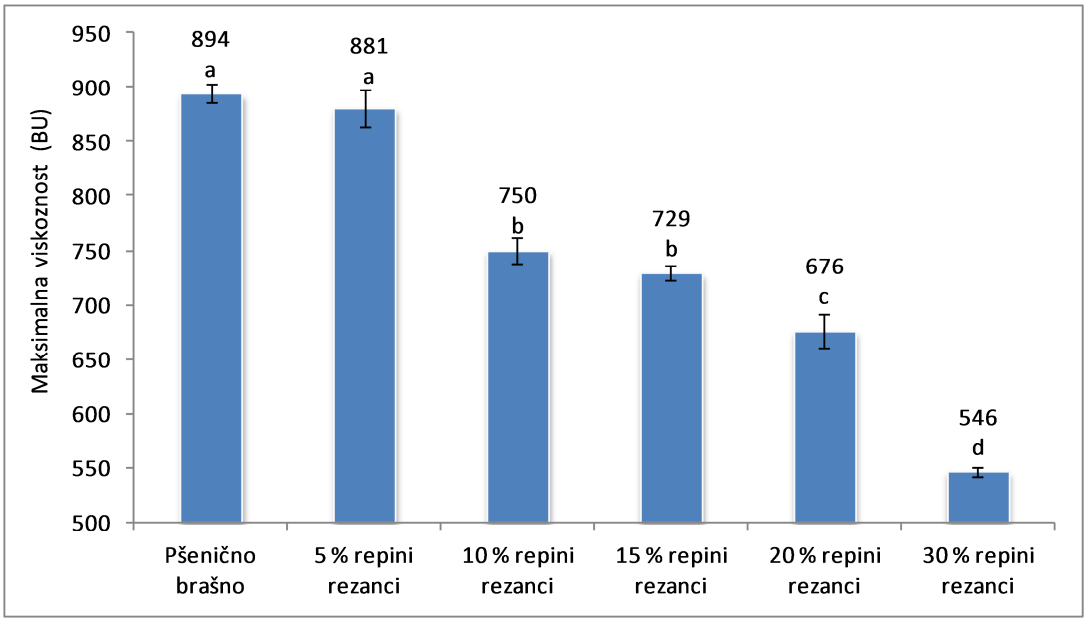
Uzorak	rastezljivost	otpor 5 min	O/R	maksimalan otpor	energija
pšenično brašno	$148 \pm 2,83^{a}$	$327,5 \pm 3,54^{a}$	$2,215 \pm 0,02^{c}$	$455 \pm 7,07^{a}$	$88,15 \pm 3,18^{a}$
+ 5 % repinih rezanca	$127 \pm 9,90^{a}$	$340 \pm 84,85^{a}$	$2,96 \pm 1,23b^{c}$	$397,5 \pm 88,39^{a}$	$68,45 \pm 8,98^{b}$
+ 10 % repinih rezanca	$93 \pm 5,66^{b}$	$480 \pm 70,71^{a}$	$5,19 \pm 1,07^{ab}$	$480 \pm 70,71^{a}$	$64,30 \pm 4,38^{b}$
+ 15 % repinih rezanca	$73 \pm 11,31^{b}$	$420 \pm 56,57^{a}$	$5,765 \pm 0,12^{a}$	$505 \pm 63,64^{a}$	$46,80 \pm 0,57^{c}$

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

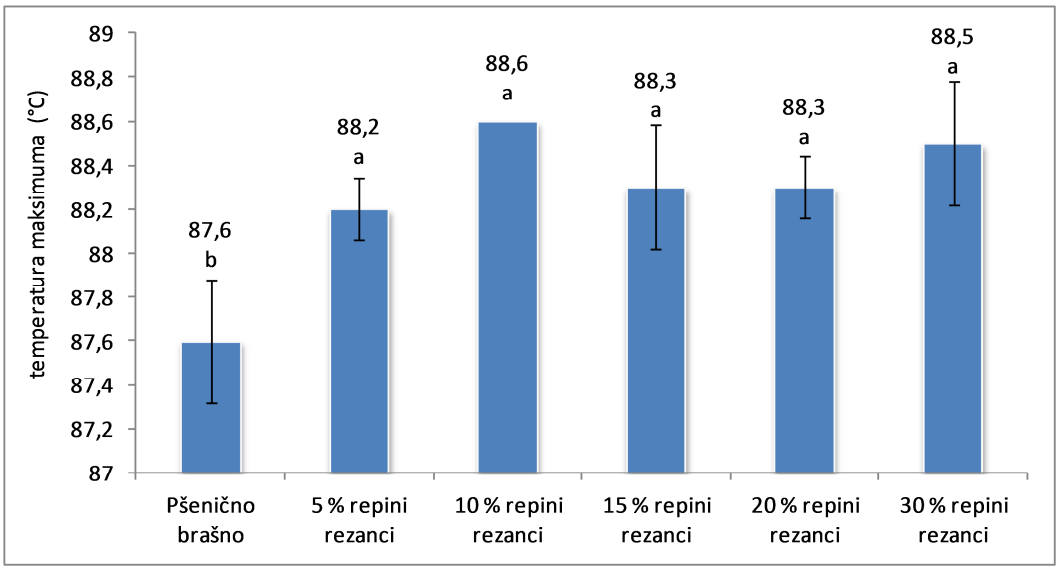
Tablica 7. Rezultati određivanja reoloških svojstava pšeničnog brašna bez i s dodatkom repinih rezanaca na ekstenzografu nakon 90`.

Uzorak	rastezljivost	otpor 5 min	O/R	maksimalan otpor	energija
pšenično brašno	132,5 ± 0,71[a]	395 ± 7,07[a]	2,98 ± 0,04[a]	535 ± 35,36[a]	89,85 ± 1,48[a]
+ 5 % repinih rezanca	118,5 ± 7,78[a]	460 ± 56,57[a]	4,15 ± 1,08[a]	527,5 ± 38,89[a]	71,55 ± 3,18[b]
+ 10 % repinih rezanca	72,5 ± 20,51[b]	575 ± 35,36[a]	9,58 ± 4,61[a]	647,5 ± 137,89[a]	60,25 ± 12,37[b]
+ 15 % repinih rezanca	66,5 ± 9,19[b]	415 ± 219,20[a]	6,07 ± 2,46[a]	595 ± 28,28[a]	46,05 ± 6,29[c]

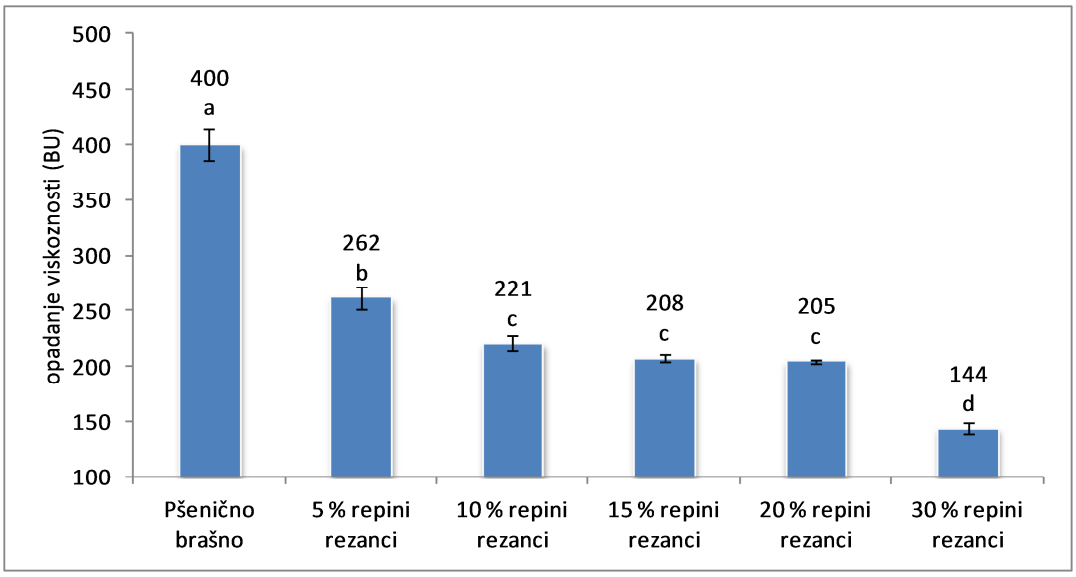
Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



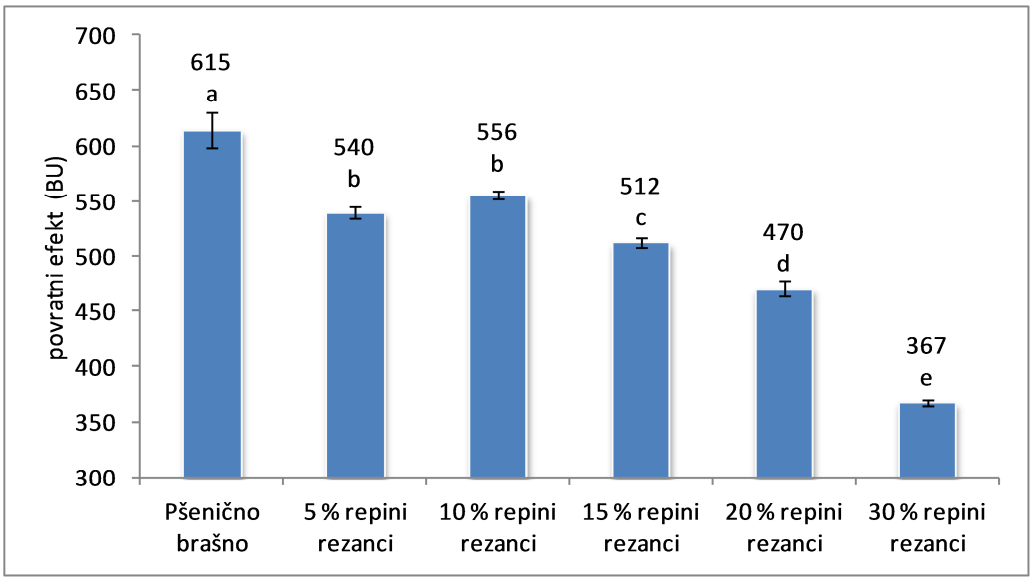
Slika 9. Utjecaj dodatka repinih rezanaca pšeničnom brašnu na maksimalnu viskoznost. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 10. Utjecaj dodatka repinih rezanaca pšeničnom brašnu na temperaturu maksimuma. 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

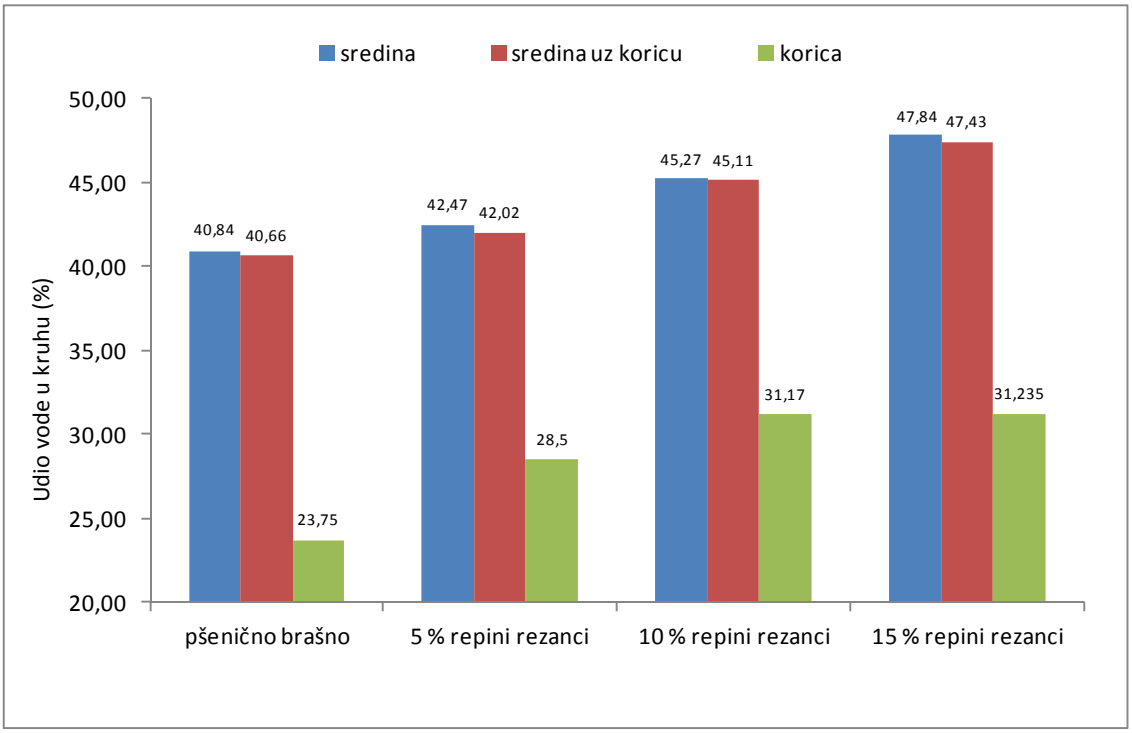


Slika 11. Utjecaj dodatka repinih rezanaca pšeničnom brašnu na opadanje viskoznosti. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p<0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

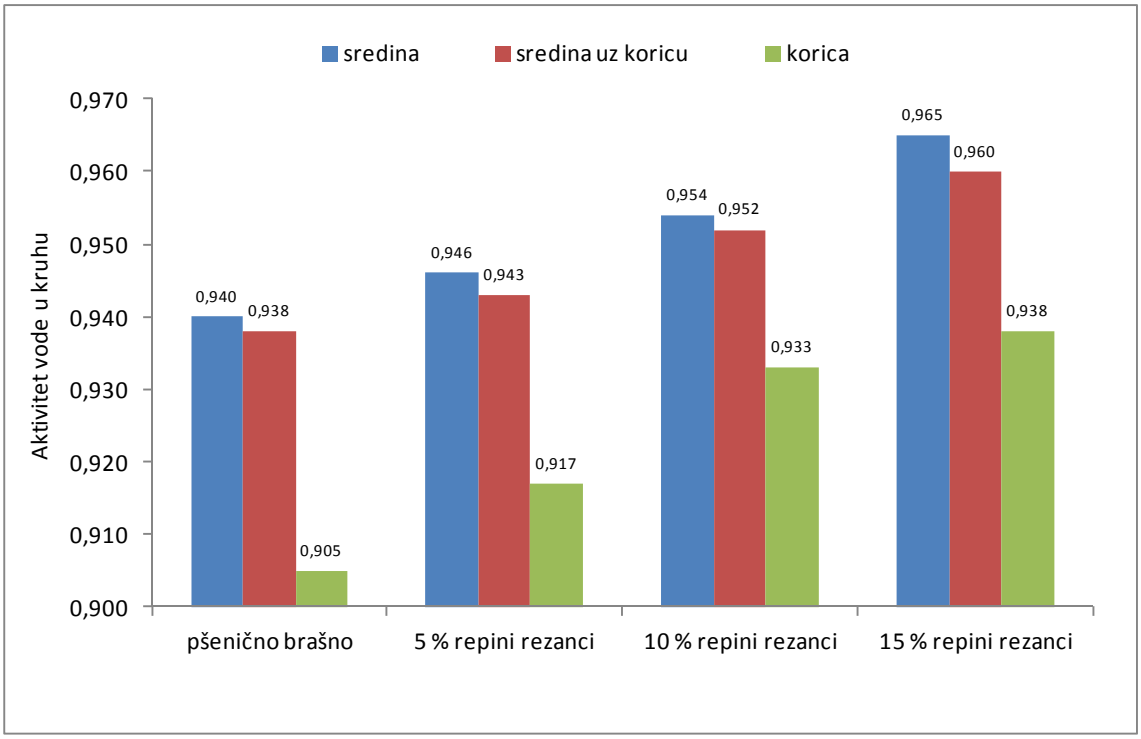


Slika 12. Utjecaj dodatka repinih rezanaca pšeničnom brašnu na povratni efekt. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

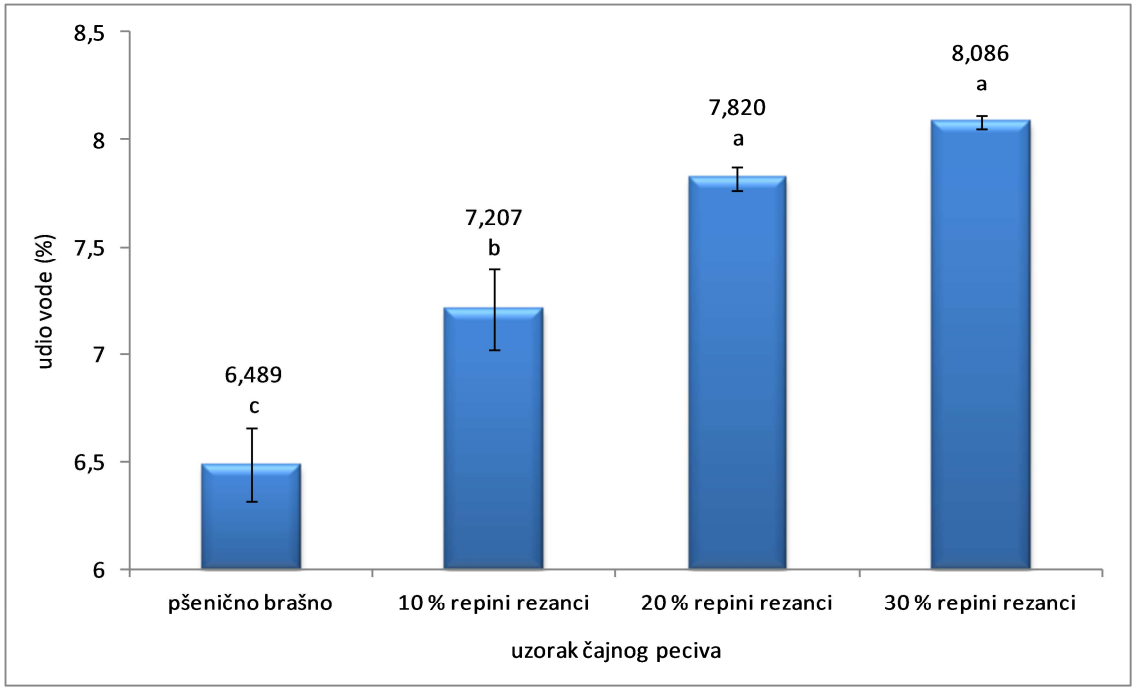
4.2. Rezultati određivanja udjela i aktiviteta vode u proizvodima na bazi brašna:



Slika 13. Udio vode u pojedinim zonama kruha od pšeničnog brašna te s 5, 10 i 15 % repinih rezanaca

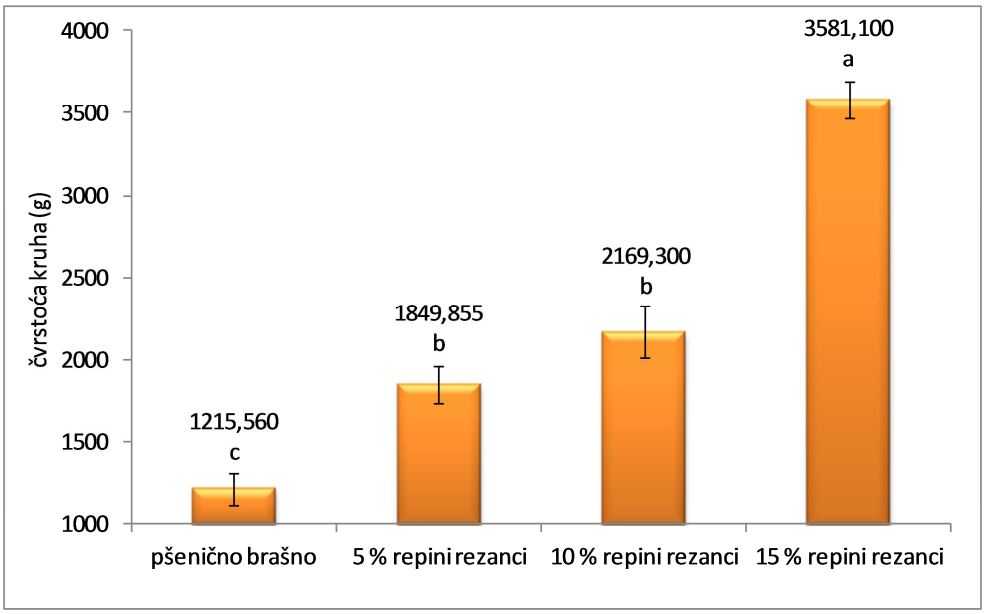


Slika 14. Vrijednosti aktiviteta vode po pojedinim zonama kruha od pšeničnog brašna te s 5, 10 i 15 % repinih rezanaca

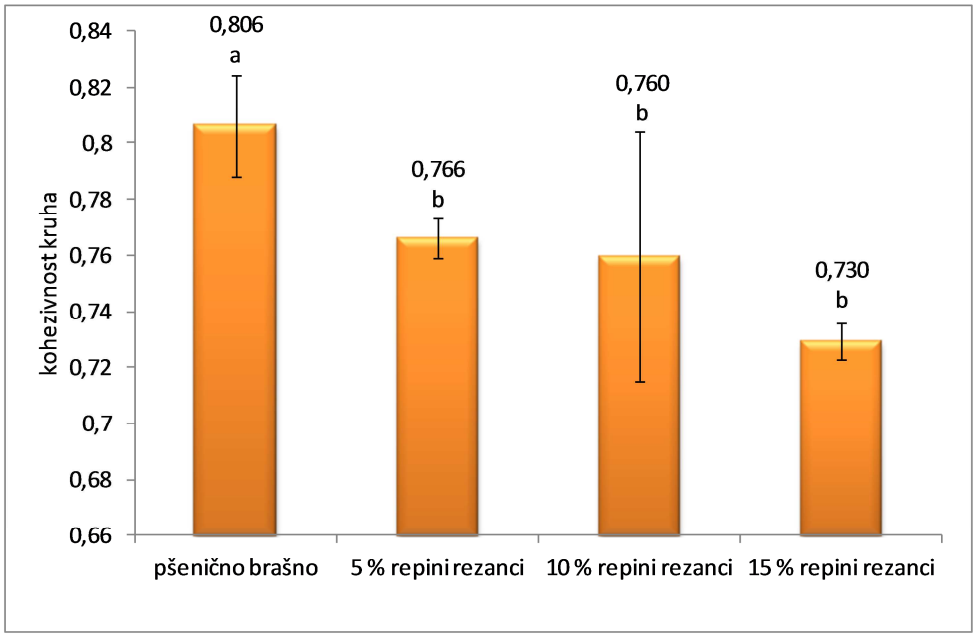


Slika 15. Udio vode u uzorcima čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p<0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

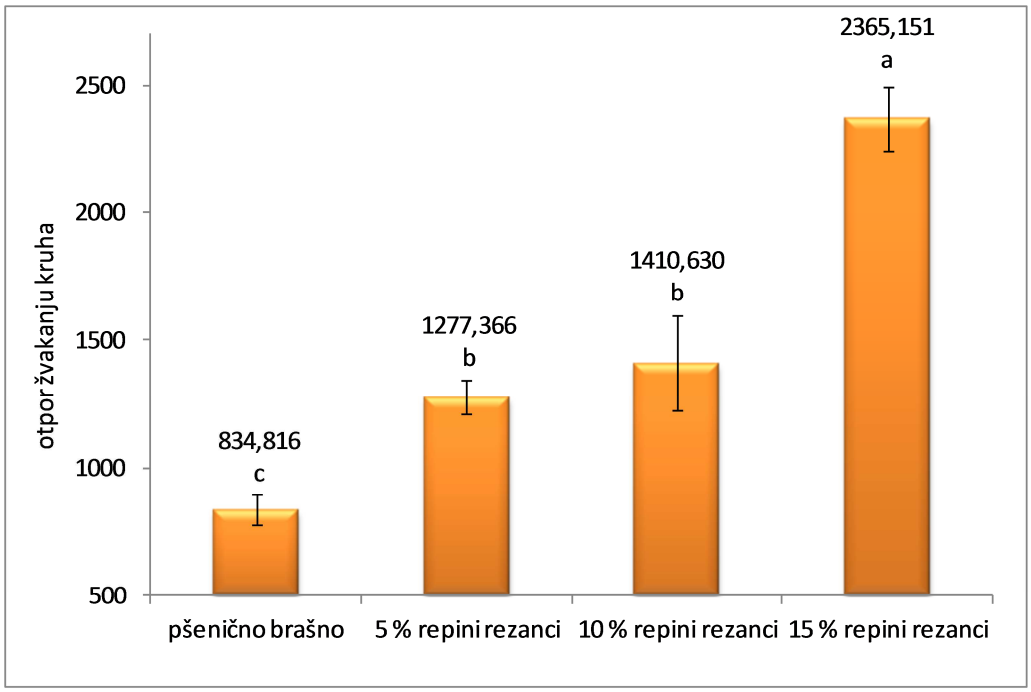
4.3. Rezultati određivanja teksture proizvoda na bazi brašna



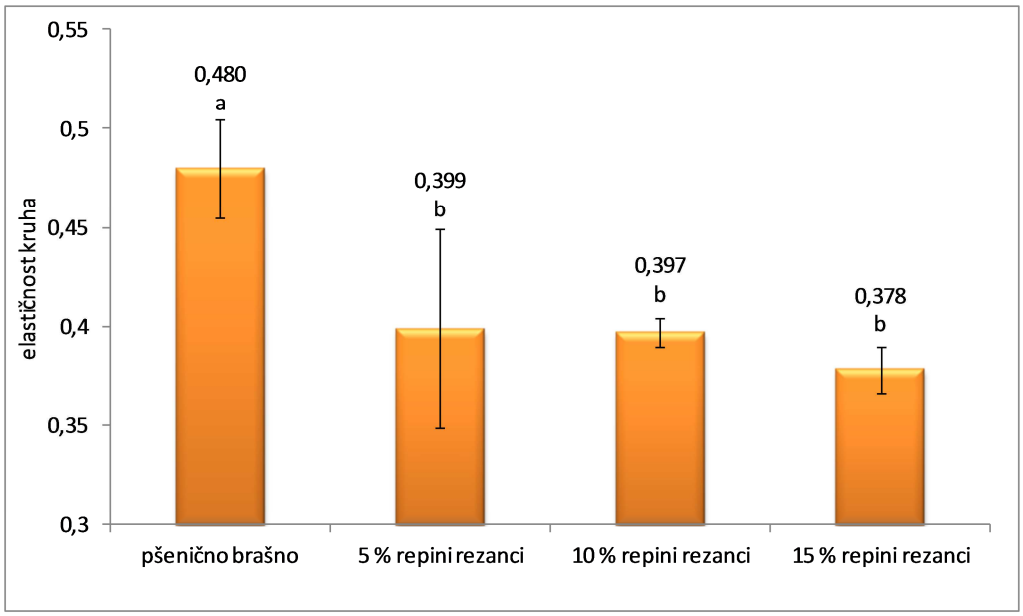
Slika 16. Čvrstoća kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



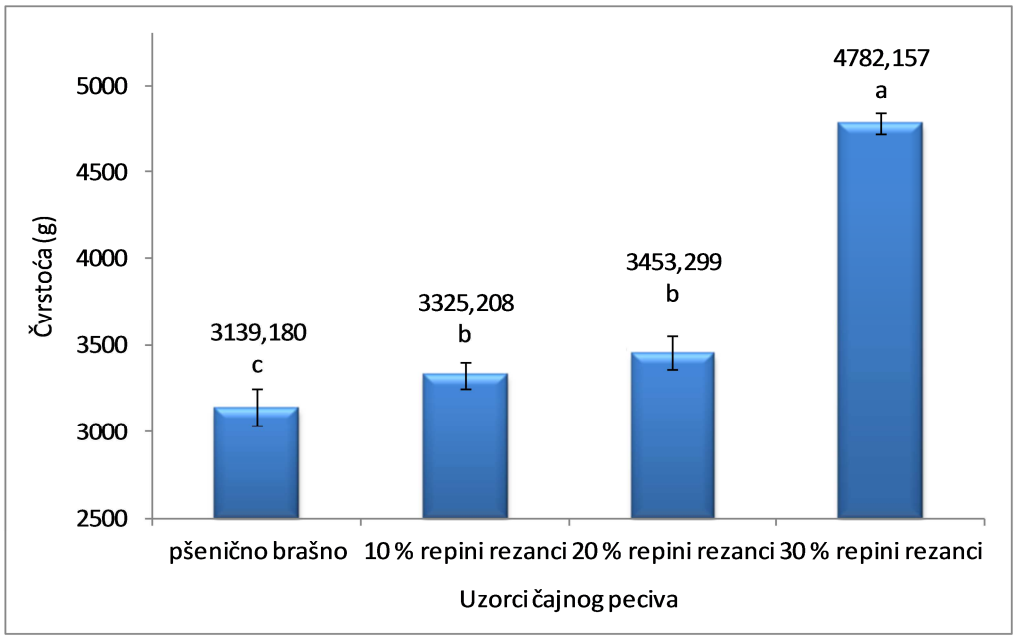
Slika 17. Kohezivnost kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



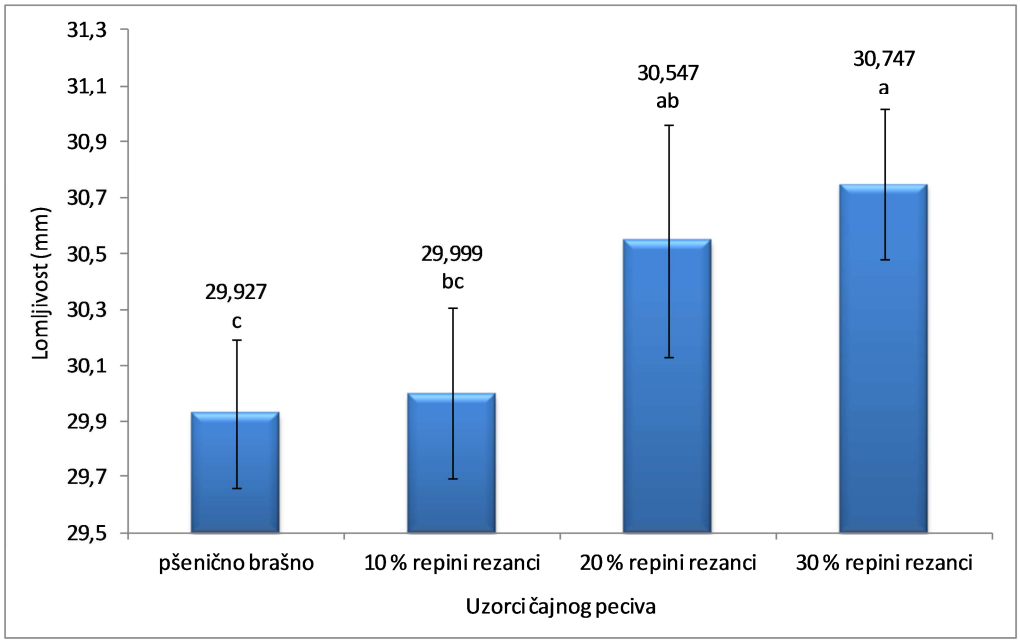
Slika 18. Otpor žvakanju kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 19. Elastičnost kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. 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

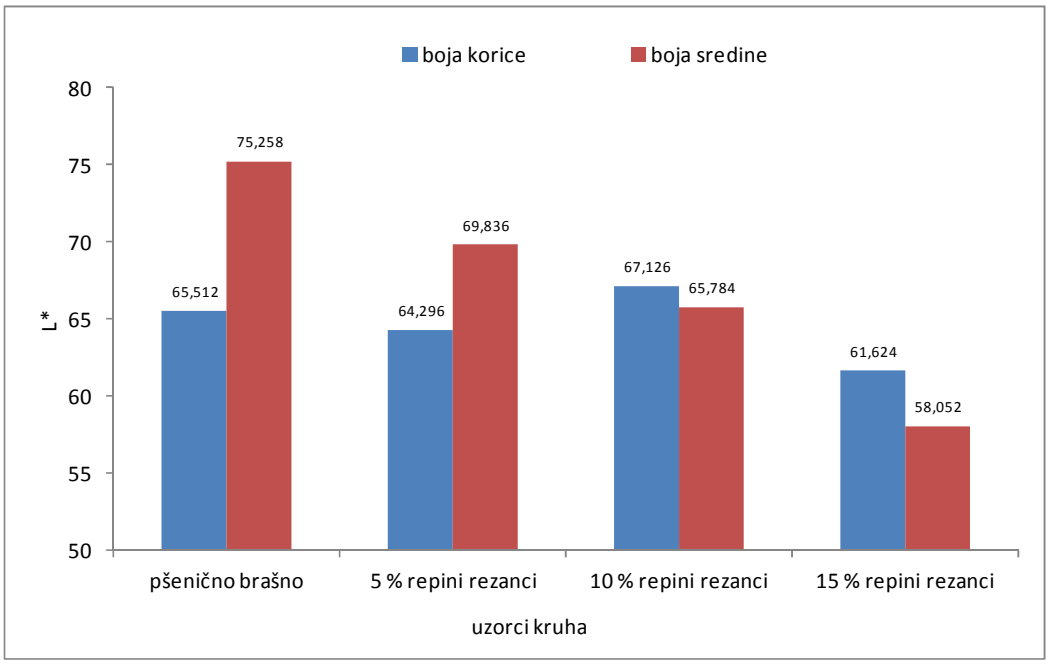


Slika 20. Čvrstoća uzoraka čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

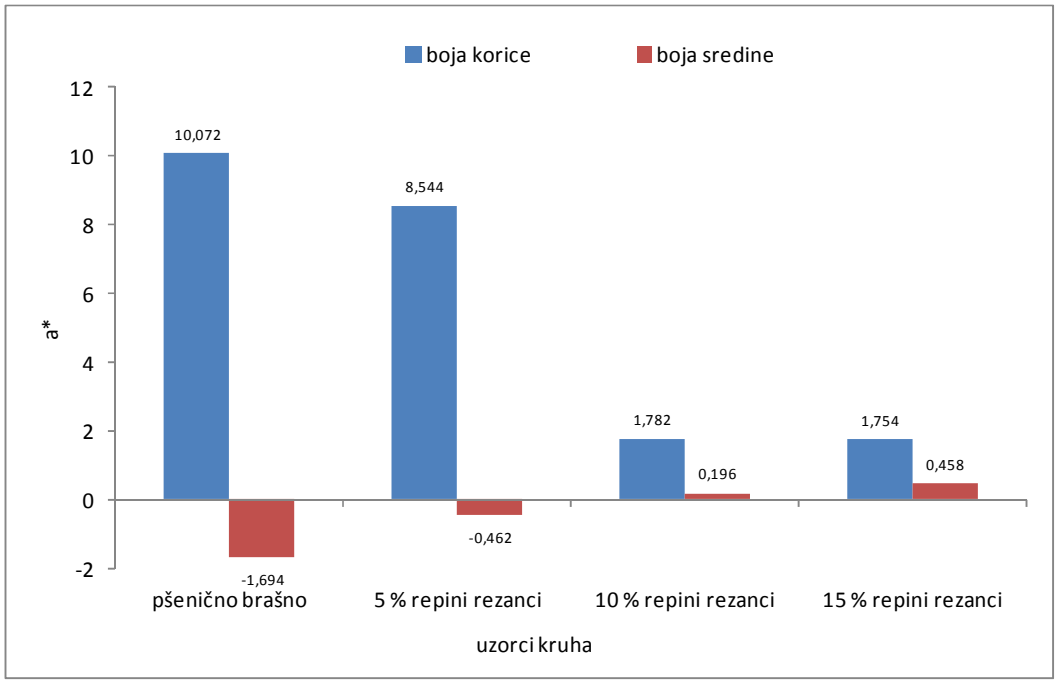


Slika 21. Lomljivost uzoraka čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

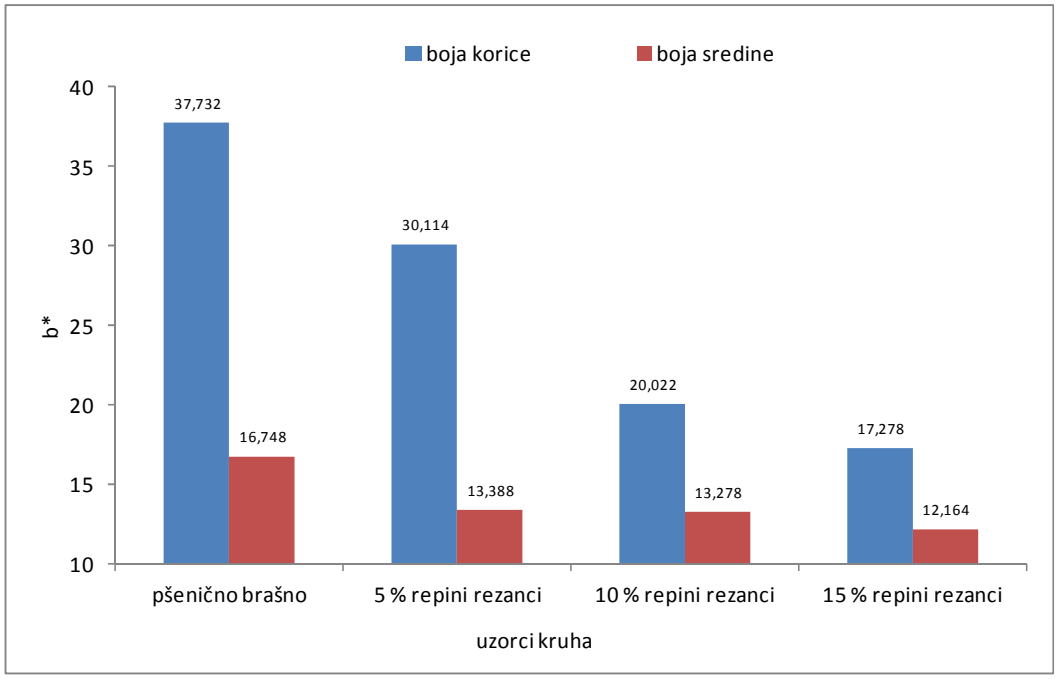
4.4. Rezultati određivanja boje proizvoda na bazi brašna



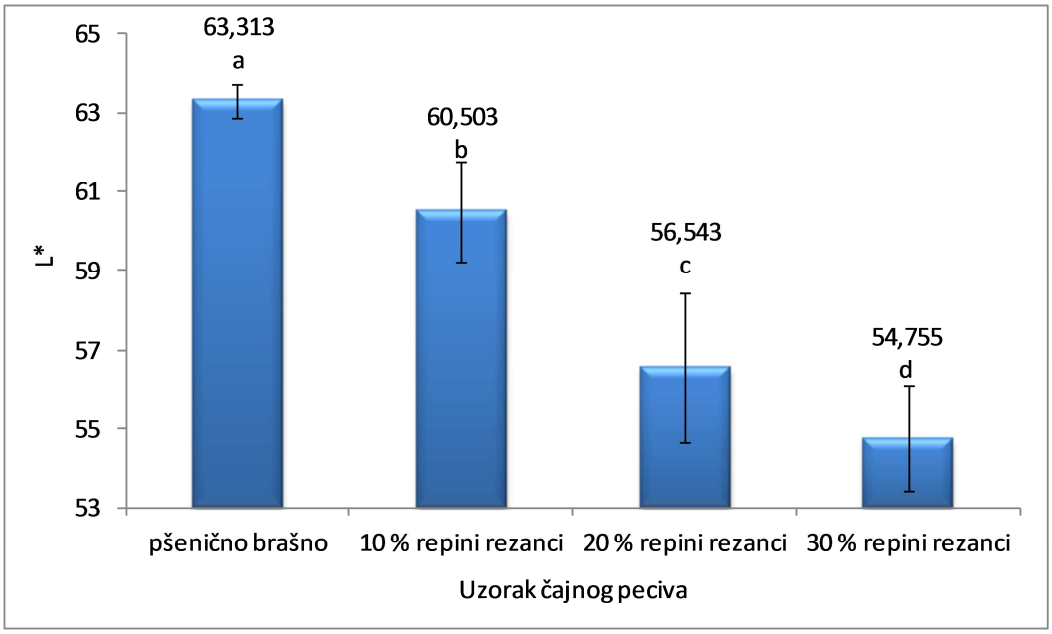
Slika 22. Utjecaj dodatka repinih rezanaca na L* vrijednost boje sredine i korice kruha



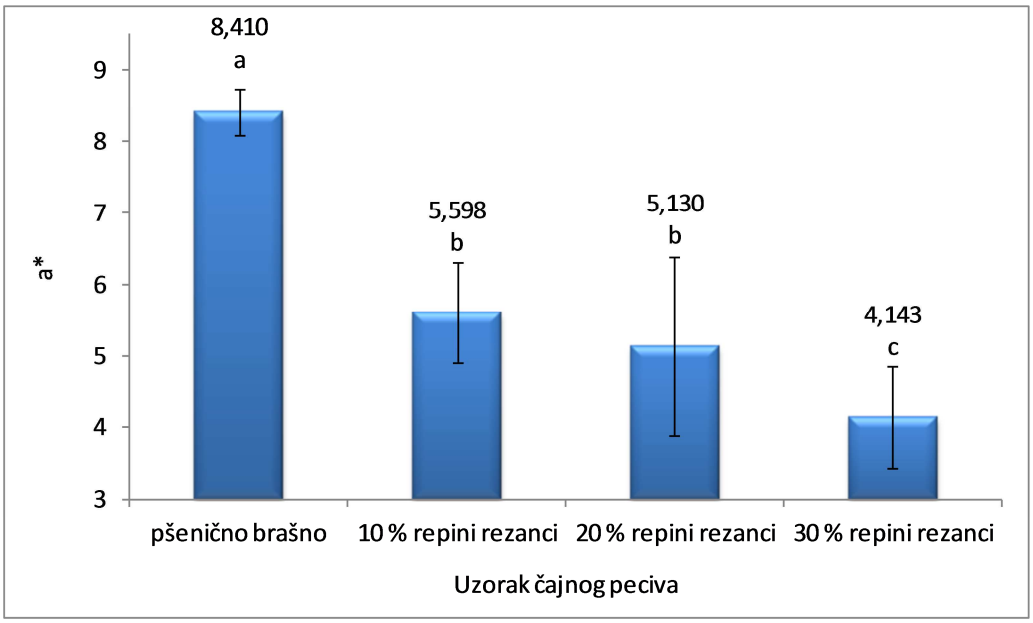
Slika 23. Utjecaj dodatka repinih rezanaca na a* vrijednost boje sredine i korice kruha



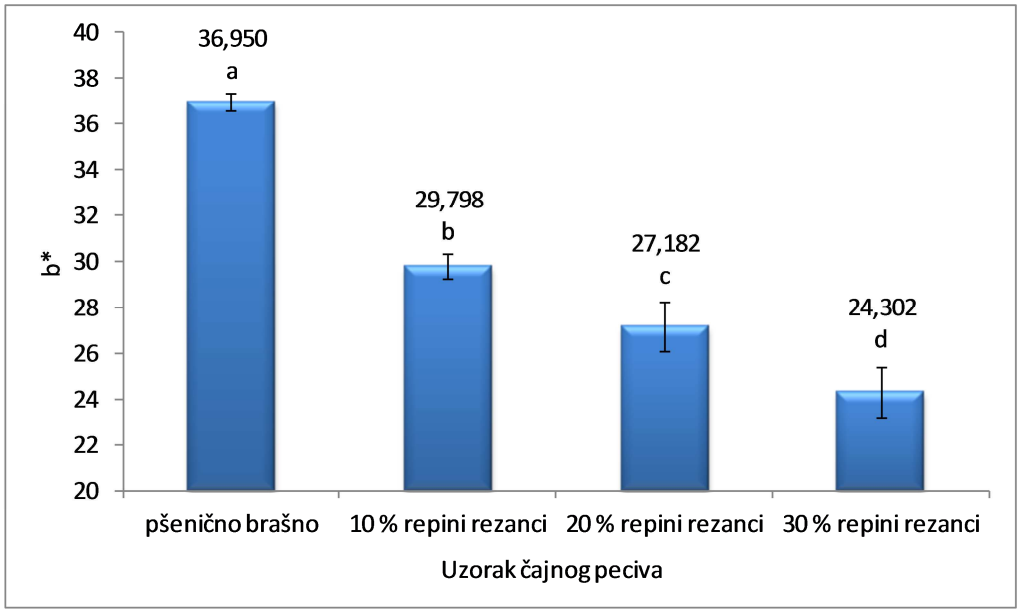
Slika 24. Utjecaj dodatka repinih rezanaca na b* vrijednost boje sredine i korice kruha



Slika 25. Utjecaj dodatka repinih rezanaca na L* vrijednost boje čajnog peciva. 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.

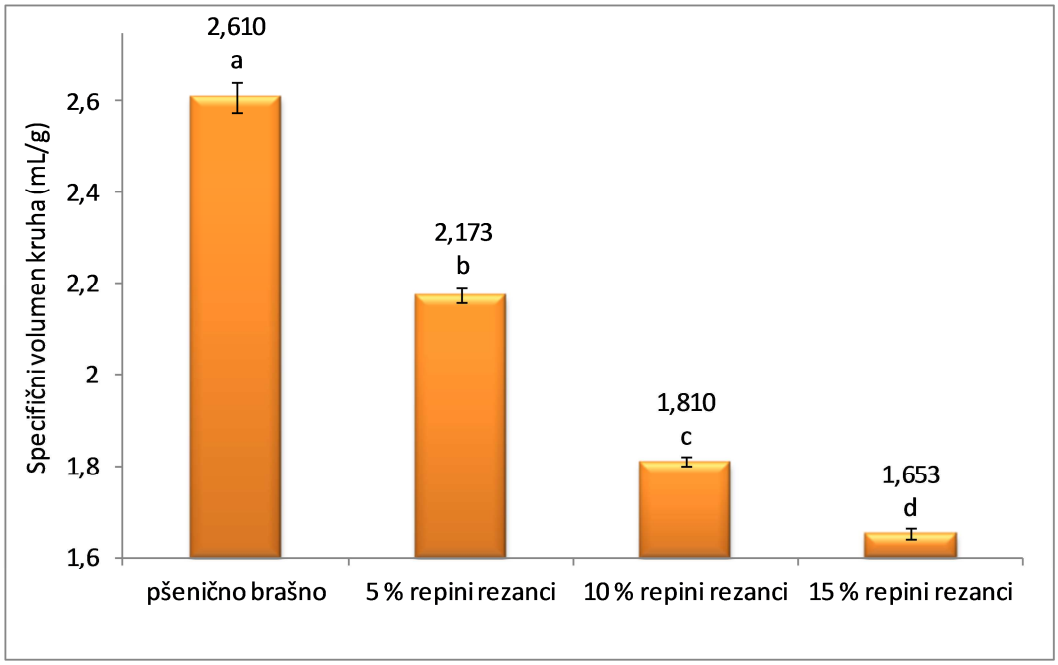


Slika 26. Utjecaj dodatka repinih rezanaca na a* vrijednost boje čajnog peciva. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



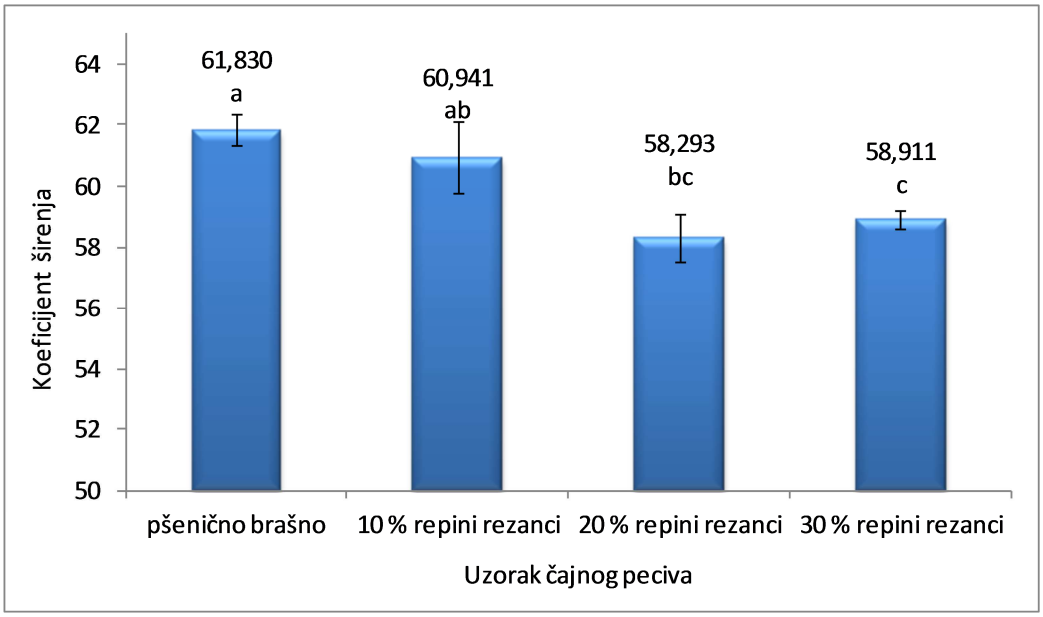
Slika 27. Utjecaj dodatka repinih rezanaca na b* vrijednost boje čajnog peciva. Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

4.5. Rezultati određivanja specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca



Slika 28. Specifični volumen kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. 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.

4.4. Rezultati određivanja koeficijenta širenja čajnog peciva



Slika 29. Koeficijent širenja čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom repinih rezanaca. 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.

4.5. Senzorsko ocjenjivanje proizvoda na bazi brašna

Tablica 8. Rezultati senzorske ocjene kruha s repinim rezancima:

Uzorak kruha s:	vanjski izgled	izgled sredine	miris	okus	ukupan dojam
pšeničnim brašnom	9,02 ± 0,41^{a}	9,48 ± 0,46^{a}	9,27 ± 0,20^{a}	9,25 ± 0,24^{a}	9,31 ± 0,22^{a}
5 % repinih rezanca	7,44 ± 0,16^{b}	7,92 ± 0,27^{b}	8,02 ± 0,47^{b}	7,17 ± 0,19^{b}	7,50 ± 0,18^{b}
10 % repinih rezanca	6,40 ± 0,20^{c}	8,13 ± 0,29^{b}	8,08 ± 0,19^{b}	5,94 ± 0,72^{c}	7,30 ± 0,18^{c}
15 % repinih rezanca	6,38 ± 0,13^{c}	8,06 ± 0,22^{b}	8,19 ± 0,28^{b}	4,48 ± 0,25^{d}	6,88 ± 0,25^{d}

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

Tablica 9. Rezultati senzorske ocjene prihvatljivosti čajnog peciva s repinim rezancima

Uzorak čajnog peciva s	boja	okus	tekstura	ukupan dojam
pšeničnim brašnom	3,50 ± 0,40^{a}	6,26 ± 0,24^{a}	8,50 ± 0,09^{a}	6,06 ± 0,24^{a}
10 % repinih rezanca	3,65 ± 0,20^{a}	5,10 ± 0,18^{b}	4,91 ± 0,18^{b}	4,70 ± 0,12^{b}
20 % repinih rezanca	3,65 ± 0,11^{a}	4,95 ± 0,14^{b}	4,72 ± 0,16^{c}	4,42 ± 0,13^{c}
30 % repinih rezanca	3,60 ± 0,10^{a}	4,71 ± 0,14^{c}	4,55 ± 0,15^{d}	4,31 ± 0,09^{c}

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

5. RASPRAVA

U ovom specijalističkom radu prikazani su rezultati reološke analize tijesta od pšeničnog brašna i tijesta u kojem je dio pšeničnog brašna zamijenjen određenim udjelom repinih rezanaca (5, 10 i 15 %). Prikazani su i rezultati kvalitativnih i senzorskih ispitivanja proizvoda na bazi brašna, kruha i čajnog peciva, bez i s dodatkom repinih rezanaca: udio i aktivitet vode, svojstva teksture, specifični volumen kruha kao i boja površine korice i sredine kruha, te faktor širenja i parametri boje čajnog peciva. Preliminarnim istraživanjima odredio se mogući raspon zamjene dijela pšeničnog brašna repinim rezancima, pa je tako kod uzoraka kruha provedena zamjena pšeničnog brašna repinim rezancima u udjelima 5, 10 i 15 %, a kod uzoraka čajnog peciva u udjelima 10, 20 i 30 %.

U tablicama 7, 8 i 9 su rezultati reoloških analize tijesta na farinografu i ekstenzografu, bez i s dodatkom repinih rezanaca. Zbog visokog udjela vlakana, povećanjem udjela repinih rezanaca u tijestu, očekivano, statistički značajno raste i moć upijanja vode, kao što je vidljivo iz podataka u tablici 5. Reološku analizu uzoraka tijesta s 20 % repinih rezanaca nije bilo moguće napraviti. Naime, kako povećanjem udjela repinih rezanaca, raste moć upijanja vode, raste i volumen tijesta koji premašuje volumen posude za miješanje farinografa, miješalica nije u mogućnosti ravnomjerno izmiješati tijesto te tijesto podiže poklopac posude za provođenje miješanja uređaja i rad farinografa se prekida. Stoga su provedena određivanja na farinografu i ekstenzografu samo s uzorcima tijesta s 0, 5, 10 i 15 % repinih rezanaca. Pored podataka za upijanje vode, iz tablice 5 vidljivo je kako dodatak repinih rezanaca statistički značajno povećava vrijednosti razvoja tijesta. Stupanj omekšanja tijesta s dodatkom repinih rezanaca u svim omjerima je „0“, kvalitetni broj 100 i kvalitetna grupa A1.

U tablicama 6 i 7 može se uočiti kako rastezljivost povećanjem udjela repinih rezanaca opada, ali je ta promjena statistički značajna tek pri dodatku 10 % i više repinih rezanaca. Izmjerene vrijednosti otpora tijesta nakon 5 minuta rastezanja, kao i maksimalnog otpora nakon odmaranja tijesta 45 i 90 minuta nisu pokazale statistički značajnu razliku između tijesta s pšeničnim brašnom i tijesta s različitim udjelima repinih rezanaca. Energija tijesta s dodatkom repinih rezanaca statistički značajno opada kako se povećava udio repinih rezanaca.

Rezultati mikroviskoamilografskih ispitivanja utjecaja zamjene pšeničnog brašna repinim rezancima u udjelima 0, 5, 10, 15, 20 i 30 % prikazani su slikama 9 – 12. Vidljivo je da dodatkom repinih rezanaca pšeničnom brašnu dolazi do opadanja maksimalne viskoznosti, a ta promjena je statistički značajna tek pri dodatku repinih rezanaca 10 i većem od 10 % (slika 9). Temperatura maksimuma dodatkom repinih rezanaca statistički značajno raste u odnosu na samo pšenično brašno, ali između različitih udjela repinih rezanaca nema statistički značajne razlike u vrijednostima temperature maksimuma (slika 10). Vrijednosti za

opadanje viskoznosti, kao i za povratni efekt statistički značajno padaju dodatkom repinih rezanaca u odnosu na pšenično brašno (slika 12).

Iz rezultata prikazanih na slici 13 vidljivo je da dolazi do povećanja udjela vode kod kruha s dodatkom repinih rezanaca i to u svim zonama kruha: sredini, sredini uz koricu i korici. Najveći udjel vode imao je kruh s najvećim dodatkom repinih rezanaca, 15 %, a najniže vrijednosti udjela vode imao je kruh bez dodatka repinih rezanaca. Rezultati su očekivani, obzirom na povećanje udjela vlakana u uzorku s većim postotkom repinih rezanaca i u skladu su s ispitivanjima moći upijanja vode provedenim na farinografu. Kod čajnog peciva (slika 15) rezultati su očekivano kao i kod kruha. Povećanjem udjela repinih rezanaca, statistički značajno raste i udjel vode u čajnom pecivu. Tako, najveći udjel vode imalo je čajno pecivo s 30 % repinih rezanaca, a najmanji, čajno pecivo bez dodatka repinih rezanaca.

Rezultati praćenja aktiviteta vode u kruhu prikazani su u tablici 14. i pokazuju da najmanji aktivitet vode ima kruh bez dodatka repinih rezanaca, a najveći kruh s 15% repinih rezanaca. Analizirajući podatke za aktivitet vode po pojedinim zonama kruha, najveći aktivitet ima sredina kruha, a najmanji korica kruha.

Tekstura je parametar koji značajno utječe na kvalitetu proizvoda na bazi brašna, pa tako i na kvalitetu pekarskih proizvoda, poput kruha, i keksarskih proizvoda, poput čajnog peciva.

Čvrstoća kruha od pšeničnog brašna i kruha s dodatkom repinih rezanaca prikazana je na slici 16. Porastom dodatka repinih rezanaca raste i čvrstoća kruha te najveću čvrstoću ima kruh s 15 % repinih rezanaca, a najmanju kruh bez dodatka repinih rezanaca. Rezultati izmjerenih vrijednosti kohezivnosti kruha sa i bez dodatka repinih rezanaca prikazani na slici 17, a pokazuju ststistički značajno manju kohezivnost između uzoraka s dodatkom različitih udjela repinih rezanaca i uzoraka s pšeničnim brašnom. Najveću kohezivnost pokazao uzorak kruha bez repinih rezanaca, a najmanju kruh s 15 % repinih rezanaca. Međutim, između različitih udjela repinih rezanaca nije bilo statistički značajne rezlike u vrijednostima kohezivnosti kruha.

Na slici 18 prikazane su vrijednosti otpora pri žvakanju kruha iz čega je vidljivo da statistički značajno najveći otpor ima kruh s dodatkom 15% repinih rezanaca, a najmanji standardni uzorak kruha od pšeničnog brašna. Uzorci s dodatkom 5 % i 10 % repinih rezanaca međusobno se nisu statistički značajno razlikovali u otporu žvakanju.

Iz rezultata elastičnosti prikazanih na slici 19, vidimo da standardni uzorci od pšeničnog brašna bez dodatka repinih rezanaca ima statistički značajno najveće vrijednosti elastičnosti. Vrijednosti elastičnosti između uzoraka kruha s 5, 10 i 15% repinih rezanaca nisu statistički značajno različite ($p<0.5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Teksturu čajnog peciva određuje sila koja je potrebna za lomljenje čajnog peciva. Ispitivanjem pomoću analizatora teksture dobiju se vrijednosti za čvrstoću (g) i lomljivost (mm), a lomljivost predstavlja udaljenost koju sonda prolazi od trenutka dodira čajnog peciva do trenutka pucanja uzorka čajnog peciva.

Na slici 20 prikazana je promjena čvrstoće čajnog peciva dodatkom repinih rezanaca. Čvrstoća čajnog peciva se statistički značajno povećava u odnosu na uzorke čajnog peciva s pšeničnim brašnom. Uzorci čajnog peciva s većom čvrstoćom pokazuju težu lomljivost. Tako je uzorak s 30% repinih rezanaca pokazao statistički značajno veće vrijednosti lomljivosti kako u odnosu na čajno pecivo od pšeničnog brašna, tako i u odnosu na čajno pecivo s 10 % repinih rezanaca, što je prikazano na slici 21.

Vrijednosti svjetline L* boje sredine i korice kruha nalaze seprikazani su na slici 22. Najveću vrijednost svjetline (najsvjetliji uzorak) zabilježen je kod standardnog uzorka kruha bez dodatka repinih rezanaca, a najmanju vrijednost svjetilne (najtamniji uzorak) uzorak s dodatkom 15 % repinih rezanaca. Isti trend vrijedi i za parametar boje kruha b* (slika 24). Povećanjem udjela repinih rezanaca u kruhu smanjuje se b* vrijednost boje sredine i korice kruha (smanjuje se udio žute boje). Vrijednosti parametra a* prikazane su na slici 23. Porastom dodatka repinih rezanaca, prema vrijednostima parametra boje a*, u korici kruha se udio zelene boje povećava.

Slika 25 prikazuje statistički obrađene podatke za L* parametar boje na površini čajnog peciva. Vrijednosti L* pokazuju koliko je uzorak svijetao, odnosno taman, a kreću se u rasponu od 0 (crno) do 100 (bijelo). Rezultati analize pokazuju da se L* vrijednosti dodatkom repinih rezanaca statistički značajno smanjuju, odnosno da dodatak repinih rezanaca statistički značajno potamnjuje čajno pecivo. Isti trend smanjenja vidljiv je na slici 27 za parametar boje b*. Parametar b* predstavlja udio plave (negativne vrijednosti), odnosno žute boje (pozitivne vrijednosti). Rezultati analize pokazuju da se udio žute boje (b*) smanjuje povećanjem udjela repinih rezanaca, isto kao i kod kruha. Vrijednosti parametra boje a* određene mjerenjem boje na površini čajnog peciva. prikazana je na slici 26. Parametar a* predstavlja udio zelene boje (negativna vrijednost), odnosno crvene boje (pozitivna vrijednost) u ispitivanom uzorku. Rezultati mjerenja boje dobiveni za vrijednost a* vidljivo je da se udio zelene boje statistički značajno povećava s povećanjem udjela repinih rezanaca.

Iz rezultata određivanja specifičnog volumena kruha prikazanog na slici 28 vidljivo je da najveći specifični volumen pokazuje standardni uzorak kruha od pšeničnog brašna (2,61 mL/g), a najmanji uzorak s dodatkom 15 % repinih rezanaca (1,653 mL/g). Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ($p<0,5$) vidljivo je da postoji statistički

značajna razlika između standardnog uzorka i uzorka s dodacima repinih rezanaca kao i između uzoraka s različitim udjelima repinih rezanaca.

Tijekom procesa pečenja čajnog peciva dolazi do pojave širenja (engl. *spread*) i to je značajna kvalitativna pojava kod čajnog peciva proizvoda. Kod čajnog peciva teži se k povećanju promjera čajnog peciva proizvoda i što manjeg povećanja visine, tj. teži se k tome da koeficijent širenja ima što veće vrijednosti. Na slici 29. prikazan je utjecaj dodatka različitih udjela repinih rezanaca na koeficijent širenja čajnog peciva. Iz slike je vidljivo kako se koeficijent širenja smanjuje s povećanjem udjela repinih rezanaca, a ta promjena u odnosu na čajno pecivo od pšeničnog brašna je statistički značajna tek kada je udio repinih rezanaca kojim se mijenja pšenično brašno u čajnom pecivu veći od 20 %.

U tablici 8 prikazani su rezultati senzorske ocjene kruha s dodatkom repinih rezanaca. Najveću ocjenu za vanjski izgled, izgled sredine, miris, okus i ukupni dojam dobio je standardni kruh. Senzorske ocjene kruha su u pravilu statistički značajno opadale s porastom udjela repinih rezanaca. Rezultati senzorskog ocjenjivanja čajnog peciva s repinim rezancima prikazani su u tablici 9. Kod senzorske ocjene boje čajnog peciva s i bez dodatka repinih rezanaca, nema statistički značajne razlike. Čak je senzorska ocjena boje standardnog uzorka niža od ocjena boje uzoraka s dodatkom repinih rezanaca. Pretpostavlja se kako je razlog toga trend u prehrani kojim se preferiraju proizvodi od cjelovitih žitarica, a uzorci čajnog peciva s repinim rezancima po svom vanjskom izgledu ostavljaju takav dojam. Kod ostalih parametara ocjenjivanja okus, teksture i ukupnog dojma postoji statistički značajna razlika između čajnog peciva sa i bez dodatka repinih rezanaca. Čajno pecivo bez dodatka repinih rezanaca dobilo je najveću ocjenu kod ocjenjivanja okusa, teksture i ukupnog dojma koji takav proizvod ostavlja na potencijalnog potrošača.

6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja i analize parametara ispitivanih uzoraka standardnog kruha od pšeničnog brašna i kruha sa zamjenom brašna repinim rezancima u udjelima od 5, 10 i 15 % kao i čajnog peciva bez i s dodatkom repinih rezanaca u postotku od 10, 20 i 30 %, te obavljenih reoloških analiza pšeničnog brašna bez i s repinim rezancima, doneseni su slijedeći zaključci:

Farinografska i ekstenzografska ispitivanjem pšeničnog brašna i smjese pšeničnog brašna s repinim rezanacima u postocima od 5, 10 i 15 % pokazala su kako povećanjem udjela repinih rezanaca raste moć upijanja vode, vrijednosti razvoja tijesta i kvalitetni broj, pa tijesto s dodatkom repinih rezanaca ima kvalitetni broj 100 (kvalitetna grupa A1) za razliku od tijesta bez dodatka repinih rezanaca koje je B1 kvalitetne grupe. Rastezljivost i energija tijesta s dodatkom repinih rezanaca u svim omjerima je manja u odnosu na tijesto bez dodatka repinih rezanaca.

Dodatkom repinih rezanaca pšeničnom brašnu dolazi do opadanja maksimalne viskoznosti.

Udio i aktivitet vode u kruhu raste s porastom udjela repinih rezanaca u kruhu. Također, porastom udjela repinih rezanaca raste udio vode kod uzoraka čajnog peciva.

Kruh s dodatkom 15 % repinih rezanaca imao je najveću čvrstoću i otpor žvakanju te najmanju kohezivnost i elastičnost u odnosu na ostale ispitivane uzorke. Čajno pecivo s najvećim postotkom dodatka repinih rezanaca od 30 % imao je najveću čvrstoću i lomljivost.

Svjetlina proizvoda na bazi brašna (parametar boje L*), udio crvene boje u korici kruha i čajnom pecivu (parametar boje a*) te udio žute boje u kruhu i čajnom pecivu (parametar boje b*) opada s povećanjem udjela repinih rezanaca.

Specifični volumen kruha kao i faktor širenja čajnog peciva s dodatkom repinih rezanaca pada.

Senzorska ocjena proizvoda na bazi brašna pokazala je da kod svih ocjenjivanih parametara (vanjski izgled, izgled sredine, miris, okus i ukupni dojam kruha te okus tekstura i ukupni dojam čajnog peciva), osim senzorske ocjene boje čajnog peciva, statistički su značajno bolje ocjenjeni standardni uzorci od pšeničnog brašna bez dodatka repinih rezanaca.

7. LITERATURA

AACC 10-50D, Baking Quality of Cookie Flour, Approved Methods of the Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, MN, 2000a.

AACC Method 44-15A, Moisture-Air-Oven Methods. Approved methods of American Association of Cereal Chemists International. St. Paul, MN; American Association of Cereal Chemists Inc., 2000b.

Arendt, E.K., Zannini, E. Cerealgrains for the food and beverage industries, Wood head Publishing Limited, Cambridge, UK, 2013.

Asp, N. G. Definition and analysis of dietary fibre in the context of food carbohydrates. u J. M. van der Kamp, N. G. Asp, J. Miller, & G. Schaafsma (Eds.), Dietary fibre: Bioactive carbohydrates for food and feed, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, pp. 21-26, 2004.

Baiano, A., Viggiani, I., Terracone, C., Romaniello, R., Del Nobile, M. A.. Phenolic content, physical and sensory properties of breads made with different types of barley wort. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (13), 2736–2741, 2015.

Chevallier, S., Della Valle, G., Colonna, P., Broyart, B. and Trystram, G. Structural and chemical modifications of short dough during baking. *Journal of Cereal Science* 35: 1-10., 2002.

Cornell, H. J. i Hoveling, A. W. Wheat: Chemistry and Utilization. Technomic Publishing Company, Lancaster, 1998.

Cauvain, S. P. i Young, L. S. Bakery food manufacture and quality: water control and effects, Wiley-Blackwell, 2008.

Cauvain, S. P. i Young, L. S. Technology of breadmaking. Blackie Academic and Professional, UK, 1998.

Đaković, Lj. Pšenično brašno, Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.

Gavrilović, M. Tehnologija konditorskih proizvoda. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2013

Gullón, B., Falaqué, E., Alonso, J.L., Parajó, J.C. Evaluation of apple pomace as a raw material for alternative applications in food industries. *Food Technology and Biotechnology*, 45 (4), 426–433, 2007.

Hoseney, R.C: Principles of cereal scince and tehnology, AACC, Inc. St. Paul Minesota, USA, 1994.

Jalili, T. Wildman, R. E. C., Medeiros, D. M. Dietary Fiber and Xoronary Heart Disease u: "Nutraceuticals and Functional Foods". R.E.C. Wildman (ur), CRC press, USA. 2001.

Jozinović, A, Šubarić, D., Ačkar, Đ., Miličević, B., Babić, J., Jašić, M., Valek Lendić, K: Food industry by-products as raw materials in functional food production. *Hrana u zdravlju i bolesti, znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 3, 22-30, 2014.

Koehler, P., Wieser, H.: Chemistry of Cereal Grains. u: Hand book of Sourdough Biotechnology, Gobbetti, M., Gänzle, M. (ur.), Springer, New York, 2013.

Manley, D. Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry, Woodhead publishing Limited, 2000.

Mata, Y. N.; Blázquez, M. L.; Ballester, A.; González, F.; Muñoz, J. A. Sugar-beet pulp pectin gels as biosorbent for heavy metals: Preparation and determination of biosorption and desorption characteristics. *Chemical Engineering Journal*, 150 (2/3), 289-301, 2009.

Meuser, F. Technological aspects of dietary fibre. u: Advanced Dietary Fibre Technology. B. V. McCleary i L. Prosky, (ur.) Blackwell Science: Oxford, UK, 259-266, 2001.

MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini i proizvodima od tijesta, NN br. 78/2005.

MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju, NN br. 125/13, 141/13 i 123/15.

O'Shea, N., Arendt, E.K., Gallagher, E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 1–10, 2012.

Pomeranz, Y. Wheat chemistry and technology, vol. 1 i 2, American Association of cereal Chemists, St. Paul, MN, 1998.

Rajiv, J., Lobo, S., Lakshmi, A. J., Rao, G. V. Influence of green gram flour (Phaseolus aureus) on the rheology, microstructure and quality of cookies. *Journal of Texture Studies* 43 (5) 350–360, 2012

Rouilly, A., Geneau-Sbarta□, C., Rigal, L. Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. III .Study of extruded films improvement with various plasticizers and cross-linkers. *Bioresource Technology*, 100, 3076-3081, 2009.

Schieber, A., Stintzing, F.C., Carle, R. By-products of plant food processing as a source of funtional compounds – Recent developments. *Trends in Food Science &Technology*, 12 (11), 401–413, 2001.

Sharma, P., Velu, V., Singh, R. P. Effect of dried guduchi (*Tinospora cordifolia*) leaf powder on rheological, organoleptic and nutritional characteristics of cookies. *Food Research International* 50 (2), 704-709, 2013

Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*; 5, 1417-1435, 2013.

Šereš, Z., Gyura, J., Filipović, N, Šoronja Simović D. Application of decolorization of sugar beet pulp in bread production. *European Food Research and Technology*, 221 (1) 54-60, 2005

Whitworth, M. B., and Alava, J. M. The imaging and measurements of bubbles in bread doughs. in: Bubbles in Food. G. M. Campbell, C. Webb, i S. S. Pandiella (ur.), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 221-231, 1999.

http://www.secerana.com/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=50, (25. 6. 2016.)

www.brabender.com (23. 5. 2016.)

www.stablemicrosystems.com (26. 5. 2016.)

Yağcı, S., Göğüş, F. Effect of incorporation of various food by-products on some nutritional properties of rice-based extruded foods. *Food Science and Technology International*, 15, 571-581, 2010.

Yamsaengsung, R., Berghofer, E., Schoenlechner, R. Physical properties andsensoryacceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckweat flour. *Food Science and Technology International*, 47, 2221-2227, 2012.

Yapo, B.M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B., Paquot, M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extract. *Food Chemistry*, 100 (4), 1356–1364, 2007.

Zheng, Y., Lee, C., Cheng, Y.S., Zhang, R., Jenkins, B.M., van der Gheynst, J.S. Dilute acid pretreatment and fermentation of sugar beet pulp to ethanol. *Applied Energy*, 105, 1–7, 2013.