

Utjecaj dodatka pivskog tropa na kvalitetu kruha i čajnog peciva kao funkcionalnih proizvoda

Penava, Tihomir

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:109:285971>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



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

Tihomir Penava

**UTJECAJ DODATKA PIVSKOG TROPA NA KVALITETU KRUHA I ČAJNOG
PECIVA KAO FUNKCIONALNIH PROIZVODA**

SPECIJALISTIČKI RAD

Osijek, rujan 2016.

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

Poslijediplomski specijalistički studij – Sigurnost i kvaliteta hrane**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija**Nastavni predmet:** Dostignuća u tehnologiji namirnica biljnog podrijetla s elementima HACCP-a II**Tema rada** je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek koja je održana 31. svibnja 2016.**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić**Utjecaj dodatka pivskog tropa na kvalitetu kruha i čajnog peciva kao funkcionalnih proizvoda***Tihomir Penava, 38/S***Sažetak:**

Prehrambena industrija prilagođava se prehrambenim navikama i potrebama potrošača proizvodnjom prehrambenih proizvoda s dodanom vrijednošću, odnosno funkcionalnih proizvoda. Za potrebe ovog istraživanja kao dodatak za obogaćivanje kruha i čajnog peciva u vidu dobivanja funkcionalnog proizvoda koristio se pivski trop koji je bogat vlaknima i mineralima. Svaki zamjes razlikovao se prema dodanoj količini pivskog tropa koji se dodavao umjesto pšeničnog brašna u udjelima 5, 10 i 15 % za kruh odnosno 10, 20 i 30 % za čajna peciva. Kako bi se ispitaio utjecaj pivskog tropa na kvalitetu navedenih proizvoda provedene su slijedeće analize: svojstva teksture, specifični volumen, udio i aktivitet vode i promjena boje. Iz dobivenih rezultat može se zaključiti da dodatak pivskog tropa uzrokuje povećanje udjela vode kruha i čajnog peciva. Čvrstoća i otpor prema žvakanju kruha dodatkom pivskog tropa se povećavaju, a kod čajnog peciva povećava se čvrstoća i lomljivost čajnog peciva. Dodatkom pivskog tropa došlo je do tamnjenja kruha odnosno čajnog peciva.

Ključne riječi: Kruh, čajno pecivo, pivski trop, kvaliteta pekarskih i keksarskih proizvoda**Rad sadrži:** 71 stranica
32 slika
12 tablica
76 literaturnih referenci**Jezik izvornika:** hrvatski**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranuspecijalističkog rada:**

- | | |
|--|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Marko Jukić</i> | predsjednik |
| 2. izv. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> | član-mentor |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Jurislav Babić</i> | član |
| 4. doc. dr. sc. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> | 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 Technologies
Subdepartment of Cereal Technology
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Postgraduate specialist study Food safety and quality

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Attainments in processing of vegetable origin raw materials including HACCP elements II

Thesis subject was approved by the Faculty Council of Faculty of Food Technology Osijek at its session no. VIII held on May 31, 2016.

Mentor: associate prof. Daliborka Koceva Komlenić

Thesis title Influence of brewer's spent grain supplement on the quality of bread and cookies as functional products
Tihomir Penava, 38/S

Summary:

A food industry adapts to the eating habits and needs of the consumers by producing food with added value, which is known as functional product. For the purposes of this study, the brewer's spent grain, the material rich in fibre and minerals is used as a supplement for the enrichment of bread and cookies in the form of obtaining a functional product. Each mixture differed in the amount of brewer's spent grains that are added instead of wheat flour in the proportions of 5, 10 and 15% for the bread, and 10, 20 and 30% for cookies. In order to examine the impact of brewer's spent grains on the quality of those products, following analysis were carried out: characteristics of texture, specific volume, content and water activity, and colour change. As a result, it can be concluded that the addition of brewer's spent grains causes an increase in water content of the bread and cookies. The bread strength and its chewing resistance, so as the cookies strength and their fragility increases by adding brewer's spent grains. To conclude, the addition of brewer's spent grains resulted in both bread and cookies becoming darkness in colour.

Key words: Bread, cookies, brewery spent grain, quality of bakery and cookie products

Thesis contains: 71 pages
32 figures
12 tables
76 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Marko Jukić</i> , PhD, associate prof. | chair person |
| 2. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, associate prof. | supervisor |
| 3. <i>Jurislav Babić</i> , PhD, associate prof. | member |
| 4. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> , PhD, assistant 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,
Franje Kuhača 20, Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	
2.1. KRUH.....	2
2.2. ČAJNO PECIVO.....	3
2.3. FUNKCIONALNA HRANA	4
2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA I ČAJNOG PECIVA.....	4
2.4.1. Pšenično brašno.....	5
2.4.2. Voda.....	8
2.4.3. Sol	9
2.4.4. Pekarski kvasac.....	9
2.4.5. Šećer	9
2.4.6. Masnoće.....	10
2.4.7. Nusproizvodi prehrambene industrije	11
2.4.8. Pivski trop	12
2.5. TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE KRUHA	14
2.5.1. Priprema sirovina.....	15
2.5.2. Mijesenje tijesta.....	16
2.5.3. Fermentacija prije dijeljenja tijesta.....	17
2.5.4. Dijeljenje tijesta.....	18
2.5.5. Okruglo oblikovanje tijesta.....	18
2.5.6. Međuodmaranje.....	19
2.5.7. Završno oblikovanje tijesta	19
2.5.8. Završna fermentacija tijesta	20
2.5.9. Pečenje	21

2.6.	TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE ČAJNOG PECIVA	24
2.6.1.	Priprema sirovina	24
2.6.2.	Odvaga i dodavanje po recepturi.....	25
2.6.3.	Zamjes tijesta	25
2.6.4.	Oblikovanje.....	26
2.6.5.	Pečenje	26
2.6.6.	Hlađenje	27
2.6.7.	Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda	28
3.	EKSPERIMENTALNI DIO	
3.1.	ZADATAK	29
3.2.	MATERIJALI	29
3.2.1.	Sirovine za proizvodnju kruha.....	29
3.2.2.	Sirovine za proizvodnju čajnog peciva.....	29
3.3.	METODE.....	30
3.3.1.	Priprema uzoraka kruha i čajnog peciva	30
3.3.2.	Određivanje udjela vode u kruhu i čajnom pecivu.....	31
3.3.3.	Određivanje aktiviteta vode.....	31
3.3.4.	Određivanje volumena kruha	32
3.3.5.	Određivanje teksture.....	32
3.3.6.	Određivanje boje	34
3.3.7.	Određivanje sadržaja vitamina C i vitamina B-kompleksa u hrani metodom tekućinske kromatografije/tandemskom spektrometrijom masa (LC-MS/MS)	35
3.3.8.	Određivanje fosfora	36
3.3.9.	Određivanje mikroelemenata plamenom tehnikom (Na,Ca, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Cr) ...	36
3.3.10.	Određivanje mikroelemenata grafitnom tehnikom (Mn, Se, Mo).....	37

3.3.11.	Određivanje proteina	38
3.3.12.	Određivanje masti	39
3.3.13.	Određivanje količine sirovih vlakana	39
3.3.14.	Određivanje količine ADF vlakana	40
3.3.15.	Određivanje NDF vlakana.....	41
3.3.16.	Određivanje pepela	41
3.3.17.	Određivanje vlage brašna i pivskog tropa	42
3.3.18.	Određivanje škroba	42
3.3.19.	Određivanje šećera.....	43
3.3.20.	Određivanje ukupnih šećera	45
3.3.21.	Određivanje hlapivih kiselina	45
3.3.22.	Određivanje masnih kiselina.....	46
3.3.23.	Izračun ugljikohidrata i energija	46
3.3.24.	Senzorska ocjena kruha i čajnog peciva	47
3.3.25.	Statistička obrada podataka.....	47
4.	REZULTATI I RASPRAVA	
4.1.	KEMIJSKI SASTAV PŠENIČNOG BRAŠNA I PIVSKOG TROPA	48
4.2.	UTJECAJ PIVSKOG TROPA NA KVALITETU KRUHA.....	50
4.2.1.	Udio i aktivitet vode.....	50
4.2.2.	Specifični volumen kruha	51
4.2.3.	Parametri teksture kruha	52
4.2.4.	Određivanje boje kruha.....	55
4.3.	UTJECAJ PIVSKOG TROPA NA KVALITETU ČAJNOG PECIVA.....	57
4.3.1.	Udio vode čajnog peciva	57
4.3.2.	Koeficijent širenja čajnog peciva	58

4.3.3.	Parametri teksture čajnog peciva	59
4.3.4.	Određivanje boje čajnog peciva	60
4.4.	SENZORSKA OCJENA KRUHA I ČAJNOG PECIVA	63
5.	ZAKLJUČCI	65
6.	LITERATURA	66

1. UVOD

Senzorska i nutritivna svojstva te zdravstvena ispravnost predstavljaju limitirajući faktor kvalitete pekarskih i keksarskih proizvoda. Na kvalitetu kruha i čajnih peciva utječe kvaliteta sirovina, postupak proizvodnje i uvjeti čuvanja.

Osnovne sirovine za proizvodnju kruha su brašno i voda te sol i kvasac. Glavne sirovine za proizvodnju čajnih peciva su mlinski proizvodi, masnoće, šećeri, škrob i druge sirovine i aditivi. Za poboljšanje kvalitete i prehrambene vrijednosti kruha i čajnih peciva mogu se dodavati razni dodaci kao što su brašna drugih žitarica, šećer, masti, askorbinska kiselina, sladno i sojino brašno, voće, povrće, sjemenke, mlijeko i mliječni proizvodi, gluten, emulgatori i drugi dodaci.

Korištenjem dodataka mogu se proizvesti funkcionalni proizvodi obogaćeni mineralima, vitaminima, antioksidansima, fitokemikalijama, vlaknima i dr. Funkcionalni proizvodi su proizvodi s biološkim aktivnim djelovanjem, koji pomažu očuvanju zdravlja i pozitivno utječu na pojedine tjelesne funkcije. Najčešće obogaćivane namirnice su mlijeko i mliječni proizvodi, sokovi i proizvodi od žitarica. Navedene namirnice se najčešće obogaćuju iz razloga što su široko primjenjivane i pristupačne su cijene. Kako je u novije vrijeme značajno porasla svijest potrošača o važnosti pravilne prehrane, a s tim i potražnja za tzv. funkcionalnim proizvodima, izazov u prehrambenoj industriji, pa tako i industriji pekarskih i keksarskih proizvoda, postala je proizvodnja proizvoda s povećanom nutritivnom vrijednošću, obogaćenih vlaknima, mineralima, vitaminima i sl. Stoga je u zadnjih desetak godina porastao trend obogaćivanja pekarskih i keksarskih proizvoda različitim sirovinama, kao što su primjena različitih vrsta žitarica, leguminoza i dr.

Upotreba nusproizvoda industrije voća i povrća kao dodatka, a u svrhu dobivanja funkcionalnih proizvoda, postala također je rastući trend u prehrambenoj industriji. Tijekom proizvodnje piva zaostaje značajna količina nusproizvoda, koji se zbog svog sastava i tehnoloških svojstava može vrlo uspješno koristiti u proizvodnji hrane. Pivski trop prvenstveno je dobar izvor prehrambenih vlakana, ali i drugi sastojci, kao što su vitamini i minerali daju pivskom tropu značajnu nutritivnu vrijednost. S druge strane, pivski trop se u najvećoj mjeri koristi kao stočna hrana, a budući da je dostupnu velikoj količini, predstavlja jeftinu i lako dostupnu sirovinu. Sve veći zahtjevi potrošača kao i velika konkurencija među proizvođačima i ponuđačima pekarskih i keksarskih proizvoda potakli su razvoj novih proizvoda u svrhu dobivanja funkcionalnih proizvoda.

Sukladno s gore navedenim cilj ovog specijalističkog rada bio proizvesti kruh i čajna peciva s dodatkom pivskog tropa i utvrditi utjecaj navedenog dodatka na kvalitetu kruha i čajnog peciva kao funkcionalnih proizvoda.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KRUH

Kruh (**Slika 1**) je osnovna namirnica u mnogim kulturama svijeta koja se pripravlja od tijesta pečenjem, kuhanjem u pari ili prženjem u ulju. U Republici Hrvatskoj (RH), prema članku 32. Pravilnika o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta, kruh pripada grupi pekarskih proizvoda. Prema navedenom pravilniku kruh je pekarski proizvod mase preko 250 grama proizveden miješenjem, oblikovanjem, vrenjem (fermentacijom) i pečenjem tijesta. Sirovine koje se koriste za proizvodnju kruha su pšenično brašno, voda, kvasac i soli (Pravilnik, NN br. 78). Ostale sirovine koje se mogu dodavati su brašna drugih žitarica, šećer, masti, askorbinska kiselina, sladno i sojino brašno, voće, povrće, sjemenke, mlijeko i mliječni proizvodi, gluten, emulgatori i drugi dodaci (Brown, 1995; Kent i Evers, 1994). Kruh je dobar izvor ugljikohidrata, prehrambenih vlakana, vitamina, u prvom redu vitamina E te vitamina B skupine, minerala magnezija, selena, željeza i fosfora te, u manjoj mjeri, proteina.



Slika 1 Kruh

Ovisno o vrsti upotrebljivanih sastojaka 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.

Kruh s dodatkom pivskog tropa bi pripadao grupi kruha posebnih vrsta, odnosno proizvoda karakterističnih svojstava koja potječu od dodanih sastojaka ili koja se postižu posebnim tehnološkim postupkom.

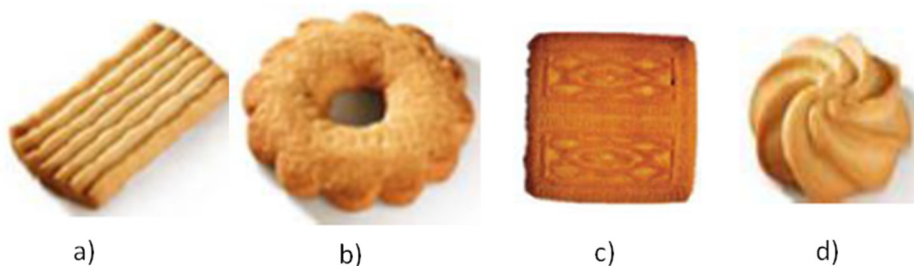
2.2. ČAJNO PECIVO

Prema definiciji, keksi i keksima srodni proizvodi su proizvodi određenih prehrambenih i senzorskih svojstava, dobiveni od mlinskih proizvoda, masnoća, šećera, škroba i drugih sirovina i aditiva, tehnološkim postupcima miješanja, tučenja, oblikovanja, pečenja i drugim postupcima. Čajno pecivo je proizvod dobiven pečenjem oblikovanog masnog tijesta, a sadrži najmanje 10 % masnoće, računato na gotov proizvod s najviše 5 % vode (Pravilnik, NN 73/05).

Prilikom izrade tijesta za čajno pecivo mogu se formirati dvije vrste zamjesa: tvrdi zamjes ili meki zamjes. Razlika između zamjesa očituje se u količini dodane vode koja je potrebna kako bi se formiralo tijesto zadovoljavajuće kvalitete za daljnje rukovanje. U odnosu na tvrda tijesta, kojima se dodaje veća količina vode te imaju relativno malo masnoća i šećera, mekim tijestima se dodaje manja količina vode a udio masnoća i šećera je relativno visok. Tvrda tijesta karakterizira njihova čvrstoća i rastezljivost dok meka tijesta lako pucaju i imaju malu rastezljivost (Manley, 2000).

Oblikovanje tijesta za čajno pecivo može se provesti na nekoliko načina te se dijeli na sljedeće podskupine (**Slika 2**):

- a) prešano čajno pecivo,
- b) rezano čajno pecivo,
- c) oblikovano (formirano) čajno pecivo,
- d) dresirano (istisnuto) čajno pecivo (Gavrilović, 2011).



Slika 2 Podskupine čajnih peciva

Čajna peciva, prema udjelu masti, dijele se na:

- desertna fina peciva s najmanje 20 % masnoće,
- fina peciva prve kvalitete s najmanje 15 % masnoće,
- fina peciva druge kvalitete s najmanje 10 % masnoće.

2.3. FUNKCIONALNA HRANA

Naziv „funkcionalna hrana“ prvi put je upotrijebljen u Japanu ranih 1980-ih. Funkcionalna hrana spada u kategoriju hrane koja ima pozitivan učinak na zdravlje veći od osnovne hrane. Može se definirati i kao hrana s biološkim aktivnim djelovanjem, koja pomaže očuvanju zdravlja pozitivno utječe na pojedine tjelesne funkcije. U funkcionalnu hrana ubrajaju se:

Poboljšani proizvodi – uobičajena namirnica u kojima je sadržaj jedne od komponenata povećan do djelotvorne koncentracije specijalnim uvjetima uzgoja.

Obogaćen proizvod – namirnica u koju je dodana neka komponenta s ciljem pozitivnog učinka.

Izmijenjeni proizvod – namirnica iz čijeg je sastava otklonjena komponenta, pa su eventualni negativni utjecaji na zdravlje smanjeni; namirnica u kojima je jedna ili više komponenata kemijskim putem modificirano kako bi pozitivno utjecale na zdravlje; namirnice u kojima je biorasploživost jedne ili više komponenata povećana s ciljem povećanja apsorpcije iste u probavnom traktu

U svrhu dobivanja funkcionalne hrane u namirnice se mogu dodavati različite tvari: minerali, vitamini, antioksidansi, fitokemikalije, vlakna i dr.. Najčešće obogaćivane namirnice su mlijeko i mliječni proizvodi, sokovi i proizvodi od žitarica. Navedene namirnice se najčešće obogaćuju iz razloga što su široko primjenjivane i pristupačne su cijene (Čačić-Kenjeric, 2016).

2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA I ČAJNOG PECIVA

Prilikom proizvodnje kruha i čajnog peciva koriste se osnovne sirovine kao i dodatne sirovine (Slika 3).



Slika 3 Osnovne i dodatne sirovine koje se koriste u proizvodnji kruha i čajnog peciva

Osnovne sirovine u proizvodnji čajnog peciva su pšenično brašno, voda, šećer i masnoće, a od dodatnih sirovina važnu ulogu imaju sredstva za narastanje. U proizvodnji čajnog peciva najčešće korišteni tipovi pšeničnog brašna su T-400 i T-550 (Gavrilović, 2011).

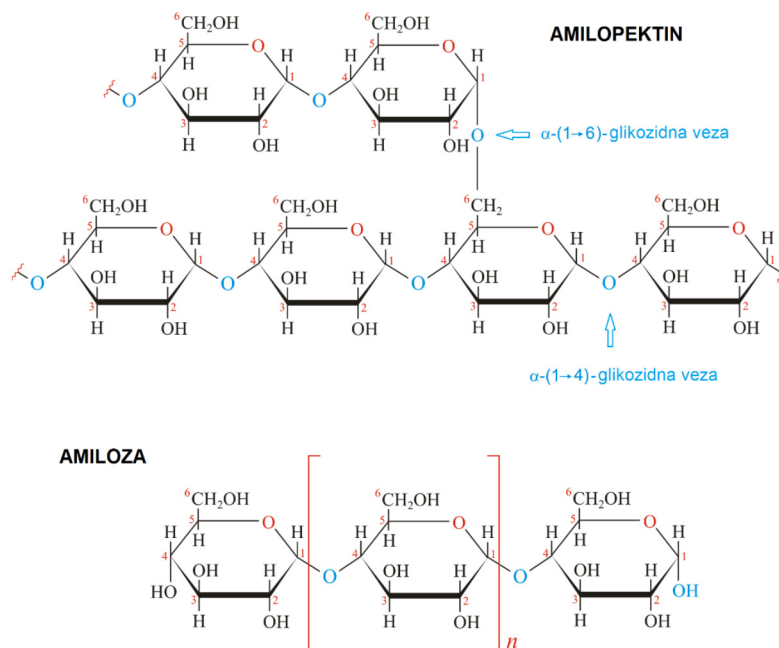
Osnovne sirovine u proizvodnji kruha su pšenično brašno, voda, pekarski kvasac i sol. Od dodatnih sirovina koje se koriste u proizvodnji kruha važnu ulogu imaju aditivi. U proizvodnji kruha najčešće korišteni tipovi pšeničnog brašna su T-550 i T-850 (Kvasac, proizvodi za pekarstvo, 2013).

2.4.1. Pšenično brašno

Pšenična brašna i krupice su proizvodi dobiveni mljevenjem endosperma pšenice nakon izdvajanja ovojnice i klice, a u prometu mogu naći u različitim tipovima i granulacijama (Pravilnik, NN 78).

Škrob

Najzastupljenija komponenta pšeničnog brašna je škrob. Sirovi škrob različitih žitarica nastaje u obliku mikroskopskih granula okruglog oblika čija se veličina kreće u rasponu od 2 μm do 5 μm . Pšenica ima 62 – 75 % škroba na suhu tvar zrna, ovisno o sorti pšenice i uvjetima uzgoja. Udio škroba u pšeničnom brašnu obrnut je proporcionalan udjelu proteina. Škrob se sastoji od dva polimera α -D-glukoze: amiloze (20 - 30 %) i amilopektina (70 - 80 %) (Slika 4) (Lineback i Rasper, 1988; Đaković 1997).



Slika 4 Kemijska struktura amiloze i amilopektina (Jozinović, 2015)

Amiloza kao linearni polimer izgrađena je od 250 do 300 molekula glukoze povezanih α -1,4-glikozidnim vezama čija je molekulska masa 10^5 - 10^6 . Slabo je topljiva u vodi te se smatra odgovornom za svojstvo škrobe retrogradacije tj. prelazak u kristalno stanje (Lineback i Rasper, 1988).

Amilopektin ima razgranatu strukturu visokomolekularnih lanaca izgrađenih od velikog broja glukoznih ostataka (1000 i više) koji su povezani α -(1→6)-glikozidnim vezama na mjestima grananja. Amilopektin ima veliku molekulsku masu koja je veća od 10^8 (Manners, 1985; Lineback i Rasper, 1988).

Amiloza i amilopektin međusobno su povezane vodikovim vezama te tvore gusto zbijene micide. Tako povezane čine skelet koji sprječava dezintegraciju škrobnih zrnaca. Unutrašnjost škrobnih zrnaca čini amiloza dok se na vanjkom cijelu nalazi amilopektin (Lineback i Rasper, 1988).

Kapacitet vezanja vode, želatinizacija i retrogradacija su najvažnija fizikalna svojstva koja opisuju ponašanje škroba.

Kapacitet vezanja vode podrazumijeva apsorpcija vode u granulama ili adsorpcija vode na površini granula. Prilikom apsorpcije voda prodire u zrnice škroba te dolazi do hidratacije škroba praćene oslobađanjem topline. Apsorpcijom vode pri sobnoj temperaturi zrnice pšeničnog škroba poveća svoj volumen za 20 % (Lineback i Rasper, 1988).

Želatinizacija škroba odvija se u prisustvu vode u temperaturnom rasponu 60–80 °C. Tijekom zagrijavanja suspendiranog škroba u vodi dolazi do bubrenja škrobnih zrnaca uslijed apsorpcije vode i hidratacije molekula amiloze i amilopektina te škrob prelazi u želatinizirani oblik. Pod utjecajem nastale topline narušava se makromolekularna struktura kristalnih dijelova škroba (Kulicke i sur., 1996). Vodikove veze između molekula amiloze i amilopektina se kidaju te se na oslobođene –OH skupine vežu molekule vode. U procesu želatinizacije prvo se izdvaja amiloza, a daljnjim zagrijavanjem otapaju se molekule amilopektina. Kada se postigne određena temperatura granularna struktura škroba se raspada, zrnca gube svoj oblik i međusobno se sljepljuju. Sposobnost škroba da želatinizira ovisi o količinskom odnosu amiloze i amilopektina i njihovim strukturnim svojstvima (Kokoni i sur., 1992).

Retrogradacija je djelomična kristalizacija molekule škroba koja nastaje tijekom vremena iz razloga što škrob postaje manje podložan amilaznoj razgradnji, nestaje sposobnost formiranja obojenog kompleksa s jodom te se dio škroba istaloži. Retrogradacija linearnih molekula amiloze odvija se

mного brže nego retrogradacija razgranatih amilopektinskih molekula, budući da su u stanju mnogo brže formirati kristale (Lineback i Rasper, 1988). Pri sobnoj temperaturi, proces retrogradacije se odvija najbrže, a povišenjem (+60 °C) ili sniženjem temperature (-40 °C) retrogradacija se usporava ili potpuno prestaje.

Proteini

Proteini su glavna komponenta u pšeničnom brašnu za određivanje kvalitete brašna (Wrigley i Bietz, 1988). To su složene makromolekule koje se sastoje od aminokiselina povezanih peptidnim vezama. Prema topljivosti u vodi proteini se mogu podijeliti na (Hoseney, 1994; Rasper, 1995):

- albumine – topljive u vodi,
- globuline – topljive u razrijeđenim vodenim otopinama soli,
- prolamine (gliadine) – topljive u 70%-tnom etilnom alkoholu
- gluteline (glutenine) - topljive u razrijeđenim otopinama kiselina ili lužina.

Udio proteina u pšeničnom zrnu iznosi 8 – 15 % ovisno o sorti i uvjetima rasta. Topljivi proteini (albumini i globulini) čine oko 15 % od ukupnih proteina brašna, a ostatak čine gliadini i glutenini (Hoseney, 1994).

Gliadin i glutenin, netopljivi u vodi, zajedno s vodom stvaraju gluten, a on se dobije ispiranjem tijesta s vodom ili razrijeđenom otopinom kuhinjske soli dok se ne ispere sav škrob. Izoliran iz brašna gluten sadrži (na suhu tvar) oko 80 % proteina, 8 % lipida dok ostatak čine mineralne tvari i ugljikohidrati (Hoseney, 1994). Kvaliteta glutena je određena međusobnim odnosom gliadina i glutenina. Glutenin je zapravo polimer gliadina koji se sastoji od velikog broja molekula gliadina međusobno povezanih disulfidnim vezama. Više disulfidnih veza znači veću čvrstoću glutena (Gavrilović, 2011). Za ocjenu tehnološke kvalitete brašna veoma je važna količina i kvaliteta glutena.

Enzimi

Enzimi kataliziraju gotovo sve biokemijske reakcije pri čemu ostaju nepromijenjeni. Po svom sastavu oni su proteini koji se razlikuju duljinom lanca. U brašnu možemo pronaći sljedeće enzime (Kruger i Reed, 1988):

- enzimi koji razgrađuju ugljikohidrate: amilolitički enzimi (α - i β -amilaza, β -glukanaze, glukozidaze) i celulaze,
- proteolitički enzimi: endoproteolitički i egzoproteolitički te kisele karboksipeptidaze,

- esteraze: lipaze, fosfataze, fitaze,
- oksidaze: lipooksigenaze, polifenoloksidaze, peroksidaze, katalaze,
- ostali enzimi pšenice: izomeraze, superoksid dismutaze.

Navedeni enzimi pšenice uglavnom su prisutni u malim količinama u neprokljalom zrnu pšenice te ostaju inaktivni tijekom perioda skladištenja pri povoljnim uvjetima. Aktiviraju se dodatkom vode. Udio mnogih enzima povećava se kod prokljale pšenice (Koceva Komlenić, 2007).

Amilolitički enzimi (amilaze) kataliziraju hidrolizu škroba. Kod ove skupine razlikujemo endo-amilaze (α -amilaza, β -glukanaza, poligalakturonaza) koje djeluju na veze u strukturama makromolekula polisaharida i egzo-amilaze (β -amilaza, 1,4-amiloglukozidaza) koje djeluju na bočne lance polimera.

Na amilolitičku aktivnost brašna utječu: specifična svojstva škrobnih zrnaca, vrsta i koncentracija enzima u brašnu, vlažnost, temperatura i pH sredine (Perten, 1964).

Udio α -amilaze u brašnu ovisi i zrelosti zrna i vremenskim uvjetima tijekom žetve. Optimum djelovanja α -amilaze je pri pH = 5,5 – 5,6 i temperaturi 71 °C. Zbog svoje otpornosti na visoke temperature naziva se termostabilnom amilazom. α -amilaza djeluje na škrob tako da razara α -1,4 i α -1,6 veze i to u cijeloj strukturi molekule, te razgradnjom nastaju maltoza i dekstrini (Perten, 1964; Kruger i Reed, 1988).

β -amilaza optimalno djeluje pri pH = 4,5 – 5,8 i temperaturi 62 °C. β -amilaza pokazuje izvjesnu otpornost na povećanje pH vrijenosti te se zbog toga još naziva i acidostabilna amilaza. Ona djeluje samo na krajnje α -1,4 veze tako da odcjepljuje samo po jednu molekuli maltoze od amiloze i amilopektina (Kruger i Reed, 1988).

Proteolitički enzimi pokazuju svoj optimum djelovanja pri rasponu pH = 4,0 – 5,5 i temperaturi od 45 °C. Tijekom proteolitičke razgradnje proteina dolazi do manjih ili većih promjena glutena što utječe na svojstva tijesta tijekom prerade. Koliki će biti utjecaj proteolitičkih enzima na fizikalna svojstva tijesta ovisi o samom udjelu proteolitičkih enzima, podložnosti proteina njihovom djelovanju (tj. o strukturi proteina, njihovoj veličini i raspodjeli), prisustvu aktivatora proteolitičkih enzima (poput glutationa), temperaturi tijesta itd. (Kruger i Reed, 1988; Hosenej, 1994).

2.4.2. Voda

Voda za piće prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće je sva voda koja je u svom izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje ili pripremu hrane kao i voda koja se

koristi u proizvodnji, preradi te konzerviranju proizvoda ili tvari namijenjenih za konzumaciju ljudi (Pravilnik, NN 48/2008). Voda koja se koristi u prehrambenoj industriji i tijekom tehnološke proizvodnje određenih proizvoda mora biti bez boje, okusa i mirisa te nezagađena (Kalušerski, 1986).

Količina mineralnih tvari vode koja se dodaje tijekom zamjesa veoma je važna za čvrstoći i elastičnost tijesta, jer pomažu bubrenje proteina i sprječavaju razgradnju gliadina. Poželjna tvrdoća vode za zamjes iznosi 15 – 20 °nj (Kent i Evers, 1994).

Voda u sastavu tijesta može se nalaziti u slobodnom ili vezanom obliku. Vezana voda se nalazi u sastavu glutena dok kapilarnu vodu prima škrob. Visoko-elastična svojstva tijesta ovise o udjelu slobodne vode (Gavrilović, 2011).

2.4.3. Sol

Sol se pekarskim proizvodima dodaje zbog okusa te daje glutenu žilavost što dovodi do toga da se tijesto lakše kida i manje je rastezljivo. Obično se dodaje 1,8 – 2,1 % soli na suhu tvar brašna, što iznosi 1,1 – 1,4 % soli u kruhu. Sol se u zamjes može dodavati na dva načina: kao vodena otopina (sol otopljena u vodi potrebnoj za zamjes) ili u suhom obliku (Kent i Evers, 1994).

2.4.4. Pekarski kvasac

Pekarski kvasac, *Saccharomyces cerevisiae* je jednostanični mikroorganizam kojem je najpovoljnija temperatura za rast i razmnožavanje 25 – 27 °C, a za fermentaciju 30 – 32 °C. Tijekom fermentacije, djelovanjem enzima kvasca dolazi do razgradnje šećera do vode i CO₂ koji u tijestu stvara pore. Pekarski kvasac može se koristiti u svježem stanju (s oko 70 % vode) ili u suhom aktivnom obliku (Kent i Evers, 1994).

2.4.5. Šećer

Saharoza je najvažniji šećer u proizvodnji pekarskih proizvoda. Šećer ima nekoliko uloga u proizvodnji keksa, a to su da daje okus slatkoće, utječe na strukturu i teksturu keksa (pretpostavlja se da unosi zrak u mast tijekom pripreme tijesta za keks) te utječe na viskoznost tijesta. Tijekom pečenja, neotopljeni šećer se potpuno otapa i na taj način doprinosi širenju keksa. O količini dodanog šećera u zamjesu također ovise i tvrdoća, svježina (hrskavost), boja i volumen keksa (Hoseney, 1994).

Uloga saharoze prilikom formiranja zamjesa je smanjenje osmotske aktivnosti vode pri čemu dolazi do sporijeg bubrenja glutena te do sporijeg oblikovanja tijesta. Ukoliko je sadržaj vlage u tijestu manji od 25% prednost se daje šećeru u prahu, čija je maksimalna veličina čestica 100 μm . U proizvodnji keksa upotrebljava se saharoza različite veličine čestica 50 – 1000 μm . Međutim, što je manja veličina kristala, veća im je brzina otapanja (Manley, 1998).

2.4.6. Masnoće

U proizvodnji čajnih peciva koriste se različite masnoće, bilo da su prirodne, hidrogenirane, ili emulgirane. Prema kemijskom sastavu masnoće se dijele na:

- tvrde (masti),
- tekuće (ulja) i
- masnoće mazive konzistencije.

Obzirom na porijeklo masnoće mogu biti biljne i životinjske.

U tijestu je mast raspodijeljena u tankim slojevima i povezana preko svojih hidrofobnih veza s hidrofobnim vezama proteina brašna. Prirodni polarni lipidi brašna dolaze u interakcije sa polarnim lipidima masti gradeći lipoproteine. Lipoproteini su odgovorni za plastično-elastične i elastično-plastične osobine tijesta. Preko svojstva plastičnosti i sposobnosti apsorpcije mjehurića zraka, mast regulira ponašanja tijesta. Napolarni trigliceridi masti djeluju kao omekšivači i utječu na konzistenciju tijesta (Gavrilović, 2011). Plastična svojstva pecivih masti imaju važnu funkciju tijekom zamjesa tijesta. Čvrsta faza triglicerida utječe na smanjenu čvrstoću strukturalne organizacije kompleksa glutena, a tekuća faza triglicerida utječe na pokretljivost tijesta. Masnoća nadalje smanjuje skupljanje tijesta tijekom mehaničke obrade jer smanjuje napetosti koje dovode do deformacije oblikovanog komada tijesta. Mast se raspoređuje po česticama brašna i pri tome omogućuje vodi pristup i hidrataciju proteina i škroba. Porastom temperature tijekom zamjesa, dio masti s obzirom na svoja plastična svojstva (osobito *shortening*) sporo prelazi u tekuću fazu što to povoljno utječe na proces hidratacije. Međutim ako mast nije dovoljno plastična ona se otapa porastom temperature tijekom zamjesa. Tekuća faza se raspoređuje po površini čestica brašna u obliku masne opne i na taj način sprječava kontakt vode s brašnom, zbog čega je usporeno bubrenje proteina glutena. Mast u tijestu se nalazi u dodiru s enzimima brašna, sredstvima za narastanje, kiselinama i drugim sirovinama i manjom ili većom količinom vode. Upravo zato je tijesto sredina u kojoj može doći do kemijske promjene masti u procesima hidrolize ili oksidacije.

Posljedica toga je kvarenje masti i istovremeno kvarenje proizvoda, odnosno čajnog peciva. Da bi se spriječilo kvarenje proizvoda, mast treba imati potrebnu stabilnost i sposobnost održivosti tijekom čitavog tehnološkog procesa proizvodnje i trajnosti čajnih peciva i drugih srodnih proizvoda (Gavrilović, 2003).

2.4.7. Nusproizvodi prehrambene industrije

U današnje vrijeme, globalizacija je povećala međunarodnu trgovinu hranom. Prednost je širi izbor namirnica i prehrambenih proizvoda, odnosno mogućnost raznovrsne prehrane tijekom cijele godine te niže cijene sirovina i prehrambenih proizvoda. Međutim, posljedica intenzivne proizvodnje hrane je velika količina otpada koja nastaje preradom i pakiranjem. Navedeni otpad se može koristiti na nekoliko načina, uključujući neposredno odlaganje u obliku gnojiva/komposta, sušenje otpada kako bi se koristio kao stočna hrana ili dodatak stočnoj hrani, ili obrađivanje otpada s ciljem dobivanja biomase (Gautam i sur., 2007; Hawkins, 2010). Odlaganje i kompostiranje otpada nije ekonomično, a sušenje je skupo zbog troškova sušenja.

Suvremeni problem zapadne civilizacije su prekomjerna tjelesna težina i pretilost, te dijabetes, kardiovaskularne bolesti, maligna oboljenja i razni poremećaji koji su u uskoj vezi s nepravilnom prehranom. Kako je teško utjecati na prehrambene navike potrošača, današnja prehrambena industrija razvija nove proizvode tipa kruha, tjestenine, snack proizvoda i sl., koje konzumira široka populacija, obogaćene sastojcima koji su slabo zastupljeni u svakodnevnoj prehrani (prehrambena vlakna, omega 3- i 6- masne kiseline, polifenoli, antioksidansi, vitamini, β -glukan i dr.) i funkcionalne proizvode, koji imaju dokazan pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi (Jozinović u sur., 2014). S obzirom na to prehrambena industrija nalazi se pred brojnim izazovima koji su s jedne strane usmjereni na veliku potražnju za hranom, a s druge strane na razvoj proizvoda visoke nutritivne vrijednosti čijom konzumacijom se može poboljšati opće stanje organizma, ali i spriječiti nastanak i razvoj oboljenja suvremenog doba. U tom pogledu jedna od glavnih smjernica razvoja prehrambene industrije jest i pronalaženje novih sirovina i izvora potencijalno funkcionalnih sastojaka koji bi omogućili realizaciju tih izazova. Među komponentama kojima se mogu obogatiti pekarski i keksarski proizvodi su i prehrambena vlakna, a kao izvori vlakana (i drugih visokovrijednih komponenti) mogu se koristiti i pojedini nusproizvodi prehrambene industrije (Sharma i Gujral, 2014; Ktenioudaki i Gallagher, 2012; O'Shea i sur., 2012)

2.4.8. Pivski trop

Pivo je jedno od najčešće konzumiranih alkoholnih pića u svijetu. Prilikom proizvodnje piva nastaje značajna količina različitih nusproizvoda. Najzastupljeniji nusproizvodi su: pivski trop i pivski kvasac. Pivski trop se može primijeniti kao: stočna hrana (Gallo i sur., 2001; Firkins i sur., 2002; Dhiman i sur., 2003; Kaur i Saxena, 2004), dodatak proizvodima namijenjenim za ljudsku prehranu (Ktenioudaki i sur, 2013.; Waters i sur., 2013; Öztürk i sur., 2002; Plessas i sur., 2007), sirovina u biotehnologiji, sirovina za proizvodnju građevinskog materijala (Russ i sur., 2005), proizvodnju ugljena (Sato i sur., 2001), papira (Ishiwaki i sur., 2000) energije (Rieker i sur., 1992; Ezeonu i Okaka, 1996; Okamoto i sur., 1999; Zanker i Kepplinger, 2002) kao i adsorbens (Chiang i Chang, 1992; Low i sur., 2000; Low i sur., 2001; Silva i sur., 2004; Silva i sur., 2004).

Od 100 kg slada utrošenog za proizvodnju sladovine dobija se 100 do 130 kg tropa sadržaja vlage 70–80 %. Pivski trop čini najveći dio sporednih proizvoda proizvodnje piva; približno 85% od ukupnih sporednih proizvoda. Na 100 L proizvedenog piva, dobije se oko 20 kg tropa (Mussatto i sur., 2006; Bamforth, 2006). Nutritivna vrijednost tropa iznosi 20 % nutritivne vrijednosti jednake količine ječma (Wunderlich i Back, 2008). Trop nastaje u velikim količinama tijekom cijele godine, jeftin je ili besplatan i njegov visok sadržaj proteina i ugljikohidrata čini ga isplativim za upotrebu u biotehnologiji. Ovisno o tipu piva koji se proizvodi, pivski trop u svom sastavu može sadržavati ostatke ječmenog slada ili nesladovanih sirovina, tzv. surogata. Kemijski sastav pivskog tropa varira od sorte ječma koja se koristi, zatim od vremena žetve, uvjeta ukomljavaanja i tipa i kvaliteta surogata koji se koriste za proizvodnju sladovine. Pivski trop je lignocelulozni materijal s oko 17 % celuloze, 28 % neceluloznih polisaharida, prvenstveno arabinoksilana, i 28 % lignina u suhoj tvari (Jozinović i sur., 2014). Iako je dostupan tijekom cijele godine, ovaj nusproizvod obično se koristi kao hrana za životinje. S obzirom na veliki udio proteina i vlakana (oko 20 i 70 % s. tv.) te β -glukana, Mussatto i sur. (2006.) navode da bi se ovaj nusproizvod mogao koristiti za obogaćivanje u proizvodnji žitarica za doručak, keksa, pšeničnog kruha, snack i dr. proizvoda, pri čemu bi se prije upotrebe trebalo provesti njegovo sušenje i mljevenje. Kao glavni nedostatak njegove primjene navodi se značajan utjecaj na promjenu boje i neugodan miris kod upotrebe u većim udjelima.

Sastav pivskog tropa

Zrno ječma se sastoji iz: klice (embrij), endosperma (aleuronski sloj i škrob) i ovojnice zrna. Ovojnice zrna se sastoje od sedam različitih slojeva od kojih su tri najznačajnija: unutrašnja ovojnica

(sjemenjača) – smještena neposredno iznad aleuronskog sloja i djeluje kao polupropusna membrana; oplodnjača (vanjska ovojnice) – obavija sjemenjaču i srasla je s njom, a pljevica obavija oplodnjaču. Pljevica predstavlja vanjski zaštitni sloj zrna, i sastoji se od lignoceluloze i malih količina polifenolnih spojeva, proteina i voskova. Ovisno o tipu piva koje se proizvodi, trop može da sadržavati ostatke klice, djelomično razgrađene dijelove endosperma, u vodi netopljive proteine i ostatke pljevice, oplodnjače i sjemenjače. Kemijski sastav tropa može varirati, ovisno o sorti ječma, uvjeta sladovanja i komljenja i vrste i kvaliteti nesladovanih sirovina koje se koriste u proizvodnji piva. Pregled sastava pivskog tropa prikazan je u **Tablici 1**. Na osnovu podataka prikazanih u **Tablici 1** može se zaključiti da sastav tropa može varirati, što ovisi o sorti ječma, vrsti i kvaliteti nesladovanih sirovina i parametara proizvodnje slada i piva. Također sadržaj pojedinih ispitivanih komponenti ovisi o metodi određivanja. Hemiceluloza, celuloza i škrob tropa čine najveći udio suhe tvari tropa (oko 50–60 %). Glavne komponente vlakana tropa su hemiceluloza, lignin i celuloza (Santos i sur., 2003). Polisaharidi tropa se sastoje od arabinoksilana, celuloze, β -glukana i tragova škroba (Forsell i sur., 2008). Trop sadrži proteine velike biološke vrijednosti bogate glutaminom (Santos i sur., 2003). Proteini tropa su porijeklom iz aleuronskog sloja ječma i čine ih: albumin, globulin, glutelin i hordein (Celus, 2008).

Tablica 1 Sastav pivskog tropa (Pejin i sur., 2013)

Tvar	% suhe tvari
Celuloza	14,7 - 16,8
Hemiceluloza	23,0 - 32,5
Lignin	12,6 - 27,8
Proteini	15,3 - 21,5
Mineralne tvari	3,4 – 4,8
Ugljikohidrati	52,5
Sirova vlakna	-
Masti	11,7
Škrob	6,0 – 12,5

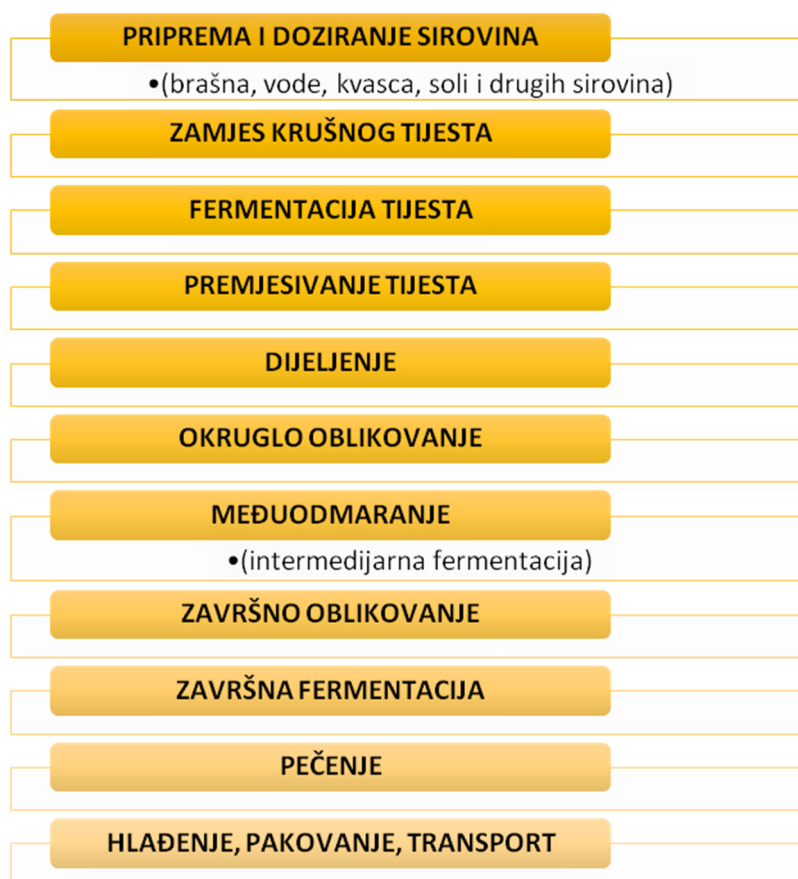
Najzastupljeniji monosaharidi u tropu su: ksiloza, glukoza i arabinoza (Robertson i sur., 2010; Aliyu i Bala, 2011). Minerali, vitamini i aminokiseline se također nalaze u pivskom tropu. U tropu se u visokim koncentracijama nalaze: kalcij (103,8 mg/kg), magnezij (687,5 mg/kg), silicij (242 mg/kg) i fosfor (1977 mg/kg) dok se u nižim koncentracijama nalaze i drugi minerali: bakar, kobalt, željezo, mangan, kalij, selen, natrij i sumpor (Robertson i sur., 2010; Rieker i sur., 1992). Od vitamina su zastupljeni (mg/kg): biotin (0,1), holin (1800), folna kiselina (0,2), niacin (44), pantotenska kiselina (8,59), riboflavin (1,5), tiamin (0,7) i piridoksin (0,7). Aminokiseline tropa obuhvaćaju: leucin, prolin, alanin, serin, glicin, vanilin, fenilalanin, arginin, glutaminsku i asparaginsku kiselinu u višim koncentracijama, i tirozin, izoleucin, treonin i lizin u nižim koncentracijama. Cistein, histidin, metionin, hidroksiprolin i triptofan takođe mogu biti prisutni u tropu (Aliyu i Bala, 2011).

Brojna istraživanja u posljednje vrijeme navode da pivski trop sadrži i značajne količine polifenola (McCarthy i sur., 2012; Meneses i sur., 2013; Moreira i sur., 2013).

Utjecaj dodatka pivskog tropa u pšenično brašno u proizvodnji kruha ispitali su Stojceska i Ainsworth (2008.) te zaključili da se dodatkom pivskog tropa povećava udio vlakana, što utječe na produženje razvoja i stabilnosti tijesta te smanjenje stupnja omekšavanja i volumena kruha. Slično istraživanje o utjecaju dodatka pivskog tropa i tropa jabuke na reološka svojstva pšeničnog tijesta proveli su Ktenioudaki i sur. (2013.) te utvrdili da je veći udio proteina imao pivski trop, a oba nusproizvoda su bogat izvor prehrambenih vlakana (trop jabuke: 36,5 % netopljivih i 6,6 % topljivih; pivski trop: 58,2 % netopljivih i 1,3 % topljivih, izraženo na suhu tvar).

2.5. TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE KRUHA

Proizvodnja kruha složen je slijed postupaka ovisnih o sastojcima, temperaturi i promjenama koje se događaju tijekom procesa proizvodnje kruha. Tehnološki postupci proizvodnje kruha se dijele prema načinu pripreme tijesta. Direktni postupak podrazumijeva da se sve sirovine predviđene recepturom miješaju istovremeno. Indirektni postupak podrazumijeva da se jedan dio sirovina prvo koristi za izradu predtijesta (predferment, kvasno tijesto, kiselo tijesto), koje kasnije služi kao jedno od komponenata za izradu krušnog tijesta. Tehnološki postupak proizvodnje kruha direktnim postupkom prikazan je na **Slici 5**.



Slika 5 Shema proizvodnje kruha direktnim postupkom

2.5.1. Priprema sirovina

Svaki se pekarski proizvod izrađuje prema svojstvenoj recepturi. Osnovne sirovine za proizvodnju kruha su pšenično brašno, kvasac, sol i voda. Danas se u pekarskoj industriji dodaju poboljšivači, odnosno pekarski aditivi kojima se postiže veća kvaliteta i stabilnost finalnog proizvoda. Brašno koje se koristi za proizvodnju kruha mora biti točno određene vrste za svaki proizvod, a priprema obuhvaća postupke temperiranja, prosijavanje (izdvajanje primjesa, aeriranje, rastresanje) i odvaga brašna. Voda za proizvodnju kruha uglavnom dolazi iz vodovodne mreže i ako zadovoljava osnovne uvjete Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Pravilnik, NN br. 47/2008.) ne zahtijeva posebnu pripremu osim što se temperira na određenu temperaturu kako bi se dobila željena temperatura tijesta koja bi trebala biti između 26 i 32 °C. Na temelju praktičnih mjerenja utvrđeno je da se temperatura vode (T_v) može izračunati prema sljedećoj formuli (1)

$$Tv = Tt * 3 - Tb - Tp - Tm \quad (1)$$

gdje su:

Tv - temperatura vode,

Tt - temperatura tijesta,

Tb - temperatura brašna,

Tm - temperatura zagrijavanja tijesta u mjesilici (Kvasac, proizvodi za pekarstvo, 2013).

Ostale sirovine (kvasac, sol, aditivi) moraju biti tako pripremljeni da se na kraju proizvodnog procesa dobije homogena smjesa svih sirovina. U **Tablici 2** prikazan je normativ za proizvodnju kruha.

Tablica 2 Normativ za proizvodnju kruha (Babić, 2016)

Sirovine	Količina (g)
Brašno	100
Voda	55 - 70
Kvasac	1 - 3
Sol	1,6 - 2,0
Dodatne sirovine i aditivi	1 - 2

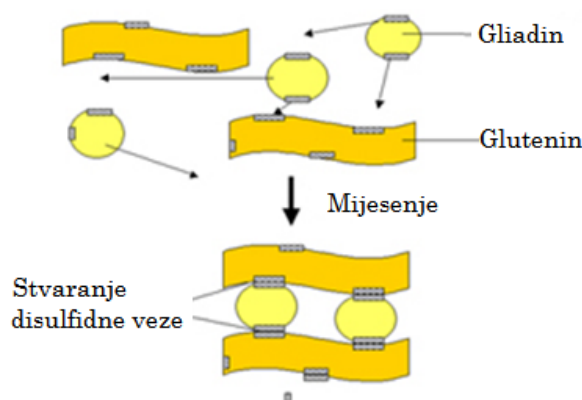
2.5.2. Mijesenje tijesta

Tijesto je složen sustav koji se sastoji iz:

- čvrste faze - granule škroba i proteinska mreža kao i usitnjene čestice omotača ukoliko se koriste tamnija brašna,
- tekuće faze - prave i koloidne otopine,
- plinovite faze - umiješani zračni mjehurići TPSBP.

Zamjesivanje tijesta smatra se vrlo važnom fazom tehnološkog postupka proizvodnje kruha, jer od nje ovisi daljnje ponašanje tijesta pri obradi, završnoj fermentaciji i pečenju. Proces koji se odvija tijekom mijesenja obuhvaća: homogenizaciju sirovina, apsorpciju zraka i razvoj glutena. Već od

samog početka zamjesivanja, brašno dolazi u kontakt sa vodom, kvascem, solju i tada počinje čitav niz fizikalnih, biokemijskih i koloidnih procesa. U tijeku zamjesivanja dolazi do razvoja glutena, što tijestu daje elastična svojstva. Tijekom razvoja glutena dolazi do istezanja nabubrenih peptidnih lanaca uslijed kidanja disulfidnih veza nakon čega dolazi do istezanje i klizanje peptidnih lanaca (jedan preko drugog) između tako složenih peptidnih lanaca dolazi do stvaranja novih disulfidnih veza prilikom čega nastaje gluten (**Slika 6**) (Cauvain i Young 1998).



Slika 6 Razvoj glutena (www.perten.com)

Ciklus zamjesivanja tijesta odvija se u dvije faze, tako da se u prvoj fazi pri manjoj brzini, vrši sastavljanje, a u drugoj sa većom brzinom, obavlja zamjesivanje tijesta. Vrijeme zamjesivanja ovisi o tipu mjesilice, a prikazano je u **Tablici 3**.

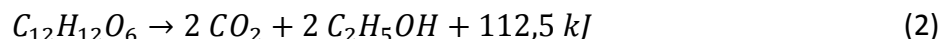
Tablica 3 Podjela mjesilica prema intenzitetu zamjesivanja

Tip mjesilice	Broj okretaja/min	Vrijeme mijesenja (min)	Masa tijesta (kg)
Sporohodne	24 – 30	12 – 20	160 - 260
Brzohodne	70 – 200	6 – 10	100 - 240
Intenzivne	200 - 1000	različiti režimi mijesenja	

2.5.3. Fermentacija prije dijeljenja tijesta

Fermentacija tijesta prije dijeljenja započinje zamjesivanjem i traje do dijeljenja tijesta, a može trajati 1 – 2 sata. Trajanje fermentacije ovisi o količini i fermentativnoj aktivnosti kvasca, svojstvima

brašna i temperaturi fermentacije. Fermentacija tijesta pomoću pekarskog kvasca se može prikazati sljedećom kemijskom reakcijom (2):

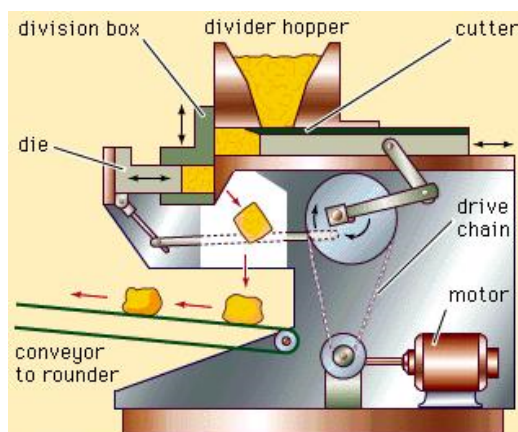


Fermentacija treba osigurati:

- tijestu takve fizikalne osobine pri kojima se ono lako dijeli u komade, oblikuje i zadržava formirane plinove u završnoj fermentaciji
- odgovarajući okus i miris ispečenom proizvodu (Pravilnik, NN br. 78).

2.5.4. Dijeljenje tijesta

Nakon završene fermentacije u masi tijesta vrši se dijeljenje na komade željene mase, koje se može obavljati ručno i strojno. Na **Slici 7** prikazana je shema uređaja za dijeljenje tijesta. Točnost dijeljenja tijesta je izuzetno važna zbog konačne mase proizvoda, propisane odgovarajućom deklaracijom koja mora biti poštovana. Kako bi dobili zadanu masu – težinu gotovog proizvoda, masa komada tijesta mora biti uvećana za iznos gubitaka pri fermentaciji, pečenju i hlađenju (Pravilnik, NN br. 78).

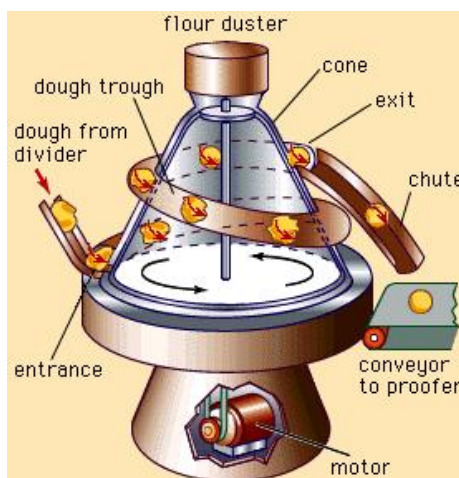


Slika 7 Shema uređaja za dijeljenje tijesta (Encyclopædia Britannica, Inc.)

2.5.5. Okruglo oblikovanje tijesta

Poslije dijeljenja, komad tijesta ima nepravilan oblik, sa značajno izgubljenom količinom plina. Okruglim oblikovanjem tijesto dobiva loptastu formu, u kojoj ima izražene osobine čvrstoće, elastičnosti i smanjene ljepljivosti. Pored toga uz pomoć struje zraka ili brašna za posipanje, tijesto dobiva tanku pokoricu, koja sprječava izlazak formiranih plinova iz komada tijesta, jer se smatra da je ova faza prvi korak u obnovi narastanja tijesta poslije dijeljenja (Kovačević, 1991). Za oblikovanje

tijesta najčešće se koriste uređaji za oblikovanje u obliku konusa ili kišobrana s uzvojnicom po vanjskoj površini (**Slika 8**). Okretanjem konusa komadi tijesta se podižu uz uzvojniciu i na taj način dobivaju oblik lopte.



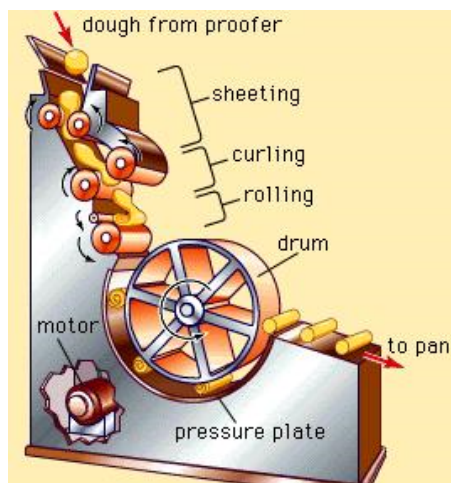
Slika 8 Shema uređaja za oblikovanje tijesta (Encyclopædia Britannica, Inc.)

2.5.6. Međuodmaranje

Tijekom procesa dijeljenja i oblikovanja tijesto je izloženo mehaničkim silama što dovodi do gubitka određene količine plina, te se u tijestu stvaraja određena napetost koja uzrokuje da tijesto postaje čvrsto i neelastično. Međuodmaranjem koje može trajati od 6 do 20 min postiže se opuštanje tijesta, nastajanje novih količina plina što povećava elastičnost i rastezljivost tijesta.

2.5.7. Završno oblikovanje tijesta

Ova operacija je vrlo važna u tehnološkom postupku, jer se njome pored davanja konačnog oblika tijestu, dobrim dijelom utječe i na strukturu sredine kruha, konačnom raspodjelom mjehurića plina u masi tijesta. Duguljasto oblikovanje tijesta sastoji se od valjanja tijesta u pogaču između dva para valjaka, savijanja tijesta u oblik cilindra između dva platna i zatvaranja šava na tijestu (Kovačević, 1991). Shema uređaja za završno oblikovanje tijesta prikazana je na **Slici 9**.



Slika 9 Shema uređaja za završno oblikovanje tijesta (Encyclopædia Britannica, Inc.)

2.5.8. Završna fermentacija tijesta

Ona predstavlja posljednju operaciju prije pečenja kruha i peciva. Pod završnom fermentacijom podrazumijeva se vrijeme koje prođe od završnog oblikovanja tijesta do trenutka stavljanja u peć. Tijekom završne fermentacije komadi tijesta se opuštaju i dobivaju na volumenu. Uslijed djelovanja kvasca i bakterija mliječne kiseline proizvodi se ugljični dioksid što se očituje u poroznosti tijesta.

Završna fermentacije može se odvijati na različite načine ovisno o vrsti kruha i odvijanju procesa u pogonu:

- u košaricama,
- u kalupima,
- na daskama za fermentaciju,
- na poteznim aparatima
- na ručnicima,
- u košaricama od prešanog triješća.

Temperatura i vlažnost prostorija za fermentaciju imaju značajnu ulogu u periodu završne fermentacije. Optimalna temperatura komore za fermentaciju je 32 °C, a vlažnost od 75 do 80 %. Ovako visoka vlažnost onemogućava stvaranje kore, koja sprječava širenje tijesta za vrijeme fermentacije (Kovačević, 1991).

Vrijeme trajanja završne fermentacije ovisi od slijedećih čimbenika (Kovačević, 1991):

1. Svojstva brašna
2. Od izabranog tehnološkog postupka
3. Količine i fermentativne aktivnosti kvasca
4. Recepture tijesta
5. Temperature tijesta i komore za fermentaciju
6. Konzistencije tijesta
7. Veličine i vrste proizvoda
8. Temperature pečenja

Temperatura fermentacijske komore ne smije biti veća od 40 °C. Vrijeme fermentacije se razlikuje od kruha do kruha, ali u pravilu iznosi 20 do 50 minuta. Kod fermentacije u košaricama poželjno je koristiti drvene košarice jer preuzimaju vlagu i time smanjuju znojenje pri fermentaciji. Fermentacija na poteznim aparatima odvijaju se na pobrašnjenoj površini sa rubom prema gore. Prilikom fermentacije nastaju gubici koji u vidu isparavane vode, plinova i lako hlapljivih kiselina koje nastaju tijekom fermentacije, a koje izlaze iz tijesta (Cauvain i Young, 1998).

2.5.9. Pečenje

Pečenje je jedna od najvažnijih faza u proizvodnji kruha, tijekom procesa pečenja dolazi do pretvorbe vlažnog, neprobavljivog tijesta u lako probavljiv proizvod. Temperatura pečenja (T_p) ovisio tipu brašna i vrste proizvoda, npr. pecivo: $T_p = 230\text{ °C}$; slobodno pečeni kruh, mase 1000 g: $T_p = 220\text{--}250\text{ °C}$; proizvodi od crnog brašna zahtijevaju nižu temperaturu pečenja od bijelih brašna.

Tijekom pečenja događa se čitav niz fizikalnih, kemijskih i biokemijskih promjena koje se očituju:

- prestankom rada mikroorganizama (kvasaca i bakterija kiselinskog vrenja)
- inaktivacijom enzima
- želatinizacija škroba
- koagulacija proteina
- isparavanje lako hlapivih tvari, alkohola i vode
- karamelizacija šećera u kori
- stvaranje melanoidina i tvari arome (Kovačević, 1991).

Pri zagrijavanju tijesta do 35 °C pojačava se stvaranje plina izazvano previranjem kvasaca, na temperaturi od 45 °C životna aktivnost kvasca skoro potpuno prestaje. Optimalna temperatura djelovanja bakterija mliječno-kiselog vrenja je 35-45 °C. Na temperaturi od 60 °C dolazi do koagulacija proteina u stanicama mikroorganizama te prestaje sva mikrobiološka aktivnost. U kori se ovi procesi događaju puno prije nego u sredini kruha (Cauvain i Young, 1998).

Tijekom pečenja dolazi do inaktivacije enzima. Aktivnost amilaza dvostruko se povećava u početku pečenja svakih 10 °C. Inaktivacija α -amilaze se odvija pri 57-72 °C, dok se inaktivacija β -amilaze odvija pri 68-83 °C. Stupanj bubrenja i želatinizacije škroba ovisi udjelu vode. Tijekom pečenja dolazi do gubitka vode iz proteina, škrob prima tu vodu što u konačnici dovodi do želatinizacije škroba. Želatinizacija nije potpuna zbog male količine vode, pa škrobna masa postane elastična, zbog nastalih plinova, koji se difundiraju u mrežastu strukturu škroba i glutena, nastaje elastični skelet želiranog škroba. Za potpunu želatinizaciju škroba potrebna je trostruko veća količina vode, koje u tijestu nema (voda/s.t.brašno=1:1), pa se zato želatinizacija provodi djelomično i završava pri temperaturi od 80 °C. Količina i kvaliteta (količinski odnos amiloze i amilopektina) škroba određuju strukturu sredine kruha i brzinu starenje kruha, jer nakon određenog vremena dolazi do retrogradacije želatiziranog škroba (nastaje kristalna struktura, povećava se čvrstoća proizvoda).

Povišenjem temperature dolazi do koagulacije glutena i otpuštanja vode. Koagulirani proteini i želatinizirani škrob stvaraju stjenke pora sredine kruha. Konzistencija sredine kruha ovisi o sadržaju glutena, ako brašno ne sadrži dovoljno glutena, sredina kruha će se mrviti i biti gnjecava.

Proces pečenja je također bitan za razvoj kvalitativnih svojstava kruha (teksture, boje i arome), koja nastaju kao rezultat toplinskih procesa u tijestu poput neenzimskog posmeđivanja, želatinizacije škroba, denaturacije proteina (Therdthai i Zhou, 2003). Tijekom pečenja, tijesto stavljeno u peč uslijed djelovanja povišene temperature pretvara se u proizvod s različitim karakteristikama sredine i vanjskog dijela (kore). Porast temperature u sredini proizvoda znatno je sporiji, te se na površini stvara tanka i elastična kora koja djeluje kao barijera (sprječava brže prodiranje topline unutrašnjost proizvoda) (Zang i Datta, 2006). Površinski dio brže se zagrijava, nakon 2 minute pečenja dostiže 75 °C, a nakon 10 min pečenja postiže oko 100 °C te počinje isparavanje vode (Wahlby i Skjöldebrand, 2002). Tijekom pečenja temperatura na površini kruha neprekidno raste, a temperatura koja se postiže na kraju pečenja ovisi o temperaturi peći. Temperatura sredine kruha pri kraju pečenja postiže vrijednost oko 100 °C (Hadiyanto i sur., 2007; Purlis i Salvadori, 2009a). Povišene temperature te nizak udio vode utječu na stvaranje žuto-smeđe boje kore kruha čija

debljina korelira s porastom temperature površine kruha (Purlis i Salvadori, 2009b). Nastanak boje na površini pekarskih proizvoda tijekom pečenja smatra se poželjnim svojstvom (Hodge, 1953). Smeđa boja potječe od melanoidina (netopivog smeđeg pigmenta) i karamela koji su produkti reakcija neenzimskog posmeđivanja (Maillardovihreakcija te karamelizacije). Do reakcija neenzimskog posmeđivanja dolazi kada je površinapekarskog proizvoda izložena utjecaju povišene temperature (Ramirez-Jimenez i sur., 2000a; Ramirez-Jimenez i sur., 2000b). Obojenje kore kruha započinje pojavom svijetlih, žutih dekstrina pri temperaturama 110 - 120 °C (Wahlby i Skjöldebrand, 2002), daljnjim povišenjem temperature najprije nastaju produkti Maillardovih reakcije i karamelizacije (melanoidini i karamel), a nakon toga dolazi do izgaranja proizvoda i nastanka crne porozne mase.

Za razliku od melanoidina, razvoj produkta karamelizacije (karamela) nastaje kada je na površini proizvoda temperatura viša od 200 °C i niskom udjelu vode (Quintas i sur., 2007; Yildiz, 2009). Osim temperature, važnim čimbenikom za razvoj boje smatra se i aktivitet vode u kori proizvoda. Maksimalna brzina razvoja boje na površini uzorka događa se pri vrijednostima aktiviteta vode 0,7 - 0,8 i temperaturi na površini iznad 120 °C (Capuano i sur., 2008; Purlis i Salvadori, 2009b).

2.6. TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE ČAJNOG PECIVA

Proizvodnja čajnog peciva složen je proces koji uključuje niz postupaka ovisnih o sastojcima, temperaturi i promjenama koje se događaju tijekom procesa proizvodnje čajnog peciva (**Slika 10**).



Slika 10 Shema procesa proizvodnje čajnog peciva

2.6.1. Priprema sirovina

Brašno za proizvodnju čajnog peciva transportira se u vrećama ili cisternama te ga proizvođač skladišti u silose ili podna skladišta. Prije samog skladištenja vrlo je važno da se brašno prosije preko cilindričnog, centrifugalnog ili vibracijskog sita s magnetima. Taj postupak provodi se iz dva razloga: kako bi se uklonile eventualne primjese te kako bi brašno primilo zračne mjehuriće čime postaje rastresito i pogodno za zamjes (Gavrilović, 2011). Sirovine koje su prošle kontrolu kvalitete uzimaju se za proizvodnju prema normativu za svaku vrstu proizvoda. Kako je već navedeno brašno se prosijava, šećer se po potrebi melje u sitni prah, a masnoće se za vrijeme pripreme temperiraju tako što se otapaju te se ponovo ohlade do trenutka kada počinje kristalizacija. Dozrijevanje masti odvija se 24 sata pri temperaturi od 30,5 °C nakon čega se 50 – 60 % masti opet nalazi u krutom stanju.

2.6.2. Odvaga i dodavanje po recepturi

Sama odvaga sirovina provodi se prema propisanoj recepturi. Brašno, šećer i određena količina vode direktno se dodaju preko automatske ili poluautomatske vage i dozirnog automata dok se ostale sirovine ručno važu i dodaju zamjesu. O kapacitetu miješalice ovisi veličina jedne šarže odnosno količina sirovina koja se važe za jedan zamjes.

2.6.3. Zamjes tijesta

Kod izrade zamjesa tijesta za čajno pecivo razlikujemo dva postupka, a to su jednofazni i dvofazni način pripreme zamjesa. Kod jednofaznog postupka sve sirovine se dodaju istovremeno pri čemu se sredstvo za rahljenje prethodno pomiješa s brašnom. Kod dvofaznog postupka prvo se dodaju određene količine šećera, vode, masti i ostalih sirovina osim brašna. Nakon miješanja tih sirovina dodaje se jedan dio brašna, otopina sredstva za rahljenje i na kraju ostatak brašna. Zamjes za dresirano čajno pecivo i čajno pecivo koje se siječe obično se priprema dvofaznim postupkom dok se zamjes za oblikovano i rezano tijesto priprema jednofaznim postupkom. Vrijeme miješanja zamjesa se razlikuje, a ovisi o parametrima kao što su granulacija brašna, temperatura sirovina, konzistencija upotrijebljene masti i veličina čestica šećera. O vrsti mješalice također ovisi vrijeme miješanja zamjesa.

Veoma je važno znati sirovinski sastav proizvoda, udio vlage u svakoj sirovini i željeni udio vlage konačnog zamjesa kako bi se mogla odrediti količina vode koja se dodaje pri pripremi zamjesa. Vлага u sječenom čajnom pecivu kreće se u rasponu 20 – 24 %, oblikovanom 14 – 16 %, rezanom 18 – 26 % i dresiranom 16 – 26 % (Gavrilović, 2011). Vidljivo je da oblikovano čajno pecivo sadrži najmanje vlage i stoga je njegovo tijesto poslije zamjesa nepovezano, grudasto, suho i lako se kida. Kod ostalih čajnih peciva tijesta su povezana i meke strukture.

Izgled tijesta također ovisi i o svojstvima brašna koje se koristi za zamjes te o samom načinu izrade zamjesa. Temperatura sirovina vrlo je važna prilikom izrade tijesta i treba se kretati u rasponu od 18 – 25 °C. Viša temperatura uzrokovala bi žilavost tijesta zbog povećanja elastičnosti, a plastična svojstva bi se izgubila što bi u konačnici rezultiralo nepravilnim oblicima proizvoda. Temperature niže od 18 °C uzrokovale bi otežanu izradu tijesta na strojevima. Zamjes tijesta se smatra dovršenim kada je formiran glutenski kompleks. Temperatura brašna i drugih sirovina, granulacija brašna kao i konzistencija masnoća te veličina čestica šećera važni su faktori koji utječu na vrijeme potrebno za izradu tijesta. Vrijeme potrebno za izradu tijesta uglavnom se kreće 5 – 15 minuta. Ovisno o

sirovinskom sastavu, tijesto se odmara ili se bez odmaranja odmah nakon zamjesa oblikuje. Tijesto tvrde konzistencije odležava nakon zamjesa kako bi se nastavila hidratacija glutena i dispergiranje masti (Gavrilović, 2011).

2.6.4. Oblikovanje

Oblikovanje tijesta ovisi o željenoj vrsti čajnog peciva. Kod oblikovanog čajnog peciva, oblikovanje se vrši odmah po dovršetku zamjesa. U tom slučaju tijesto dolazi iz dozirnog koša do valjaka od kojih je jedan formirajući valjak s udubljenim formama, a drugi rebrasti i služi za utiskivanje tijesta (**Slika 11**). Tijesto se puni u udubljenu formu te se pritiskom drugog valjka dobro utisne u kalupu. Pri dodiru valjka i transportne trake oblikovano tijesto pomoću podtlaka se prebacuje na transportnu traku.



Slika 11 Formirajući valjak s udubljenim formama i rebrasti valjak za utiskivanje tijesta
(www.wpib.de)

Tijesto za istisnuta čajna peciva također se oblikuje neposredno poslije zamjesa. Tijesto koje izlazi iz dozatora potiskuje se pomoću dva rebrasta valjka kroz volumne dozatore. Uslijed djelovanja valjaka i gravitacije tjestena masa se istiskuje na trakasti transporter.

Tijesto za sječeno čajno pecivo propušta se kroz otvore kalupa te se oblikuju paralelne trake koje se sijeku rotirajućim nožem na željenu duljinu.

Rezana čajna peciva se režu pomoću žice nakon prolaska kroz otvore kalupa tako da prilikom spuštanja tijesta na traku čelična žica reže komade tijesta (Gavrilović, 2011).

2.6.5. Pečenje

Proces djelovanja topline, koja je dovedena u prostor peći, na oblikovano tijesto naziva se pečenje. Sam proces započinje zagrijavanjem oblikovanog tijesta kod kojeg dolazi do izlaska vode isparavanjem preko površine zajedno s nastalim plinovima i zračnim mjehurićima. Tijekom pečenja

isparavanje vode odvija se u tri faze. Tijekom prve faze i dijela druge faze preko površine keksa izlazi vodena para i plinovi nastali dodatkom sredstava za narastanje. U dijelu druge i treće faze isparava ostatak.

Kod procesa proizvodnje keksa, pečenje je složeni dio tehnološkog procesa uslijed kojeg dolazi do fizikalno-kemijskih i koloidnih promjena tijesta važnih za kvalitetu konačnog proizvoda. Tijekom pečenja tijesto mijenja svoj izgled, dimenzije, formira se struktura, okus i aromatična svojstva. Promjene sastojaka tijesta započinju u trenutku kada se na površinskim slojevima tijesta postigne temperatura od 40 °C, a završavaju nakon pečenja. Porastom temperature na 50 °C dolazi do narastanja tijesta, odnosno do vidljivog povećanja volumena tijesta. Tijekom pečenja gluten otpušta vodu koju prima djelomično hidratizirani škrob. Šećer utječe na povećanje topljivosti proteina i usporava bubrenje škroba, povećava napone tijesta i tako utječe na širenje keksa. Vrijeme pečenja oblikovanog čajnog peciva iznosi 5 – 8 minuta pri temperaturi 190 – 220 °C nakon čega slijedi hlađenje. Pečenje se odvija u tunelskim pećima (Gavrilović, 2011).

2.6.6. Hlađenje

Nakon vađenja čajnog peciva iz peći započinje proces hlađenja gdje se uslijed snižavanja temperature povećava čvrstoća. Proces hlađenja traje sve dok se ne izjednači temperatura čajnog peciva s temperaturom prostorije te dok se ne postigne svojstvena čvrstoća proizvoda. Proces hlađenja može se provoditi na nekoliko načina:

- prirodnim,
- umjetnim,
- kombiniranim putem.

Hlađenjem prirodnim putem izbjegavaju se nagle promjene temperature koje bi mogle dovesti do pucanja proizvoda. Umjetno hlađenje provodi se ventilatorima gdje brzina strujanja zraka iznosi 3 - 4 m/s.

Na kraju procesa hlađenja, brzina razmjene topline izjednačava se u svim slojevima čajnog peciva, a apsorpcija vlage prestaje. Kada čajno pecivo postigne temperaturu proizvodne prostorije i ravnotežnu vlažnost, kažemo da se nalazi u ravnotežnom stanju. Ravnotežna vlažnost čajnog peciva kreće se u rasponu 3 – 5 %.

Tijekom pečenja dolazi do promjene pojedinih sastojaka i fizikalnih osobina keksa. Gluten je odgovoran za strukturu i ostale osobine teksture keksa budući da tijekom hlađenja dolazi do njegovog očvršćivanja. Masnoća je pak odgovorna za plastično-elastične svojstva proizvoda, jer očvršćiva i raspoređuje se oko glutena i škrobnih zrnaca. Ukoliko proizvod sadrži veću količinu masnoće u svom sastavu, veća je njena migracija na površinu. Otopljeni šećer tijekom hlađenja sporo se kristalizira, stvara mikrokristale koji se ugrađuju u strukturu čajnog peciva te utječe na povećanje čvrstoće i daje sjaj površini proizvoda. Dakle, udio masti i šećera, kao i njihov odnos u sirovinskom sastavu, određuju važne karakteristike proizvoda kao što su čvrstoća, drobljivost, sjaj, tekstura i svojstva pri žvakanju (Gavrilović, 2011).

2.6.7. Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda

Posljednji korak kod proizvodnje čajnog peciva je pakiranje. Nakon hlađenja proizvoda slijedi pakiranje koje može biti ručno ili automatsko. Čajna peciva mogu biti upakirana na različite načine kao što su pakiranja pogodna za prodaju, pojedinačno ili skupno u ambalažu nepropusnu na vlagu (celofan, polipropilenske folije, različite laminarne folije), pakiranje u kutije i na kraju u transportnu ambalažu za skladištenje i transport. Uloga ambalaže je da štiti proizvod od utjecaja svjetlosti (kako ne bi došlo do oksidacije masnoća), vlage, stranih mirisa i djelovanja štetnika. Također, ambalaža je važna kako ne bi došlo do propuštanja masnoće i vlage.

Upakirani proizvod, odvozi se u skladište te se skladišti pri odgovarajućim uvjetima. Odgovarajuća temperatura i vlaga skladištenog proizvoda mora biti konstantna u skladištu. Zidovi i stropovi skladišta moraju biti izolirani i po potrebi prostorija treba biti klimatizirana s osiguranom cirkulacijom zraka. Oscilacije temperature u prostoru za skladištenje mogu dovesti do migracije i oksidacije masnoća. Neodgovarajuća vlažnost može dovesti do smanjenja čvrstoće kartonske ambalaže što dovodi do pritiska na pakiranjima na nižim slojevima i degradacije kvalitete proizvoda. Također, ambalaža sadrži bitne informacije o proizvodu kao što su sastav, proizvođač, vrsta, težina i trajnost (Manley, 1998).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj dodatka pivskog tropa na kvalitetu kruha i čajnog peciva. Pivski trop dodavan je kruhu kao zamjena za pšenično brašno u udjelima 5, 10 i 15 % dok je kod čajnih peciva dodavan u udjelima od 10, 20 i 30 %.

3.2. MATERIJALI

3.2.1. Sirovine za proizvodnju kruha

Sirovine korištene u proizvodnji kruha su:

- 2000 g brašnaste sirovine (100 %),
- 36 g pekarskog kvasca,
- 30 g kuhinjske soli (1,5 %),
- 37,2 g šećera (1,86 %),
- 0,1 g askorbinske kiseline (0,005 %),
- voda (prema sposobnosti upijanja vode),
- pivski trop (zamjena za pšenično brašno u udjelu 5 %, 10 % i 15 %).

3.2.2. Sirovine za proizvodnju čajnog peciva

Sirovine korištene u proizvodnji čajnog peciva:

- 64,0 g shortening-a (margarin)
- 65,0 g šećera (kristal šećer)
- 2,1 g NaCl
- 2,5 g NaHCO₃
- 33,0 g otopine glukoze (8,9 g glukoze otopiti u 150 cm³ destilirane vode)
- 16,0 g vode
- 225,0 g brašna
- pivski trop (zamjena za pšenično brašno u udjelu 10, 20 i 30 %).

3.3. METODE

3.3.1. Priprema uzoraka kruha i čajnog peciva

Priprema uzoraka kruha

1000 g brašna vlažnosti 14 %; masa brašna za zamjes korigira se prema vlažnosti brašna prema formuli (3):

$$m_B(\text{g}) = \frac{100 - 14}{100 - w_{H_2O}(\%)} * 1000 \quad (3)$$

Voda za zamjes izračuna se pomoću formule (4) prema sposobnosti upijanja vode:

$$m_{H_2O}(\text{g}) = \frac{\text{sposobnost upijanja vode } (\%) \cdot m_B(\text{g})}{100} \quad (4)$$

Brašno prosijati, odvagati sirovine prema recepturi, te u odvaganoj potrebnoj količini vode otopiti sol i askorbinsku kiselinu. Brašno, kvasac i šećer prenijeti u mjesilicu, dodati otopinu soli i askorbinske kiseline i zamijestiti tijesto. Tijesto okruglo oblikovati te fermentirati 30 minuta pri $30\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ i relativnoj vlažnosti $85\% \pm 5\%$. Potom odvagati po 400 g tijesta koje je potrebno razvaljati i oblikovati u veknicu. Vekince fermentirati u komori za fermentaciju 50 minuta, staviti u pećnicu zagrijanu na $225\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$, spustiti temperaturu pećnice na $210\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ te peći uzorak uz obvezno doziranje vodene pare.

Priprema uzoraka čajnog peciva

Sirovine odvagati na laboratorijskoj vagi prema recepturi AACC metode 10-50D (AACC, 2000). U posudi miksera staviti masnoću, brašno, šećer, NaCl, NaHCO_3 , otopinu glukoze i destiliranu vodu. Zamjes provoditi žičanim mutilicama najsporijom brzinom miksera (1) tijekom tri minute. Svake minute zaustaviti mikser i sastrugati sastojke sa stijenki posude. Nakon 3 minute, dodati otopinu glukoze i destiliranu vodu te nastaviti miješanje brzinom 1 tijekom jedne minute, 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 stijenke posude. Dobiveno tijesto sakupiti ručno i okruglo oblikovati, staviti u PVC vrećicu te staviti u hladnjak ($8\text{ }^\circ\text{C}$) tijekom 30–60 minuta. Nakon hlađenja, tijesto razvaljati valjkom za tijesto na debljinu 7 mm u dva poteza valjka za tijesto (naprijed - nazad) te izrezivati okrugle oblike promjera 60 mm ($\approx 27\text{g}$).

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, CF (AACC, 2000), računa se koeficijent širenja (SP, engl. *spread factor*) prema formuli (5):

$$SP = \frac{d}{h} \cdot CF \cdot 10 \quad (5)$$

3.3.2. Određivanje udjela vode u kruhu i čajnom pecivu

Udio vode u kruhu i čajnom pecivu se određuje sušenjem uzorka u točno definiranim uvjetima. Gubitak mase izražen u postocima određuje udio vode u uzorku. U prethodno osušenu i odvagano 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 udio vode u uzorku tijesta, te u uzorcima nakon pečenja određuje se prema formuli (6):

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100 \quad (6)$$

m_0 -masa uzorka prije sušenja [g]

m_1 - masa uzorka nakon sušenja [g]

w_v -udio vode (vlage) [%]

3.3.3. Određivanje aktiviteta vode

Uzorci se pripremaju isto kao i za određivanje udjela vode. Usitnjeni uzorak 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 uzoraka nakon pečenja.

3.3.4. 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 (**Slika 12**). 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.



Slika 12 Uređaj za mjerenje volumena kruha Volscan Profiler

3.3.5. Određivanje teksture

Za određivanje teksturalnog profila uzoraka koristio se uređaj TA.XT Plus (**Slika 13**), a dobiveni podaci se analiziraju s TextureExponent 32 softverom. Uzorci se precizno izrežu na šnite debljine 25 mm 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.

Tipična krivulja ispitivanja teksturalnog profila kruha prikazana je na **Slici 14**.



Slika 13 Uređaj za određivanje teksturalnog profila uzorka TA.XT Plus TextureAnalyzer

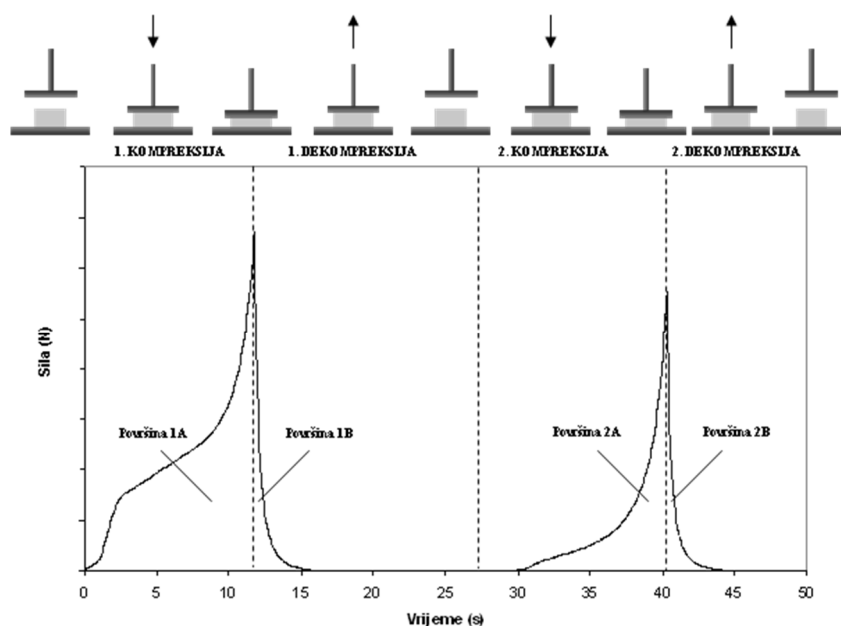
Računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema parametrima podešenim prije eksperimenta. Iz dobivenih rezultata mogu se očitati čvrstoća, kohezivnost, elastičnost, te otpor žvakanju.

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 ($\text{Površina 2AiB/Površina 1AiB}$).

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 ($\text{Površina 1B/Površina 1A}$).

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

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.



Slika 14 Tipična krivulja ispitivanja teksturalnog profila kruha

3.3.6. Određivanje boje

Boja kruha mjerena je pomoću kolorimetra (Konica Minolta Chroma Meter CR-400) koji je prikazan na **Slici 15**. 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.).



Slika 15 Kolorimetar Konica Minolta, CR-400

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 svježim uzorcima (tijesto) te uzorcima nakon pečenja kao i kod čajnog peciva.

Određena boja je definirana određenim mjestom u CIE $L^*a^*b^*$ prostoru boja. Trodimenzionalni prostor predstavljaju tri međusobno okomite osi koje su označene kao L^* , a^* i b^* , a pri čemu je:

- L^* koordinata svjetline s podjelom od 0 (crna) do 100 (bijela),
- a^* koordinata obojenja 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 tj. vektorom žute boje, $+b^*$ (eng. *yellowness*) i vektorom komplementarne plave boje, $-b^*$ (engl. *blueness*).

3.3.7. Određivanje sadržaja vitamina C i vitamina B-kompleksa u hrani metodom tekućinske kromatografije/tandemskom spektrometrijom masa (LC-MS/MS)

Potrebno je odvagati 10 g prethodno samljevenog i homogeniziranog uzorka i dodati 100 ml ultračiste vode. Uzorci se zatim stavljaju na ekstrakciju na rotacionoj tresilici 60 minuta. Ekstrakt se nakon završene ekstrakcije filtrira i razrjeđuje 10 puta s ultračistom vodom. Razdvajanje komponenti odvija se na Acquity H-Class UPLC-u injektiranjem 10 μ l pripremljenog ekstrakta na Acquity UPLC HSS T3 kolonu (2.1 x 100 mm, veličine čestica 1,8 μ m). Komponente se odvajaju u gradijentnom ciklusu, koristeći vodu i metanol kao mobilne faze. Nakon razdvajanja analiti prolaze kroz Xevo TQD tripple-quadrupole maseni spektrometar gdje se prati odgovarajući MS parametri i odgovarajući ionski prijelazi specifični za vitamine (m/z = omjer mase i naboja). Za kalibraciju se standardi vitamina otapaju u ultračistoj vodi. Prekursori iona analita se fragmentiraju u ćeliji za koliziju, a dva njihova produkta s najvećim odzivom na detektoru masenog spektrometra odabiru se za kvantifikaciju i potvrđivanje. Granica kvantifikacije (engl. *Limit of Quantification, LOQ*) je na 1 mg/kg.

3.3.8. Određivanje fosfora

Priprema uzorka

Izvagano je oko 2,5 g uzorka u posudicu za spaljivanje. Uzorak je pomiješan sa 1 g kalcijkarbonata te je provedeno spaljivanje u mufolnoj peći na 550 °C do dobivanja bijelog ili sivog pepela. Pepeo je prebačen u tikvicu korištenjem 20 – 50 mL vode te je dodavana koncentrirana kloridna kiselina do prestanka pjenjenja. Nakon toga dodano je još 10 mL kloridne kiseline nakon čega je otopina uparena do suha. Potom je dodano 10 ml 1 mol/l nitratne kiseline te je provedeno kuhanje u vremenu od 5 minuta na temperaturi vrenja. Uzorak je filtriran uz ispiranje toplom vodom.

Određivanje fosfora

Dobiveni filtrat razrijeđene je tako da količina fosfora ne prelazi 40 µg/mL. U 10 mL filtrata dodano je 10 mL molibdovanadatnog reagensa te je sadržaj promućkan i otopina je ostavljena da stoji 10 minuta nakon čega je na spektrofotometru izmjerena apsorbancija pri valnoj duljini od 430 nm. Slijepa proba pripremana je na isti način ali bez dodavanja uzorka. Iz dobivenih apsorbancija, preko kalibracijske krivulje izračunate su koncentracije fosfora u uzorku. Za izradu kalibracijske krivulje pripremljena je standardna otopina fosfora a rezultati su izraženi u mg/kg.

3.3.9. Određivanje mikroelemenata plamenom tehnikom (Na, Ca, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Cr)

Metoda se zasniva na atomizaciji kisele otopine pepela uzorka u plamenu atomskog apsorpcijskog spektrometra.

Priprema uzorka

10-20 g uzorka izvagano je u kvarcne lončice. Uzorak je na grijaćoj ploči lagano uparen te je spaljen u mufolnoj peći preko noći na 450 °C. Nakon hlađenja, pepeo je namočen sa nekoliko mililitara vode. Tako namočen pepeo je uparen i ponovo spaljen u mufolnoj peći tijekom 1 – 2 sata. Postupak je ponavljan dok uzorak nije potpuno razgrađen tj. dok se ne dobije pepeo bijele do blijedosive boje. Nakon toga dodano je 5 mL kloridne kiseline [c (HCl) = 6 mol/L] tako da sav pepeo dođe u kontakt s kiselinom. Potom je kiselina otparena, a suhom ostatku dodano je 10 – 30 mL nitratne kiseline [c (HNO₃) = 0,1 mol/L] miješajući, otopina je pokrivena satnim staklom te je ostavljena da stoji 1 – 2 sata.

Određivanje otopljenih metala

Za određivanje otopljenih metala uzorci vode neposredno nakon uzorkovanja su filtrirani kroz filter veličine pora 0,45 μm te su zakiseljeni s koncentriranom nitratnom kiselinom tako da se postigne pH između 1 i 2. U svakoj seriji uzoraka napravljena je slijepa proba tj. ponovljen je postupak pripreme uzorka ali bez uzorka (voda se tretira kao uzorak).

Određivanje metala

Svi mikroelementi određeni su atomskim spektrofotometrom tako da je uređaj po uputama proizvođača podešen za mjerenje određenog elementa. Kako bi se uklonile spektralne i nespektralne interferencije u uzorke se pri analizi dodaju maskirni agensi. Pri određivanju Na, Ca i Mg dodane su otopina cezijevog klorida (CsCl) i otopina lantan nitrata ($\text{La}(\text{NO}_3)_3$) u omjeru 1:20. Pri određivanju K dodana je otopina cezijevog klorida (CsCl) u omjeru 1:100.

Kalibracijske otopine, za izradu kalibracijske krivulje, pripremljene su od standardnih otopina elemenata. Iz dobivenih apsorbancija, preko kalibracijske krivulje izračunate su koncentracije mikroelemenata u uzorku te su rezultati izraženi u mg/kg.

3.3.10. Određivanje mikroelemenata grafitnom tehnikom (Mn, Se, Mo)

Metoda se zasniva na atomizaciji kisele otopine pepela uzorka u grafitnoj peći atomskog apsorpcijskog spektrometra.

Priprema uzorka

Priprema uzorka provodi se na isti način kao i kod određivanja mikroelemenata plamenom tehnikom koja je objašnjena u prethodnoj metodi.

Određivanje metala

Svi mikroelementi određeni su atomskim spektrofotometrom tako da je uređaj po uputama proizvođača podešen za mjerenje određenog elementa. Kako bi se uklonile spektralne i nespektralne interferencije u uzorke se pri analizi dodaju modifikatori koji su prikazani u **Tablici 4**. Kalibracijske otopine, za izradu kalibracijske krivulje, pripremljene su od standardnih otopina elemenata. Iz dobivenih apsorbancija, preko kalibracijske krivulje izračunate su koncentracije mikroelemenata u uzorku te su rezultati izraženi u mg/kg.

Tabela 4 Modifikatori koji se dodaju prilikom određivanja mikroelemenata

Element	Modifikator
Ag, Al, As, Cd, Cu, Mn, Pb, Sb, Se, Zn	Pd + Mg(NO ₃) ₂
Al, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn	Mg(NO ₃) ₂
Cd, Pb	NH ₄ H ₂ PO ₄ + Mg(NO ₃) ₂

3.3.11. Određivanje proteina

Metoda se zasniva na razgradnji uzorka sa sulfatnom kiselinom uz upotrebu katalizatora, gdje organski dušik prelazi u amonij sulfat. Dodavanjem natrij hidroksida u suvišku hladi se digestat i prelazi u amonijak koji se skuplja u suvišku boratne kiseline i zatim titrira sa standardnom otopinom sulfatne ili kloridne kiseline. Izračuna se količina dušika u uzorku iz količine proizvedenog amonijaka.

Određivanje proteina po Kjeldahl-u

Na analitičkoj vagi izvagano je 0,005-0,2 g uzorka, ovisno o količini dušika koja se očekuje. U Kjeldahl kivetu dodani su uzorak, nekoliko staklenih kuglica i katalizator tablete. Nakon toga dodano je 25 mL sulfatne kiseline te je kiveta stavljena u blok za razgradnju koji je prethodno zagrijan na 420 °C. Nakon 2 sata kivete su izvađene iz bloka za zagrijavanje. Nakon hlađenja (10 - 20 min) u kivete je dodana voda te je potom proveden postupak destilacije gdje se destilat skupljao u boratnoj kiseline. Destilat je titriran do promjene boje.

Slijepa proba pripremljena je na isti način kao i uzorak, ali se umjesto uzorka u kivetu stavlja određena količina saharoze.

Račun

Udio dušika se računa prema formuli (7):

$$\%N = \frac{(V_1 - V_0) \cdot c_t \cdot 100}{m \cdot 1000} \quad (7)$$

Gdje je :

V₀-volumen kloridne kiseline za titraciju slijepa probe (mL)

V₁-volumen kloridne kiseline za uzorak (mL)

m-masa uzorka (g)

c_t- faktor za sulfatnu ili kloridnu kiselinu (mol/L)

3.3.12. Određivanje masti

Osnova određivanja udjela masti je njihova ekstrakcija iz uzorka organskim otapalom (petrol-eter) sa ili bez prethodne obrade uzorka kiselinom (HCl).

Postupak ekstrakcije provodi se u ekstraktoru po Soxhletu. Tikvica po Soxhletu s nekoliko kuglica za vrenje prethodno se osuši na temperaturi 105 ± 2 °C, hladi u eksikatoru te potom važe na analitičkoj vagi. Izvaže se oko 5 g uzorka u odmašćeni tuljak za ekstrakciju te se tuljak stavi u ekstraktor, spoji se tikvica i doda petrol-eter. Ekstrakcija traje 4 sata i to tako da se osigura oko 10 prelijevanja po satu. Otapalo se potom predestilira, a ostatak ispari na vodenoj kupelji te se tikvica suši u sušioniku na 103 °C do konstantne mase, potom hladi u eksikatoru i važe na analitičkoj vagi.

Mjerenje je provedeno u dvije paralele, a udio masti računa se prema formuli (8):

$$w_1 = \left[10 \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} + \left(\frac{(m_6 - m_5)}{m_4} \cdot \frac{m_3}{m_0} \right) \right] \cdot f \quad (8)$$

količina sirove masti bez prethodne ekstrakcije računa se prema formuli (9):

$$w_2(\%) = \frac{m_6 - m_5}{m_4} \cdot f \quad (9)$$

f- korekcijski faktor, 1000 g/kg

3.3.13. Određivanje količine sirovih vlakana

Metoda se zasniva na otapanju drugih organskih tvari kuhanjem u kiselini i lužini i spaljivanju uzorka nakon čega preostaju samo vlakna.

Priprema uzorka

Vrećice za vlakna sušene su 1 sat na temperaturi od 105 °C te potom ohlađene u eksikatoru. Vrećica je izvagana (W_1) te je potom u nju izvagan 1 g uzorka (W_2) s točnošću 0,1 mg.

Kuhanje u razrijeđenoj sulfatnoj kiselini

Uzorak je uronjen u 150 mL sulfatne kiseline te je dodano nekoliko kamenčića za vrenje i kuhanje je provedeno u vremenu od 30 minuta nakon početka vrenja. Za vrijeme kuhanja održavan je konstantan volumen regulirajući temperaturu. Nakon završetka vrenja iz čaše je izvađen karusel i ostatak je ispran 5 puta sa 10 mL vruće vode svaki put. Ostatak je prebačen i pod vakuumom ispran acetonom.

Kuhanje u otopini hidroksida

Karusel s uzorkom uronjen je u otopinu lužine (150 mL) i kuhan kao u postupku s kiselinom. Nakon kuhanja ostatak je ispran s vrelom vodom do neutralnog pH, a nakon toga pod vakuumom ispran acetonom.

Ušenje i žarenje

Vrećica za vlakna stavljena je u lončić za spaljivanje te je sve zajedno ostavljeno u sušnici 2 sata na 130 °C (W₃). Uzorak je spaljen u mufolnoj peći na 500 °C i postupak je ponavljan sve dok razlika između dva vaganja (nakon hlađenja) ne bude manja od 2 mg. Lončići s ostatkom ohlađeni su u eksikatoru i potom izvagani (W₄) na analitičkoj vagi s točnošću od 0,1 mg.

Slijepa proba

Slijepa proba pripremljena je na isti način kao i uzorak, samo bez uzorka u vrećici.

3.3.14. Određivanje količine ADF vlakana

Pojedine komponente celuloze i lignina iz stočne hrane ne otapaju se upotrebom otopine deterdženata. Netopivi ostatak se suši, važe i spaljuje, te izračunava udio vlakana.

Priprema uzorka

Uzorka je pripremljen na način da je usitnjen na mlinu i potom homogeniziran miješanjem te potom odmašćen s petroleterom (3 puta po 100 mL) okretanjem karusela. Odmašćeni uzorak sušen je u trajanju od 2 min.

Određivanje količine ADF vlakana

Vrećice za vlakna sušene su 1 h u sušnici na temperaturi od 105 °C, potom su izvagane i u njih je dodano 0,5 g uzorka koji je odvagan s točnošću od 1 mg. U vrećicu s uzorkom stavljena je staklena spojnica iz karusela.

Uzorci na karuselu uronjeni su u čašu sa 360 mL ADF otopine (kisela detergent otopina) te je dodano nekoliko kapi sredstva protiv pjenjenja i nekoliko kamenčića za vrenje. Kada se karusel ispuni otopinom, čaša je stavljena na zagrijanu ploču, a na čašu je stavljeno hladilo s protokom vode. Kuhanje je provedeno u trajanju od 60 minuta od početka vrenja. Nakon toga vrećice su isprane vrelom vodom dok nisu postale slobodne od detergenta.

Ušenje i žarenje

Vrećice su sušene u sušnici na 105 °C tijekom noći. Ohlađene vrećice su izvagane i stavljene u označene lončice (W_3). Vrećice s lončićem su lagano zagrijane na grijaćoj ploči dok u lončićima ne zaostane tanki talog. Nakon toga, uzorak s lončićem je spaljen u mufolnoj peći na temperaturi 500 °C u trajanju od najmanje 4 sata. Nakon žarenja lončici s ostatkom ohlađeni su u eksikatoru i izvagani na analitičkoj vagi s točnošću od 0,1 mg.

Račun

Postotak sirovih vlakana u uzorku računa se prema formuli (10):

$$\% \text{sirovih vlakana} = \frac{W_3 - W_4 - W_1}{W_2} \cdot 100 \quad (10)$$

3.3.15. Određivanje NDF vlakana

Pojedine komponente celuloze i hemiceluloze i lignina iz stočne hrane ne otapaju se upotrebom otopine deterdženata. Netopivi ostatak se suši, važe i spaljuje, te izračunava udio vlakana.

Priprema uzorka kao i provođenje same metode provedeno je isto kao kod određivanja ADF vlakana. Razlika između metoda je što se umjesto kisele otopine deterdženta ovdje uzorak uranja u 360 mL neutralne otopine deterdženta (NDF otopina).

Račun

Postotak sirovih vlakana u uzorku računa se prema formuli (10) koja je navedena u prethodnoj metodi.

3.3.16. Određivanje pepela

Metoda se zasniva na spaljivanju uzorka u mufolnoj peći na temperaturi 550 ± 20 °C dok ne sagori sva organska tvar i vaganju ostatka. Prije vaganja porculanski lončici za spaljivanje žare se na temperaturi 550 °C u trajanju od 30 minuta, hlade u eksikatoru na sobnoj temperaturi i važu na analitičkoj vagi. U lončice za spaljivanje izvaže se 5 g uzorka (m_0) – ako se očekuje manje od 1 % pepela na suhu tvar, ili 2 – 3 g – ako se očekuje više od 1 % pepela na suhu tvar. Najprije se provede predspaljivanje na električnoj grijaćoj ploči dok uzorak ne karbonizira, zatim se lončici s uzorkom prebace u prethodno zagrijanu mufolnu peć na 550 °C i žare u trajanju od 180 minuta. Lončici se potom izvade i hlade na termorezistentnoj ploči 1 minutu, a potom prebace u eksikator. Ohlađeni lončici važu se na analitičkoj vagi.

Račun

Mjerenje je provedeno u dvije paralele za svaki uzorak, a udio pepela računa se prema formuli (11):

$$w_A = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (11)$$

gdje je:

w_A – udio pepela [% s. tv.],

m_0 - masa praznog lončića [g],

m_1 - masa lončića s uzorkom [g],

m_2 - masa lončića i pepela [g].

3.3.17. Određivanje vlage brašna i pivskog tropa

U prethodno osušenu i izvaganu posudu s poklopcem izvagano je 5 g uzorka s točnošću od 1 mg. Otvorena posuda s poklopcem stavljena je u sušnicu na temperaturu od 130 °C u trajanju od 2 sata. Vrijeme sušenja računato je od trenutka kad sušnica postigne 130 °C. Nakon sušenja posuda je ohlađena (30 – 45 min) u eksikatoru te potom izvagana na analitičkoj vagi.

Račun

Količina vlage u uzorcima računa se pomoću formule (12):

$$w_A = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (12)$$

3.3.18. Određivanje škroba

Odvaži se 2,5 g pripremljenog uzorka (m_1) i prenese u suhu odmjernu tikvicu od 100 ml. U tikvicu se doda 25 ml HCl promiješa do homogene smjese, te se doda još 25 mL kiseline pH otopine se podešava sa koncentriranom HCl. Tikvicu se zatim uroni u ključalu vodenu kupelj i tijekom prve tri minute se sadržaj tikvice miješa. Nakon 15 minuta tikvica se makne iz kupelji i doda 30 ml vode temperature manje od 10 °C, sadržaj tikvice se treba ohladiti do 20 °C u što kraćem vremenskom periodu. Nakon hlađenja doda se 5 ml Carezz I i mućka 1 minutu. Doda se 5 ml Carezz II i opet mućka 1 minutu. Tikvica se dopuni do oznake, promiješa i filtrira. Prvih par mililitara filtrata se odbaci a optička rotacija filtrata izmjeri polarimetrom i zabilježi kao α_1 . Za uzorke čiji su pojevi topljivi u etanolu, homogenizacija i ekstrakcija se provodi u 40 % etanolu.

Račun

Udio škroba se računa prema formuli (13):

$$w = \frac{20000}{\alpha_D^{20}} \cdot \left(\frac{2,5 \cdot \alpha_1}{m_1} - \frac{\alpha_2}{m_2} \right) \quad (13)$$

gdje su:

w – udio škroba u uzorku (g/kg),

α_1 – vrijednost ukupne optičke rotacije,

α_2 - vrijednost ukupne optičke rotacije tvari topivih u etanolu,

m_1 – masa uzorka upotrijebljenog za određivanje ukupne optičke rotacije,

m_2 - masa uzorka upotrijebljenog za određivanje ukupne optičke rotacije tvari topivih u etanolu,

α_D^{20} - vrijednost specifične optičke rotacije čistog škroba pri 589,3 nm za pojedine tvari:

Specifični kut skretanja za pojedine vrste škroba:

$\alpha_D^{20} = 185,9$ za rižu,

$\alpha_D^{20} = 185,7$ za krumpir,

$\alpha_D^{20} = 184,6$ za kukuruz,

$\alpha_D^{20} = 184,0$ za raž,

$\alpha_D^{20} = 183,6$ za tapioku,

$\alpha_D^{20} = 182,7$ za pšenicu,

$\alpha_D^{20} = 181,5$ za ječam,

$\alpha_D^{20} = 181,3$ za zob,

$\alpha_D^{20} = 184,0$ za druge vrste škroba.

Rezultati se zaokružuju na 1 g/kg.

3.3.19. Određivanje šećera

Određivanje reducirajućih šećera

U odmjernu tikvicu od 20 mL odvaži se 25 g uzorka. Sadržaju u tikvici se doda 1-2 g kalcijeva karbonata CaCO_3 da bi se postigla slabo kisela reakcija i potom promiješa. Doda se 5 mL reagensa I i 5 mL reagensa II, promiješa i nadopuni destiliranom vodom do oznake. Promiješa se još jednom

da se sadržaj potpuno homogenizira. Kada se gornji sloj počne izdvajati profiltrira se preko suhog, nabranog filtera papira u suhu tikvicu. Dobiveni filtrat se zove F1.

U tikvicu od 300 mL pipetom se odmjeri 25 mL Luffove otopine i doda otopina šećera koja treba sadržavati nešto manje od 100 mg šećera te toliko destilirane vode da volumen iznosi 50 mL. Radi se slijepa proba sa 25 mL Luffove otopine i 25 mL destilirane vode. Po dodatku staklenih kuglica sadržaj se zagrijava tako da prokuha za dvije minute i da se umjereno vrenje nastavi 10 minuta. Zagrijavanje se provodi preko azbestne mrežice uz povratno hladilo. Kada je završeno zagrijavanje, sadržaj se naglo hladi pod mlazom hladne vode, a poslije dvije minute dodaje se 3 mL otopine kalijeva jodida (KI). Promiješa se brzo, i pažljivo dodaje 20 mL 25 % sumporne kiseline (H₂SO₄) i 10 mL otopine kalijeva tijocijanata (KCNS). Tikvica se mućka do prestanka šuma. Istaloženi jod se titrira otopinom natrijeva tiosulfata uz dodatak škroba (indikator) dok se ne izgubi plava boja.

Udio reducirajućih šećera računa se prema formuli (14):

$$\% \text{ reducirajućih šećer} = a \cdot 100 \cdot m \quad (14)$$

a - mg šećera izračunati iz **Tablice 5**

m – masa uzorka u mg

Tablica 5 Tablica za računanje količine šećera

mL Na-tiosulfata	Glukoza, fruktoza ili invertni šećer		Laktoza		Maltoza	
	mg	razlika	mg	razlika	mg	razlika
1	2,4	2,4	3,6	3,7	3,9	3,9
2	4,8	2,4	7,3	3,7	7,8	3,9
3	7,2	2,5	11	3,7	11,7	3,9
4	9,7	2,5	14,7	3,7	15,6	4
5	12,2	2,5	18,4	3,7	19,6	3,9
6	14,7	2,5	22,1	3,7	23,5	4
7	17,2	2,6	25,8	3,7	27,5	4
8	19,8	2,6	29,5	3,7	31,5	4
9	22,4	2,6	33,2	3,8	35,5	4
10	25	2,6	37	3,8	39,5	4
11	27,6	2,7	40,8	3,8	43,5	4
12	30,3	2,7	44,6	3,8	47,5	4,1
13	33	2,7	48,4	3,8	51,6	4,1

14	35,7	2,8	52,2	3,8	55,7	4,1
15	38,5	2,8	56	3,9	59,8	4,1
16	41,3	2,9	58,9	3,9	63,9	4,1
17	44,2	2,9	63,8	3,9	68	4,2
18	47,1	2,9	67,7	4	72,2	4,3
19	50	3	71,7	4	75,5	4,4
20	53	3	75,7	4,1	80,9	4,5
21	56	3,1	79,8	4,1	85,4	4,6
22	59,1	3,1	83,9	4,1	90	4,6
23	62,2	3,1	88	4,1	94,6	4,6

3.3.20. Određivanje ukupnih šećera

Otpipetira se 50 mL filtrata F1 u odmjernu tikvicu od 100 mL i doda 5 mL HCl-a te se sve dobro promiješa. Zatim se zagrijava 10 minuta u vodenoj kupelji pri 70 °C (fruktoza se raspada na višim temperaturama), brzo se hladi uz stalno miješanje, neutralizira s 20% -tnom NaOH uz metiloranž kao indikator. Ohladi se na sobnu temperaturu i dopuni destiliranom vodom do oznake. Dobiveni filtrat je F2. Postupak dalje ide kao kod određivanja reducirajućih šećera, te se postotak reducirajućih šećera računa prema formuli (14).

Količina Na-tiosulfata [mL] računa se prema formuli (15):

$$Na - tioulfat = V_{S.P.} - V_{uzorka} \quad (15)$$

3.3.21. Određivanje hlapivih kiselina

U Erlenmayer-ovu tikvicu s brušenim grlom odvaži se 10 g uzorka s točnošću 0,01 g, doda 100 mL destilirane vode, dobro promiješa i zagrijava na vodenoj kupelji do 80 °C. Nakon hlađenja, sadržaj iz tikvice se prenese u odmjernu tikvicu od 250 mL i tikvica se nadopuni do oznake destiliranom vodom, a zatim se njen sadržaj filtrira. Ovisno o očekivanoj kiselosti otpipetira se uzorak (50 mL), i prenese u Erlenmayerovu tikvicu. Dodaje se 3-4 kapi fenoftaleina i titrira s 0,1 M natrijevim hidroksidom (NaOH) do promjene boje u trajanju od najmanje 30 sekundi.

Kiselost se računa prema sljedećoj formuli (16):

$$Kiselost = A \cdot k \cdot 100 \cdot Ok \quad (16)$$

A - mL 0,1 M NaOH trošenih za titraciju

Ok - količina uzorka (g)

K - 0,0067

3.3.22. Određivanje masnih kiselina

Metoda se zasniva na formiranju metilnih estera masnih kiselina transmetilacijom uz kalij hidroksid u metanolu. U Eppendorf epruvetu odvaži se 1 g natrij hidrogensulfata. U epruvetu od 5 ml izvaži se 0,1 g uzorka (ulja) koristeći Pasteur-ovu pipetu iz tikvice u kojoj je ulje bilo stavljeno na sušenje. Zatim se doda 2 ml izooktana i vorteksira 15s, te se doda 0,1 ml kalij hidroksida otopljenog u metanolu. Nakon dodavanja kalij hidroksida potrebno je odmah zatvoriti epruvetu i vorteksirati 1 min te ostaviti da odstoji tijekom 2 min. Nakon toga doda se 2 ml natrij klorida i dobro promućka na vorteksu kroz 15s. Nakon odvajanja slojeva, premjestiti se 0,9 ml gornjeg sloja (sadrži metilne estere) u malu epruvetu gdje je izvagan natrij hidrogensulfat i ponovno promućka. Nakon odjeljivanja slojeva uzorak injektirati u GC-FID, razrijediti po potrebi.

Transmetilacija borovim trifluoridom

U odmjernu tikvicu od 50 ml izvaži se 0,1 g uzorka, te se doda 5 ml bor trifluorida otopljenog u metanolu i pričvrsti na povratno hladilo. Uzorak se kuha tijekom 3 min. Kroz vrh povratnog hladila doda se 2 ml izooktana. Dok je tikvica vruća doda se 20 ml otopine natrij klorida, začepi tikvica i snažno mućka najmanje 15 s. Doda se još zasićene otopine natrij klorida tako da se razina tekućine smjese popne do vrata tikvice te se pusti da se slojevi odijele. Nakon odvajanja slojeva 1 ml gornjeg izooktanskog sloja se prebaci u Eppendorf epruvetu gdje je izvagano 1 g natrij hidrogensulfata, vorteksira se 15 s radi uklanjanja ostataka vode, zatim razrijedi i injektira u GC-FID.

3.3.23. Izračun ugljikohidrata i energija

Metoda se zasniva na izračunu energetske vrijednosti pojedine namirnice na 100 g ili 100 ml nakon kemijskih analiza određenih parametara, a udio ugljikohidrata se izražava u %.

Uzorak je analiziran na određene kemijske parametre, a metoda ovisi o vrsti uzorka. Uzorak je usitnjen tako da temperatura ne prelazi 25 °C.

Za izračun energetske vrijednosti provedene su analize kojima su određene masti, proteini (udio dušika x 6,25), vlaga, pepeo i vlakna.

Račun

Energetska vrijednost izražava se kao kcal/100g ili kao kJ/100g, a računa se prema formuli (17):

$$E = (17 \cdot \text{proteini}) + (37 \cdot \text{masti}) + (17 \cdot \text{ukupni ugljikohidrati}) \quad (17)$$

ili preko formule (18):

$$E = (17 \cdot \text{proteini}) + (37 \cdot \text{masti}) + (17 \cdot \text{ukupni ugljikohidrati}) + (8 \cdot \text{ukupna dijetalna vlakna}) \quad (18)$$

Udio ugljikohidrata računa se prema formulama (19,20,21):

$$\text{Ukupni ugljikohidrati (Tip 1)} = 100 - (\text{masti} + \text{proteini} + \text{vlaga} + \text{pepeo}) \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \text{Dostupni ugljikohidrati (Tip 2)} \\ = 100 - (\text{masti} + \text{proteini} + \text{vlaga} + \text{pepeo} + \text{dijetalna vlakna}) \end{aligned} \quad (20)$$

$$\text{Dostupni ugljikohidrati} = \text{Ukupni ugljikohidrati} - \text{ukupna dijetalna vlakna} \quad (21)$$

Rezultat se izražava u %.

3.3.24. Senzorska ocjena kruha i čajnog peciva

Senzorsku ocjenu čajnog peciva i kruha provelo je 12 treniranih senzorskih ocjenjivača koji su upoznati s kvalitetnim aspektima pekarskih i keksarskih proizvoda. Kod kruha su ocjenjivali vanjski izgled, izgled sredine, miris, okus i ukupan dojam uzorka kruha s pšeničnim brašnom, te uzoraka kruha kod kojih je pšenično brašno zamijenjeno s 5, 10 i 15 % pivskog tropa. Kod čajnog peciva panelisti ocjenjivali boju, teksturu, okus i ukupan dojam kako čajnog peciva od pšeničnog brašna, tako i onog čajnog peciva kod kojeg je pšenično brašno zamijenjeno s 10, 20 i 30 % pivskog tropa. Svaki panelist je označio na skali od 10 cm koliko preferiraju svaki uzorak kako kruha tako i čajnog peciva, i to: od 10 cm - kao iznimno mi se sviđa do 0 cm – uopće mi se ne sviđa (Yamsaengsung i sur., 2012).

3.3.25. Statistička obrada podataka

Statistička obrada rezultata dobivenih laboratorijskim istraživanjem provedena je analizom varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ovim LSD test najmanje značajne razlike (engl. *least significant difference*), sa značajnošću definiranom na $p < 0,05$, upotrebom programa Statistica 8 i Microsoft Office Excel 2007.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. KEMIJSKI SASTAV PŠENIČNOG BRAŠNA I PIVSKOG TROPA

U **Tablici 6** prikazan je osnovni kemijski sastav pšeničnog brašna i pivskog tropa. Iz navedenih rezultata vidljivo je da pšenično brašno sadrži veći udio vode, ukupnih ugljikohidrata, škroba i šećera, dok je udio proteina, pepela (mineralnih tvari), vlakana i masti veći u pivskom tropu isto kao i energetska vrijednost.

Tablica 6 Osnovni kemijski sastav pšeničnog brašna i pivskog tropa

	Pivski trop	Pšenično brašno
Udio vode (%)	7,8	12,81
Udio proteina (%)	24,91	9,12
Udio masti (%)	7,2	0,8
Udio pepela (%)	4,22	0,47
Udio ukupnih ugljikohidrata (%)	55,87	76,8
Udio škroba (%)	4,12	72,91
Udio šećera (%)	0,83	1,54
NDF (%)	60,8	-
ADF (%)	22,4	1,1
E (kJ)	1640	1490

Udio octene kiseline u pivskom tropu (16,54 %) je neznatno veći nego u pšeničnom brašnu (15,27 %). Također je vidljiva razlika udjela nezasićenih masnih kiselina između pivskog tropa (77,92 %) i pšeničnog brašna (87,73 %). Značajna razlika primijećena je u udjelima mliječne kiseline i zasićenih masnih kiselina: udio mliječne kiseline i zasićenih masnih kiselina u pivskom tropu iznosi 7,71 % odnosno 22,08 % dok u pšeničnom brašnu navedeni udjeli iznose 0 % za mliječnu kiselinu i 12,27 % za zasićene masne kiseline (**Tablica 7**).

Tablica 7 Udio organskih i masnih kiselina u pšeničnom brašnu i pivskom tropu

	Udio octene kiseline (%)	Udio mliječne kiseline (%)	Udio zasićenih masnih kiselina (%)	Udio nezasićenih masnih kiselina (%)
Pivski trop	16,54	7,71	22,08	77,92
Pšenično brašno	15,27	0	12,27	87,73

Iz rezultata provedenih analiza makroelemenata i mikroelemenata (**Tablica 8 i 9**) vidljivo je da pivski trop sadrži veće udjele gotovo svih analiziranih elemenata osim kalija čiji je udio veći u pšeničnom brašnu.

Tablica 8 Udio nekih makroelemenata u pšeničnom brašnu i pivskom tropu

	Na (mg/kg)	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Pivski trop	172	2820	5130	520	2320
Pšenično brašno	10	20	860	1110	190

Tablica 9 Udio nekih mikroelemenata u pšeničnom brašnu i pivskom tropu

	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Se (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mo (mg/kg)
Pivski trop	153,11	9,43	28,10	92,61	0,020	0,665	1,570
Pšenično brašno	18,30	2,66	4,34	5,03	0,008	0,310	0,079

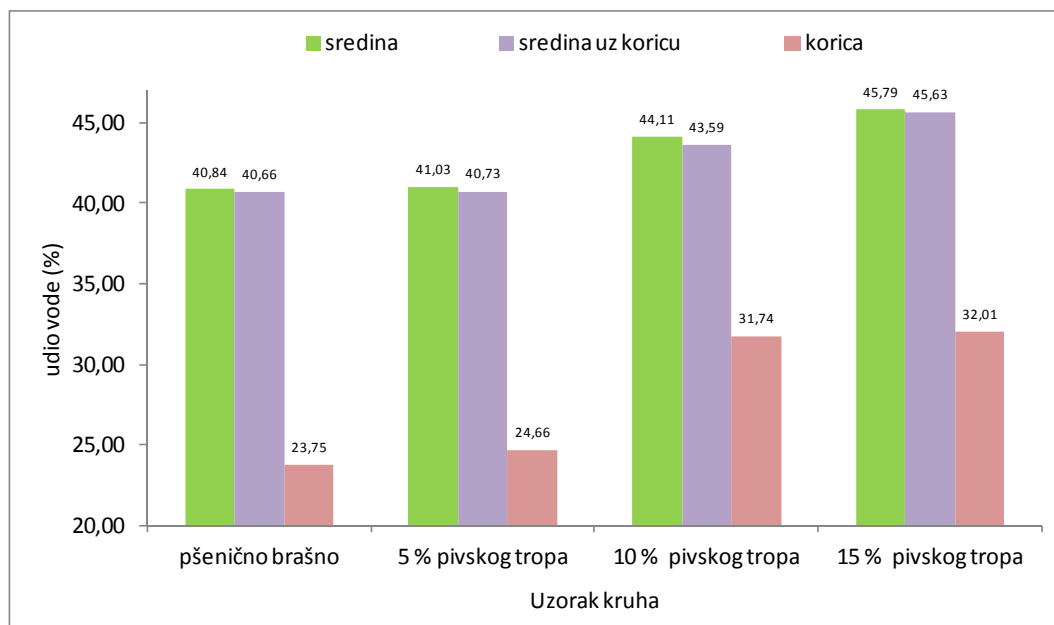
Udio vitamina (**Tablica 10**) određeni su metodom tekućinske kromatografije/tandemskom spektrometrijom masa (LC-MS/MS). Rezultati analize su pokazali da pšenično brašno sadrži 1,3 mg/kg riboflavina, 42,0 mg/kg tiamina te manje od 1 mg/kg nikotinamida, dok pivski trop sadrži 1,0 mg/kg riboflavina, 4,1 mg/kg tiamina i 8,5 mg/kg nikotinamida. Udjeli cijanokobalamina, folne kiseline, biotina, kalcij pantotenata, piridoksina, nijacina, nikotinamida i vitamina C kod uzorka pivskog tropa i pšeničnog brašna bili su manji od 1 mg/kg (rezultati nisu prikazani).

Tablica 10 Udio nekih vitamina u pšeničnom brašnu i pivskom tropu

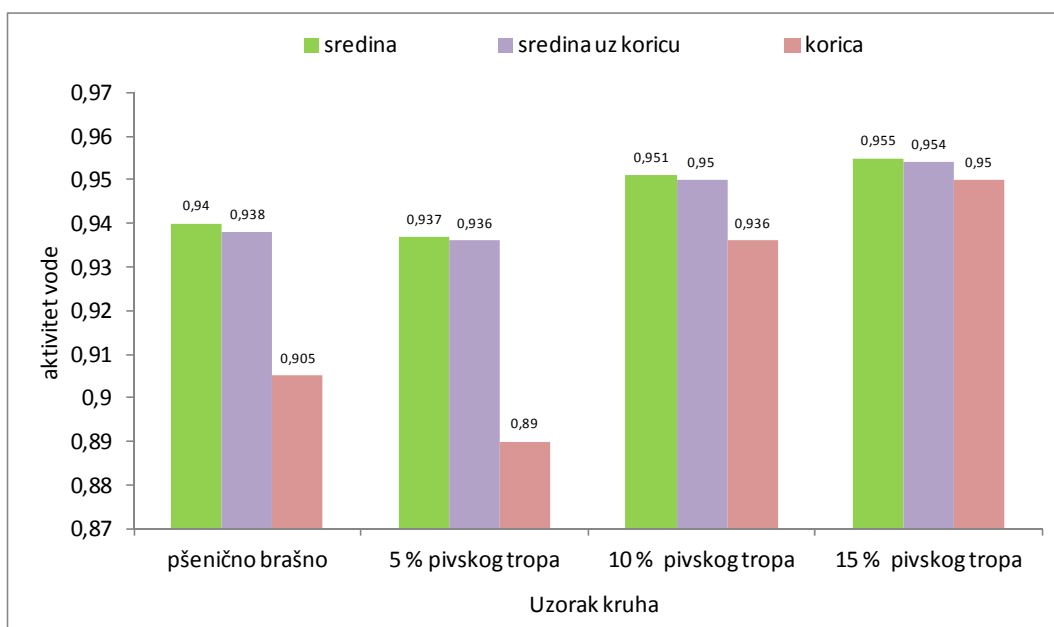
	riboflavin (mg/kg)	tiamin (mg/kg)	nikotinamid (mg/kg)
Pivski trop	1,0	4,1	8,5
Pšenično brašno	1,3	42,0	< 1

4.2. UTJECAJ PIVSKOG TROPA NA KVALITETU KRUHA

4.2.1. Udio i aktivitet vode



Slika 16 Udio vode u pojedinim zonama kruha od pšeničnog brašna te s 5, 10 i 15 % pivskog tropa

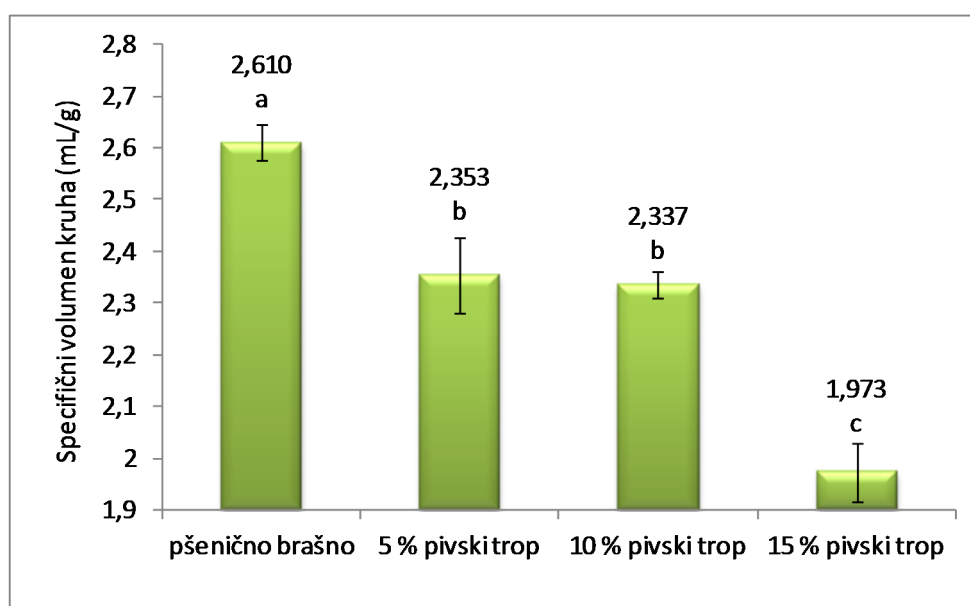


Slika 17 Aktivitet vode po pojedinim zonama kruha od pšeničnog brašna te s 5, 10 i 15 % pivskog tropa

Udio vode veći je u sredini i sredini uz koricu u usporedbi s koricom kruha, što su pokazali rezultati određivanja udjela vode svih uzoraka (**Slika 16**). Dodatak pivskog tropa uzrokuje povećanje udjela vode u svim dijelovima kruha (sredina, sredina uz koricu i korica). Nešto veći udo vode primijećen je nakon dodatka 10 % i 15 % pivskog tropa. Obzirom da je pivski trop bogat vlaknima, zamjenom brašna s 10 % i 15 % pivskog tropa kao sirovine za dobivanje kruha, povećava se i sposobnost upijanja vode takvog uzorka. Očekivano, najniže vrijednosti udjela vode imao je standardni uzorak, bez dodatka pivskog tropa.

Aktivitet vode je vrlo važan čimbenik o kojem ovisi stabilnost (trajnost) neke namirnice zbog uloge vode u različitim procesima biološkog, kemijskog i fizikalnog karaktera. Rezultati mjerenja aktiviteta vode kruha pokazuju da je najveći aktivitet vode u sredini i sredini uz koricu (**Slika 17**). Također se može vidjeti da dodatak od 10 % i 15 % pivskog tropa uzrokuje povećanje aktiviteta vode u usporedbi s kontrolnim uzorkom (pšenično brašno) u svim dijelovima kruha.

4.2.2. Specifični volumen kruha

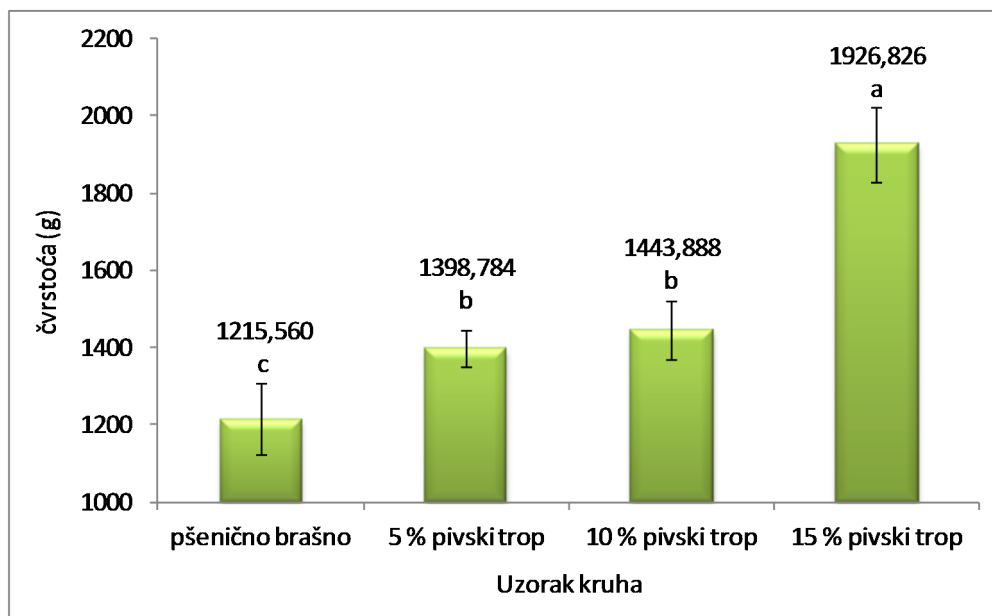


Slika 18 Specifični volumen kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

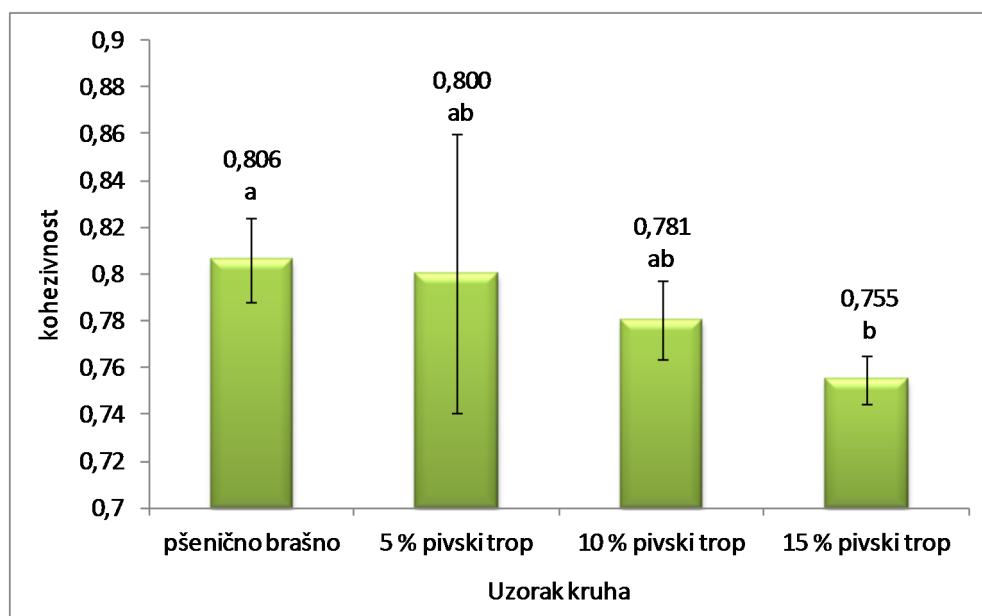
Iz rezultata praćenja promjene specifičnog volumena prikazanog na **Slici 18** vidljivo je da dodatak pivskog tropa uzrokuje smanjenje volumena kruha i to padajućim redoslijedom 5 % (2,353 mL/g), 10 % (2,337 mL/g) i 15 % (1,973 mL/g). Kontrolni uzorak (pšenično brašno) imao je statistički značajan najveći specifični volumen kruha, 2,610 mL/g. Smanjenje volumena je očekivano, jer je

zamjenom pšeničnog brašna pivskim tropom smanjena količina glutena u tim uzorcima, što utječe na smanjenje volumena uzoraka s dodatkom pivskog tropa.

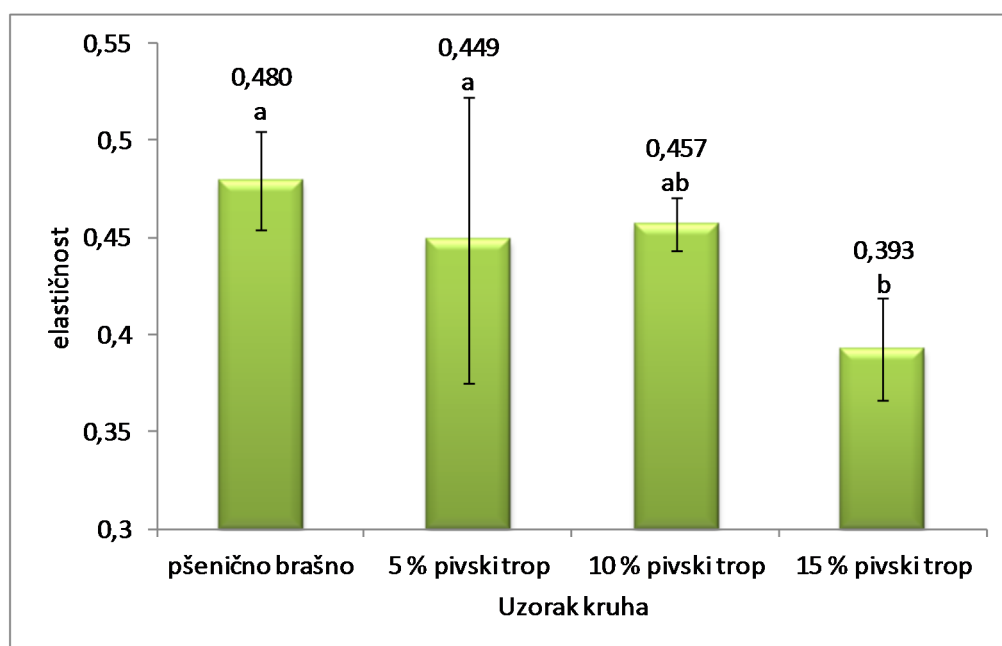
4.2.3. Parametri teksture kruha



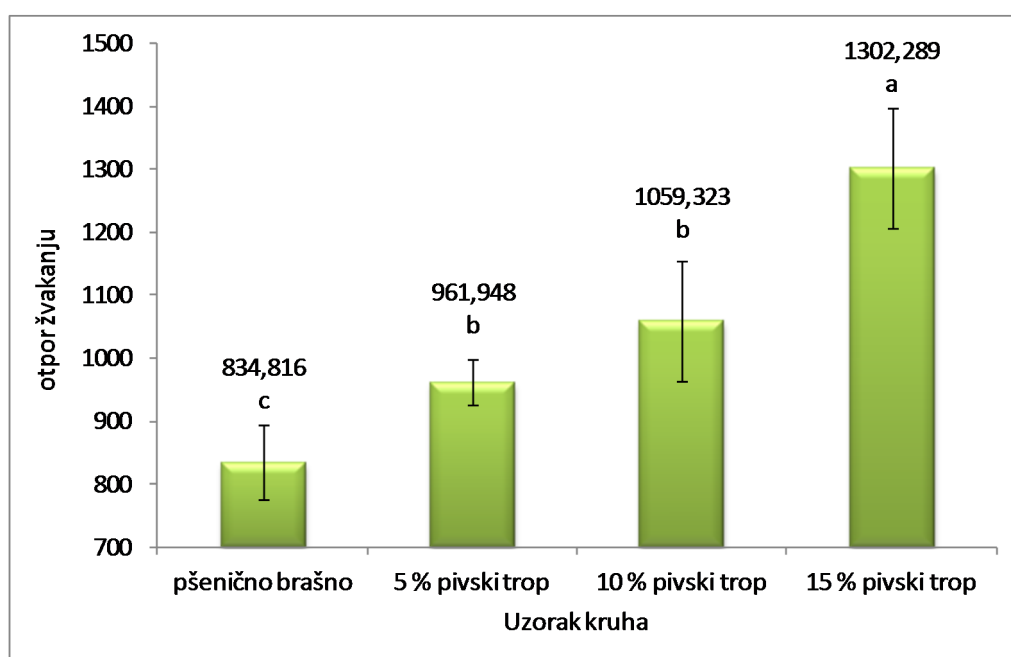
Slika 19 Čvrstoća kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 20 Kohezivnost kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 21 Elastičnost uzoraka kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 22 Otpor žvakanju uzoraka kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

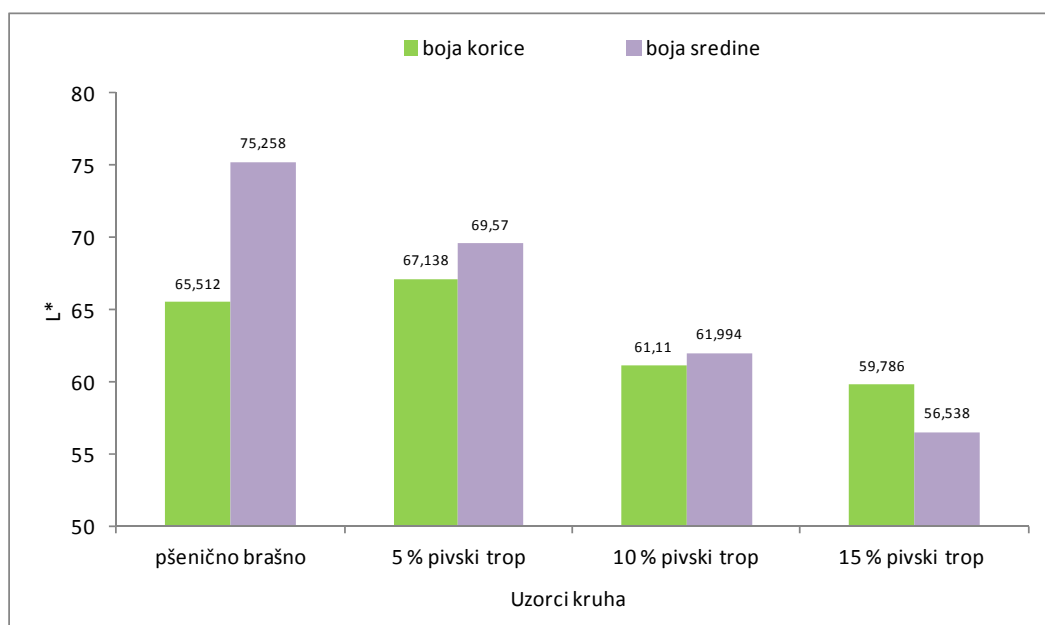
Kvaliteta kruha između ostalih parametara, definirana je i teksturom. Parametri teksture određeni tijekom ovog ispitivanja su čvrstoća, kohezivnost, otpor žvakanju i elastičnost uzorka kruha. Na **Slici 19** prikazana je promjena čvrstoće kruha dodatkom pivskog tropa kao zamjene za pšenično brašno u udjelu 5 %, 10 % i 15 %. Vidljivo je kako se čvrstoća kruha povećava dodavanjem većeg udjela pivskog tropa. Najveća statistički značajna razlika vidljiva je između uzorka kruha s 15 % pivskog tropa i kontrolnog uzorka. Uzorci s 5 % i 10 % pivskog tropa imaju statistički značajne rezultate u odnosu na kontrolni uzorak dok međusobno njihovi rezultati nisu statistički značajni ($p < 0,5$).

Kohezivnost predstavlja snagu unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji. **Slika 20** prikazuje utjecaj dodatka pivskog tropa na promjene kohezivnosti uzorka kruha. Vidljivo je kako se kohezivnost uzorka smanjuje dodatkom većeg udjela pivskog topa. Statistički značajna razlika vidljiva je samo između kontrolnog uzorka i uzorka kruha s dodanim 15 % pivskog tropa. Statistička obrada rezultata analize kohezivnosti uzoraka kruha s 5 % i 10 % pivskog tropa pokazala je da nema statistički značajne razlike ($p < 0,5$) između rezultata ta dva uzorka. Također, vidljivo je da uzorci kruha s 5 % i 10 % pivskog topa nemaju statistički značajne rezultate ($p < 0,5$) ni u usporedbi s kontrolnim uzorkom i uzorkom s 15 % pivskog tropa.

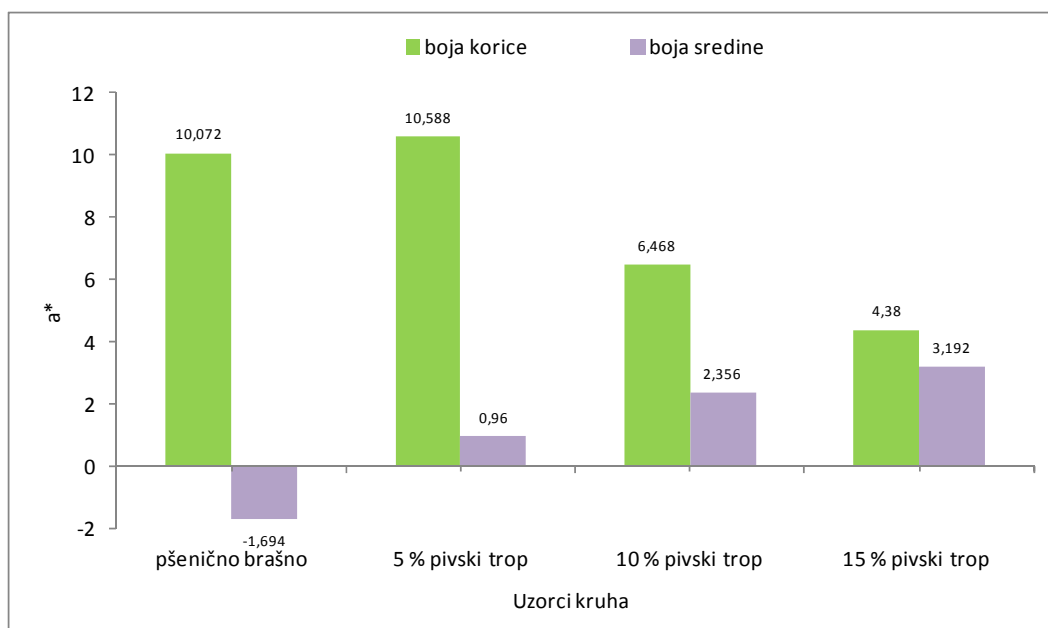
Elastičnost predstavlja tzv. trenutnu elastičnost, odnosno mjeru oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji. **Slika 21** prikazuje vrijednosti rezultata mjerenja elastičnosti uzorka kruha s dodatkom pivskog topa. Dodatak pivskog tropa uzorku kruha uzrokuje smanjenje elastičnosti. Između rezultata uzorka s dodatkom 5 % pivskog tropa nema statistički značajne razlike ($p < 0,5$) u odnosu na rezultate kontrolnog uzorka i uzorka s 10 % pivskog tropa. Rezultati uzorka s dodatkom 10% pivskog tropa nemaju statističku značajni ($p < 0,5$) razliku ni u usporedbi s rezultatima uzorka s 15% pivskog tropa. Statistički značajna razlika vidljiva je samo između uzorka s 15 % pivskog tropa u odnosu na kontrolni uzorak i uzorak s 5 % pivskog tropa.

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. Na **Slici 22** prikazani su rezultati analize otopra žvakanja uzorka kruha s dodatkom pivskog topa. Vidljivo je kako dodatak pivskog tropa utječe na povećanje otpora žvakanja analiziranog uzorka. Statistički značajne razlike vidljive su između kontrolnoig uzorka i uzoraka s dodanim pivskim topom, kao i između uzorka s 15% pivskog tropa i uzoraka s 5 % i 10 % pivskog tropa. Između uzorka s 5 % i 10 % pivskog trop nema statistički značajne razlike ($p < 0,5$).

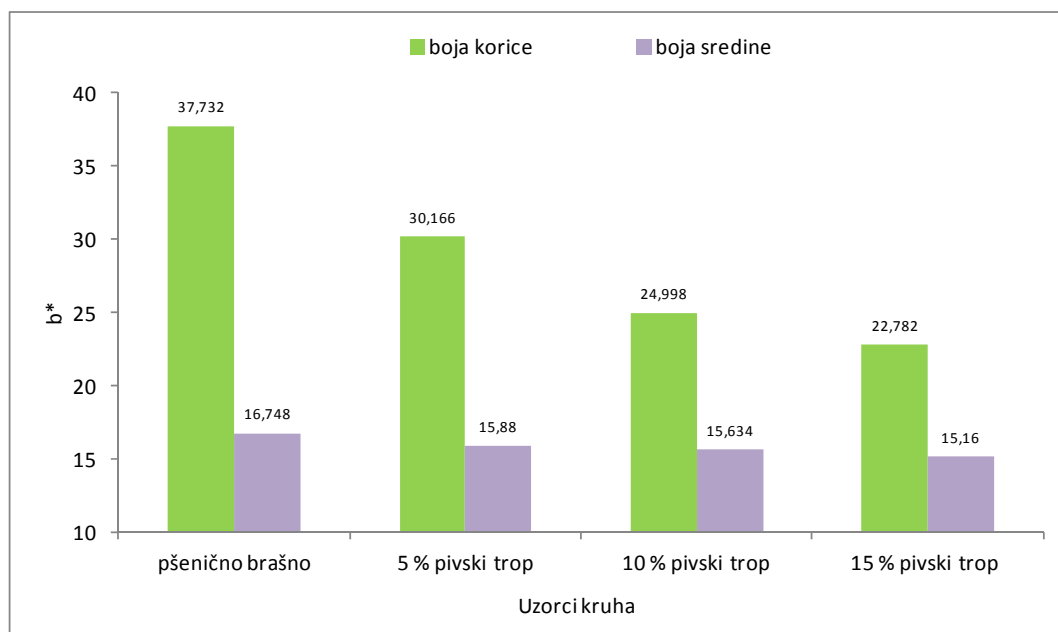
4.2.4. Određivanje boje kruha



Slika 23 Utjecaj dodatka pivskog tropa na L* vrijednost boje sredine i korice kruha



Slika 24 Utjecaj dodatka pivskog tropa na a* vrijednost boje sredine i korice kruha



Slika 25 Utjecaj dodatka pivskog tropa na b* vrijednost boje sredine i korice kruha

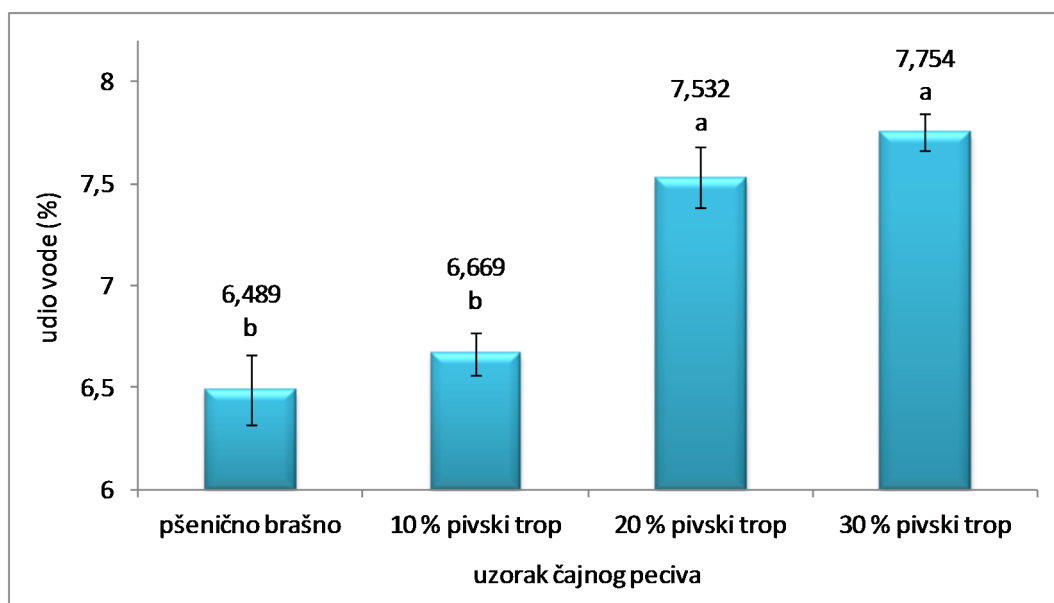
Na **Slici 23** prikazani su rezultati vrijednosti boje L* sredine i korice kruha. Dodatkom 5 % pivskog tropa (65,512) vrijednost boje L* korice kruha se povećava u odnosu na kontrolni uzorak (67,138). Također, dodatak 10 % (61,11) i 15 % (59,786) pivskog tropa utječe na smanjenje vrijednosti boje L* korice kruha u odnosu na kontrolni uzorak (67,138). Vrijednosti boje L* sredine kruha opadaju dodatkom pivskog topa u svim udjelima. Vrijednosti boje L* sredine kruha kretale su se u rasponu od 75,258 za kontrolni uzorak do 56,538 za uzorak s 15 % pivskog tropa.

Slika 24 prikazuje promjene vrijednosti boje a* sredine i korice kruha dodatkom pivskog tropa. Vrijednost boje a* korice kruha uzorka s 5 % pivskog tropa (10,588) ostaje gotovo nepromijenjena u usporedbi s vrijednostima boje a* kontrolnog uzorka (10,072). U uzorcima s 10 % (6,468) i 15 % (4,38) pivskog tropa vrijednost boje a* korice kruha se smanjuje. Kod kontrolnog uzorka vrijednost boje a* sredine kruha ima negativnu vrijednost (-1,694). Međutim, dodatkom 5 %, 10 % i 15 % pivskog tropa vrijednost boje a* se povećava i kreće se u rasponu 0,96 – 3,192.

Rezultati analize vrijednosti boje b* sredine i korice kruha prikazane su na **Slici 25**. Vidljivo je kako vrijednosti boje b* korice kruha opadaju dodatkom pivskog tropa u odnosu na kontrolni uzorak. Vrijednosti boje b* korice kruha kretale su se u rasponu od 37,732 – 22,782. Vrijednosti boje b* sredine kruha također se smanjuju dodatkom pivskog tropa (16,748 – 15,16).

4.3. UTJECAJ PIVSKOG TROPA NA KVALITETU ČAJNOG PECIVA

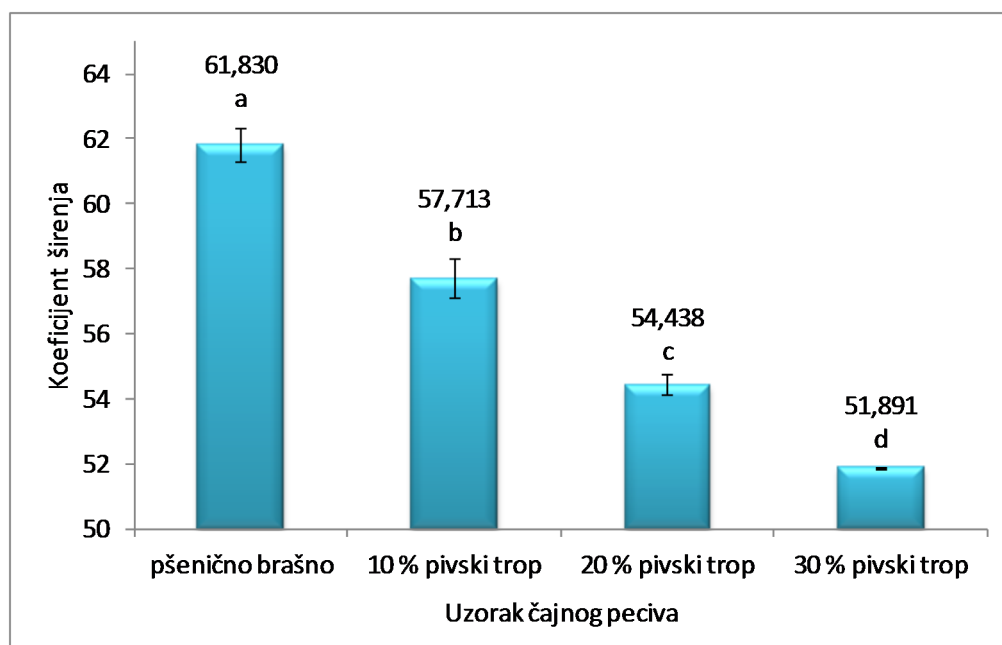
4.3.1. Udio vode čajnog peciva



Slika 26 Udio vode u uzorcima čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Iz rezultata prikazanih na **Slici 26** može se vidjeti da dodatak 10 % pivskog tropa (6,669) ne utječe značajno ($p < 0,5$) na povećanje udjela vode u odnosu na kontrolni uzorak (6,489) (pšenično brašno). Dodatak 20 % (7,532) i 30 % (7,754) pivskog tropa očituje se u značajnom povećanju udjela vode čajnog peciva. Također se može primijetiti da nema statistički značajne razlike ($p < 0,5$) između uzoraka čajnog peciva s dodatkom 20 % i 30 % pivskog tropa.

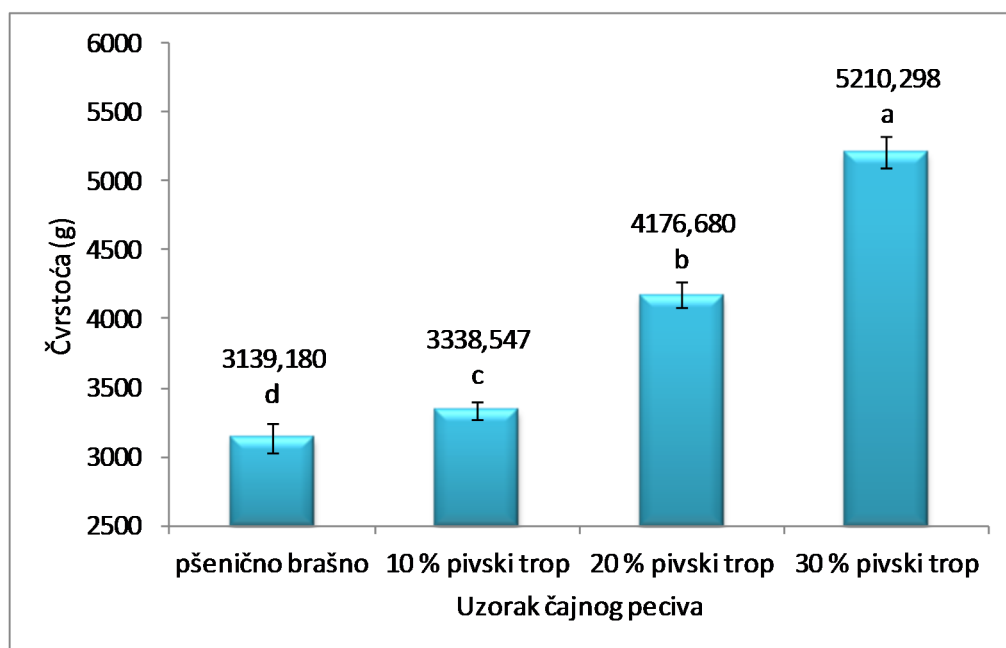
4.3.2. Koeficijent širenja čajnog peciva



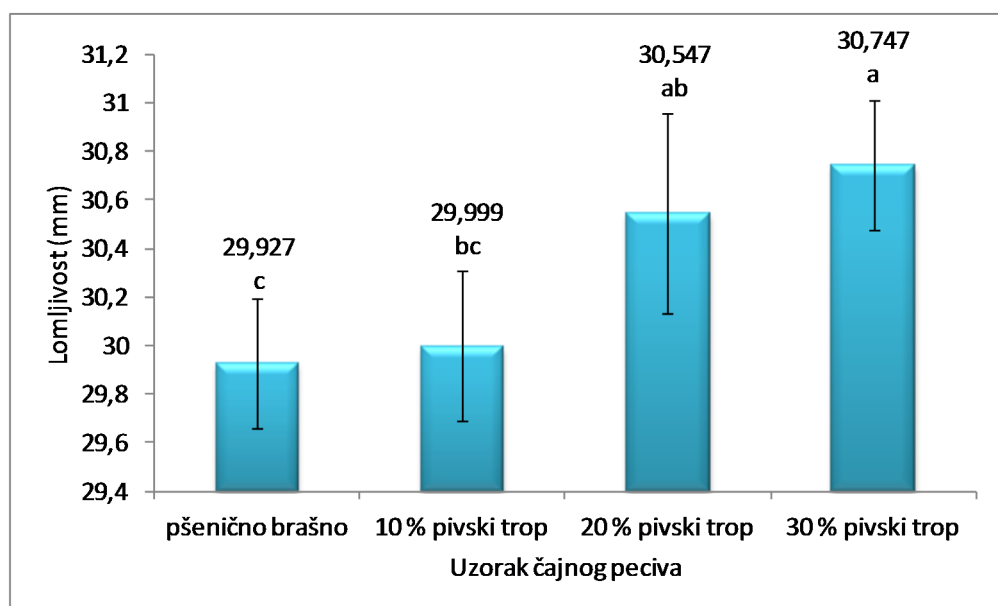
Slika 27 Koeficijent širenja čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Rezultati određivanja koeficijenta širenja (**Slika 27**) čajnog peciva pokazuju da kontrolni uzorak (pšenično brašno) ima najveći koeficijenta širenja 61,830. Dodatak pivskog tropa uzrokuje statistički značajno smanjenje koeficijenta širenja. Povećanjem udjela dodanog pivskog tropa koeficijent širenja se statistički značajno smanjuje padajućim redoslijedom kako slijedi 10 % pivskog tropa (57,713), 20 % pivskog tropa (54,438) i 30 % pivskog tropa (51,891).

4.3.3. Parametri teksture čajnog peciva



Slika 28 Čvrstoća uzoraka čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



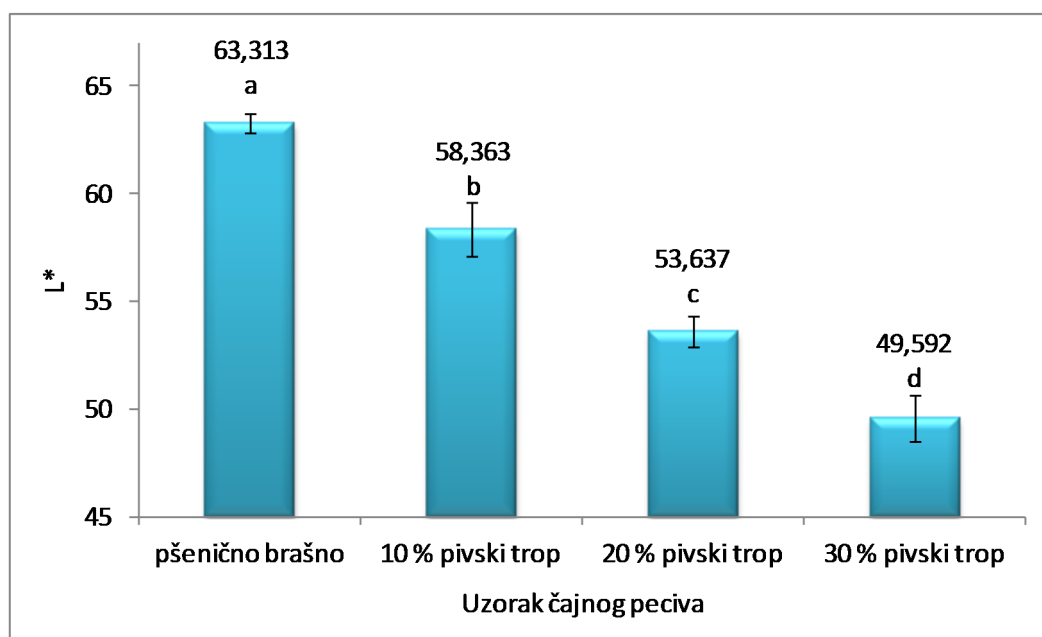
Slika 29 Lomljivost uzoraka čajnog peciva od pšeničnog brašna i s dodatkom pivskog tropa. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Kvaliteta čajnog peciva između ostalih parametara, definirana je i teksturom.

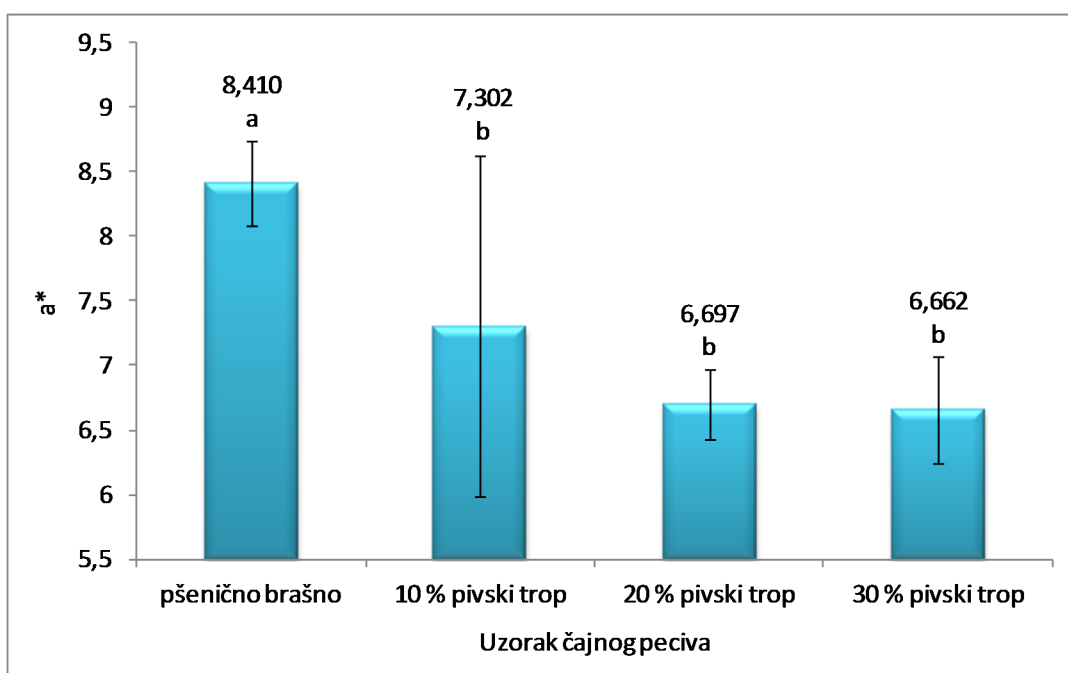
Sila potrebna za lomljenje čajnog peciva određuje teksturu čajnog peciva. Vrijednosti koje se dobiju ispitivanjem čajnog peciva pomoću analizatora teksture su čvrstoća (g) i lomljivost (mm). Lomljivost predstavlja udaljenost koju sonda prolazi od trenutka dodira čajnog peciva do trenutka pucanja uzorka čajnog peciva.

Promjena čvrstoće čajnog peciva dodatkom pivskog tropa prikazana je na **Slici 28** i vidljivo je kako se čvrstoća čajnog peciva statistički značajno povećava s povećanjem udjela pivskog tropa u čajnom pecivu. Uzorci čajnog peciva koji imaju manju čvrstoću su lakše lomljivi, pa, kako je vidljivo sa **Slike 29** uzorak čajnog peciva od pšeničnog brašna ima najniže vrijednosti lomljivosti i te vrijednosti se povećavaju s udjelom pivskog tropa u čajnom pecivu.

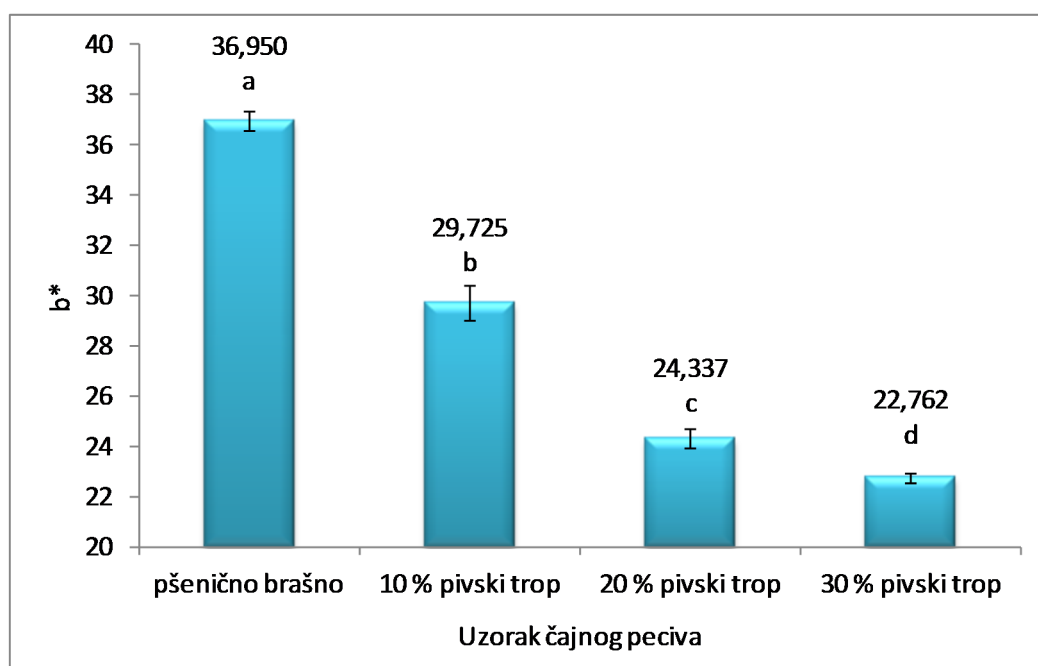
4.3.4. Određivanje boje čajnog peciva



Slika 30 Utjecaj dodatka pivskog tropa na L* vrijednost boje čajnog peciva. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike



Slika 31 Utjecaj dodatka pivskog tropa na a* vrijednost boje čajnog peciva. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 32 Utjecaj dodatka pivskog tropa na b* vrijednost boje čajnog peciva. Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

Na **Slikama 30, 31 i 32** prikazani su rezultati statističke obrade $L^*a^*b^*$ parametara boje dobivenih mjerenjem boje na površini čajnog peciva. Svjetloća, odnosno tamnoća uzoraka opisana je vrijednosti L^* . Te se vrijednosti kreću od 0, što je crno obojenje, do 100, što je apsolutno bijelo obojenje. Vrijednosti L^* prikazani su na **Slici 30** i pokazuju kako se dodatkom pivskog tropa vrijednosti za L^* smanjuju, što znači da nam uzorci postaju statistički značajno tamniji s povećanjem udjela pivskog tropa. Vrijednosti parametra boje a^* izmjerene na površini čajnog peciva prikazane su na **Slici 31** i također se smanjuju s povećanjem udjela pivskog tropa, ali ta promjene nije statistički značajna između čajnog peciva s različitim udjelima pivskog tropa. Parametar a^* u ispitivanom uzorku ukazuje na udio crvene boje (pozitivna vrijednost) i zelene boje (negativna vrijednost) te obzirom na dobivene rezultate možemo reći kako se udio crvene boje u čajnim pecivima s dodatkom različitih udjela pivskog tropa statistički značajno smanjuje u odnosu na čajno pecivo s pšeničnim brašnom. Vrijednosti parametra boje b^* (**Slika 32**), isto kao i vrijednosti za L^* , se statistički značajno smanjuju s povećanjem udjela pivskog tropa. Obzirom da parametar boje b^* ukazuje na udio žute (pozitivne vrijednosti) i plave boje (negativne vrijednosti) iz rezultata prikazanih na **Slici 32** možemo zaključiti kako se s povećanjem udjela pivskog tropa povećava udio plave boje u ispitivanim uzorcima čajnog peciva.

4.4. SENZORSKA OCJENA KRUHA I ČAJNOG PECIVA

U **Tablici 11** i **12** prikazani su rezultati senzorskih ocjena prihvatljivosti kruha i čajnog peciva s dodatkom pivskog tropa.

Tablica 11 Rezultati senzorske ocjene prihvatljivosti kruha s pivskim tropom

Uzorak kruha s:	vanjski izgled	izgled sredine	miris	okus	ukupan dojam
pšeničnim brašnom	9,02 ± 0,41 ^b	9,48 ± 0,46 ^b	9,27 ± 0,20 ^a	9,25 ± 0,24 ^a	9,31 ± 0,22 ^a
5 % pivskog tropa	9,94 ± 0,11 ^a	9,96 ± 0,10 ^a	7,73 ± 0,17 ^d	7,52 ± 0,20 ^b	8,83 ± 0,19 ^b
10 % pivskog tropa	9,92 ± 0,16 ^a	9,52 ± 0,25 ^b	8,06 ± 0,30 ^c	7,02 ± 0,41 ^c	8,65 ± 0,20 ^c
15 % pivskog tropa	9,92 ± 0,12 ^a	9,56 ± 0,22 ^b	8,58 ± 0,25 ^b	6,73 ± 0,25 ^d	8,63 ± 0,25 ^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

Ocjene vanjskog izgleda kruha i izgleda sredine pokazuju kako je najnižu ocjenu dobio standardni uzorak od pšeničnog brašna te da se taj uzorak statistički značajno razlikuje u vanjskom izgledu od svih uzoraka s dodatkom pivskog tropa. Pretpostavlja se da je razlog tome tamnija boja svih kruhova s dodatkom pivskog tropa koja podsjeća konzumenta na pekarski proizvod od cijelozrnih žitarica kakve nutricionisti preporučuju. Prema ocjenama izgleda sredine kruha samo se uzorak s dodatkom 5 % pivskog tropa statistički značajno razlikuje od svih ostalih ispitivanih uzoraka i ocjena tog uzorka za navedeno svojstvo je najviša. Međutim, standardni uzorak kruha u ocjenama mirisa, okusa i ukupnog dojam dobio je najviše ocjene koje se statistički značajno razlikuju od svih ocjena za uzorka s dodatkom pivskog tropa. Ocjene za okus i ukupan dojam opadaju kako raste udio pivskog tropa.

Tablica 12 Rezultati senzorske ocjene čajnog peciva s pivskim tropom

Uzorak čajnog peciva s	boja	okus	tekstura	ukupan dojam
pšeničnim brašnom	3,50 ± 0,40 ^b	6,26 ± 0,24 ^b	8,50 ± 0,09 ^a	6,06 ± 0,24 ^c
10 % pivskog tropa	4,71 ± 0,13 ^a	6,45 ± 0,14 ^a	7,96 ± 0,10 ^b	6,54 ± 0,15 ^b
20 % pivskog tropa	4,70 ± 0,05 ^a	6,41 ± 0,07 ^a	7,81 ± 0,09 ^c	6,61 ± 0,10 ^{ab}
30 % pivskog tropa	4,75 ± 0,15 ^a	6,36 ± 0,09 ^{ab}	7,75 ± 0,11 ^c	6,71 ± 0,06 ^a

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.

Standardni uzorak čajnog peciva od pšeničnog brašna u ocjeni boje dobio je u senzorskom ocjenjivanju najnižu ocjenu koja se statistički značajno razlikuje od ocjena uzoraka s dodatkom pivskog tropa. Ocjena boje čajnog peciva s dodatkom pivskog tropa pokazuje isti trend kao i ocjena vanjskog izgleda kruha s dodatkom pivskog tropa, pa se pretpostavlja da je razlog boljim ocjenama u odnosu na standardni uzorka u tome što uzorci kako kruha, tako i čajnog peciva s dodatkom pivskog tropa podsjećaju na proizvode od cjeloznih žitarica. Okus čajnog peciva s dodatkom pivskog tropa je bolje ocijenjen u odnosu standardni uzorka od pšeničnog brašna, što je različit trend u odnosu na ocjene kod kruha. Samo su teksturalna svojstva čajnog peciva s dodatkom pivskog tropa dobila statistički značajne niže ocijene u odnosu na standardni uzorak, dok je ukupan dojam čajnog peciva s dodatkom pivskog tropa statistički značajno bolji u odnosu na standardno čajno pecivo od pšeničnog brašna, a to je opet suprotan trend u odnosu na ukupni dojam kruha s dodatkom pivskog tropa.

5. ZAKLJUČCI

Utjecaj pivskog tropa na kvalitetu kruha

- Udio vode kao i aktivitet vode veći je u uzorcima kruha s pivskim tropom u svim dijelovima kruha (sredina, sredina uz koricu i korica). Najveći aktivitet vode kao i udio vode je u uzorcima s 15 % pivskog tropa.
- Dodatak pivskog tropa utjecao je na specifični volumen kruha. Specifični volumen kruha sa dodatkom pivskog tropa se smanjuje, bez statistički značajne razlike između dodatka 5 i 10 % pivskog tropa.
- Rezultati analize čvrstoće i otpora žvakanju pokazali su povećanje dodatkom pivskog topa, dok kohezivnost i elastično opadaju tek s dodatkom 15 % pivskog tropa.
- Dodatak pivskog tropa uzrokovao je tamnjenje sredine kruha.
- Dodatak pivskog tropa pozitivno utječe na vanjski izgled kruha, a negativno na miris, okus i ukupan dojam kruha

Utjecaj pivskog tropa na kvalitetu čajnog peciva

- Udio vode u čajnom pecivu s dodatkom pivskog tropa raste za razliku od koeficijenta širenje koji opada. Dodatak 20 i 30 % pivskog topa značajno je utjecao na povećanje udjela vode, odnosno smanjenje koeficijenta širenja.
- Čvrstoća kao i lomljivost čajnog peciva statistički se značajno povećava s povećanjem udjela pivskog tropa u čajnom pecivu.
- Dodatak pivskog tropa uzrokovao je tamnjenje uzoraka čajnog peciva te smanjenje crvene i povećanje plave boje čajnog peciva.
- Čajno pecivo s dodatkom pivskog tropa pri senzorskom ocjenjivanju dobilo je bolje ocjene za boju, okus i ukupan dojam proizvoda

6. LITERATURA

- AACC 10-50D, Baking Quality of Cookie Flour, Approved Methods of the Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, MN, 2000.
- Aliyu, S. i Bala, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*. 10: 324–331, 2011.
- Bamforth, C. *Brewing New technologies*, 1st ed., Woodhead publishing limited, Cambridge, 2006.
- Brown, J: Advances in breadmaking technology. U *Advances in baking technology*, 38 – 87. B.S.Kamel (ur.). Blackie Academic and Professional, London, 1995.
- Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Ait-Ameur, L., Fogliano, V.: Characterization of the Maillard reaction in bread crisps. *European Food Research Technology*. 228: 311–319, 2008.
- Cauvain, S. P., Young, L. S. *Technology of breadmaking*. Blackie Academic and Professional, UK, 1998.
- Celus, I. Characterisation and fractionality of brewer's spent grain proteins and their enzymatic hydrolysate. *Doktorska disertacija*. Laboratory of Food Chemistry and Biochemistry, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 2008.
- Chiang, P., Chang, P., You, J. Innovative technology for controlling VOC emissions. *Journal of Hazardous Materials*. 31: 19–28, 1992.
- Čačić-Kenjerić, D: Materijali s predavanja na kolegiju „Funkcionalna hrana“. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2016.
- Đaković, Lj. *Pšenično brašno*. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.
- Dhiman, T., Bingham, H., Radloff, H. Production response of lactating cows fed dried versus wet brewers' grain in diets with similar dry matter content, *Journal of Dairy Science*. 86: 2914–2921, 2003.
- Encyclopedia Britannica, Inc. <https://www.britannica.com/technology/divider-bread-making/images-videos/The-drive-feed-and-cutting-elements-of-a-dough-divider/172> (29. 6. 2016.)
- Ezeonu, F. i Okaka, A. Process kinetics and digestion efficiency of anaerobic batch fermentation of brewer's spent grains (BSG), *Process Biochemistry*. 31: 7–12, 1996.
- Firkins, J., Harvatine, D., Sylvester, J., Eastridge, M. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grains or whole cottonseed to replace forage, *Journal of Dairy Science*. 85:2662 – 2668, 2002.
- Forsell, P., Kontkanen, H., Schols, H., Hinz, S., Eijsink, V., Treimo, J., Robertson, J., Waldron, K., Faulds, C., Buchert, J. Hydrolysis of brewers' spent grain by carbohydrate degrading enzymes. *Journal of the Institute of Brewing*. 114: 306–314., 2008.

- Gallo, M., Sommer, A., Mlynar, R., Rajcakova, L: Effect of dietary supplementation with brewery draff on rumen fermentation and milk production in grazing dairy cows. *Journal of Agriculture and Animal Science*. 34: 107–113, 2001.
- Gautam, H.R., Guleria, S.P.S., Parmar, Y.S. *Fruit and vegetable waste utilisation*. Department of Mycology and Plant Pathology, Science technology. Entrepreneur, 2007.
- Gavrilović, M. *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2011.
- Hadiyanto, H., Asselma, A., van Straten, G., Boom, R.M., Esveld, D.C., van Boxtel, A.J.B. Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 8:285–298, 2007.
- Hoseney, R.C. *Principles of cereal science and technology*. American Association of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul Minnesota. USA . 1994.
- Hawkins, G.L. *Managing Fruit and Vegetable Waste*. The university of Georgia, Cooperative Extension, 2010.
- Hodge, J.E. Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. *Agricultural and Food Chemistry*. 15:928–943, 1953.
- Ishiwaki, N., Murayama, H., Awayama, H., Kanauchi, O., Sato, T. *Development of high value uses of spent grain by fractionation technology*, MBAA TQ 37 (2000) 261–265.
- 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(1):22-30, 2014.
- Kaluđerški, G. *Žirovine za proizvode pekarstva, testeničarstva i konditorstva*. Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, 1986.
- Kaur, V. i Saxena, P. Incorporation of brewery waste in supplementary feed and its impact on growth in some carps, *Bioresource Technology*. 91: 101–104, 2004.
- Kent, N.L. i Evers, A.D. *Technology of cereals*. Elsevier Science Ltd, UK . 1994.
- Koceva Komlenić D: Ispitivanje utjecaja različitog načina zakiseljavanja i dodatka karboksimetilceluloze na parametre kakvoće svježih i zamrzvanih kruhova. *Doktorska disertacija*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek. 2007.
- Kokoni, J.L., Lai, L.S., Chedid, L. Effect of starch structure on starch rheological properties. *Food Technology*. 6:124-139, 1992.
- Kruger, J.E. i Reed, G. Enzymes and color. U *Wheat chemistry and technology, Vol 1* Y. Pomeranz (ur.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota . 1988.
- Ktenioudaki, A., Gallagher, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science & Technology* 28, 4-14., 2012.

- Ktenioudaki, A., O'Shea, N., Gallagher, E. Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 116:362–368, 2013.
- Kulicke, W.M., Ediam, D., Kath, F., Kix, M. i Kull, A.H. Hydrocolloids and rheology: regulation of visco-elastic characteristics of waxy rice starch in mixtures with galactomannans. *Starch* 48:105-114, 1996.
- Kvasac, proizvodi za pekarstvo. *Tehnološki procesi u pekarskoj industriji*. 2013. http://www.kvasac.hr/tehnoloski_procesi.html (25. 6. 2016.)
- Lineback, D.R. i Rasper, V.F. Wheat carbohydrates. U *Wheat chemistry and technology, Vol 1* Y. Pomeranz (ur.). American Association of Cereal Chemists, St.Paul, Minnesota. 1988.
- Low, K., Lee, C., Low, C. Sorption of chromium (VI) by spent grain under batch conditions. *Journal of Applied Polymer Science*. 82: 2128–2134, 2001.
- Low, K., Lee, C., Liew, S. Sorption of cadmium and lead from aqueous solutions by spent grain, *Process Biochemistry*. 36: 59–64, 2000.
- Kovačević, M.B. *Čavremeno pekarstvo*, Cvetnik, Novi Sad, 1991.
- Manley, D. *Biscuit packaging and storage*, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 1998.
- Manley, D. *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Woodhead publishing Limited, 2000.
- Manners, D.J. Some aspects of the structure of starch. *Cereal Foods World* 30:461-467, 1985.
- McCarthy, A.L., O'Callaghan, Y.C., Connolly, A., Piggott, C.O., Fitz Gerald, R.J., O'Brien, N.M. Phenolic extracts of brewers' spent grain (BSG) as functional ingredients – Assessment of their DNA protective effect against oxidant-induced DNA single strand breaks in U937 cells. *Food Chemistry*, 134(2):641–646, 2012.
- Meneses, N.G.T., Martins, S., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. Influence of extraction solvents on the recovery of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grains. *Separation and Purification Technology*, 108:152–158, 2013.
- Moreira, M.M., Morais, S., Carvalho, D.O., Barros, A.A., Delerue-Matos, C., Guido, L.F. Brewer's spent grain from different types of malt: Evaluation of the antioxidant activity and identification of the major phenolic compounds. *Food Research International*, 54(1):382–388, 2013.
- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodnog gospodarstva RH. Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta. *Narodne novine* 78. 2005.
- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o keksima i keksima srodnim proizvodima, NN 73/05.

- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, NN br. 47/2008.
- Mussatto, S.I., Dragone, G., Roberto, I.C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43:1–14, 2006.
- Okamoto, H., Kitagawa, Y., Minowa, T., Ogi, T. Thermalcatalytic conversion of high moisture spent grains to a gaseous fuel. *Master Brewers Association of the Americas* TQ 36:239–241, 1999.
- O'Shea, N., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2012). 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.
- Öztürk, S., Özboy, O., Cavidoglu, I., Köksel, H. Effects of brewers' spent grain on the quality and dietary fibre content of cookies. *Journal of the Institute of Brewing*. 108: 23–27, 2002.
- Pejin, J.D., Radosavljević, M.S., Grujić, O.S., Mojović, Lj.V., Kocić-Tanackov, S.D., Nikolić, S.B., Djukić-Vuković, A.P. Mogućnosti primene pivskog tropa u biotehnologiji. *Hemijska industrija*. 67(2):277–291, 2013.
- Perten, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. *Cereal Chemistry Journal*. 41:127-140, 1964.
- Plessas, S., Trantallidi, M., Bekatoru, A., Kanellaki, M., Nigam, P., Koutinas, A. Immobilization of kefir and *Lactobacillus cesei* on brewery spent grains for use in sourdough wheat bread making, *Food Chemistry*. 105: 187–194, 2007.
- Purlis, E. i Salvadori, V.O. Bread baking as a moving boundary problem. Part 2: Model validation and numerical simulation. *Journal of Food Engineering*. 91:434–442, 2009a.
- Purlis, E. i Salvadori, V.O. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*. 42:865–870, 2009b.
- Quintas, M.A.Q., Brandao, T.R.S., Silva, C.L.M. Modelling colour changes during the caramelisation reaction. *Journal of Food Engineering*. 83:483–491, 2007.
- Ramirez-Jimenez, A., Garcia-Villanova, B., Guerra-Hernandez, E. Hydroxymethylfurfural and methylfurfural content of selected bakery products. *Food Research International*. 33:833–838, 2000a.
- Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B. Browning indicators in bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48:4176–4181, 2000b.
- Rasper, V.F. Dough rheology and physical testing of dough. U *Advances in baking technology*. B.S. Kamel (ur.). Blakie Academic & Professional, Glasgow, UK, 107-133. 1995.
- Rieker, C., Moeller, M., Sommer, K. Anaerobic degradation of beer spent grains for biogas production, *Brauwelt* 132: 716–721, 1992.

- Robertson, J., Anson, K., Treimo, J., Faulds, C., Brocklehurst, T., Eijsink, V., Waldron, K. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production, *LWT – Food Science and Technology*. 43: 890–896, 2010.
- Russ, W., Mörtel, H., Meyer-Pittroff, R. Application of spent grain to increase porosity in bricks, *Construction and Building Materials*. 19: 117–126, 2005.
- Santos, M., Jimenez, J., Bartolomé, B., Gomez-Cordoves, C., del Nozal, J. Variability of brewer's spent grain within a brewery, *Food Chemistry*. 80: 17–21, 2003.
- Sato, K., Yag, Ni, Okamoto, H., Inoue, M., Ajiri, T., Shibata, J. Physical property and burning property of spent grain charcoal, *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*. 117: 587–590, 2001.
- Sharma, P., Gujral, H.S. Cookie making behaviour of wheat-barly flour blends and effects on antioxidant properties. *LWT – Food Science and Technology* 55, 301-307, 2014.
- Silva, J., Sousa, S., Goncalves, I., Porter, J., Ferreira-Dias, S. Modeling adsorption of acid orange 7 dye in aqueous solutions to spent brewery grains, *Separation and Purification Technology*. 40: 163–170, 2004.
- Silva, J., Sousa, S., Rodrigues, J., Antunes, H., Porter, J., Goncalves, I., Ferreira-Dias, S. Adsorption of acid orange 7 dye in aqueous solutions by spent brewery grains, *Separation and Purification Technology*. 40: 309–315, 2004.
- Stojceska, V. i Ainsworth, P. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. *Food Chemistry*, 110(4):865–872, 2008.
- Therdthai, N. i Zhou, W. Recent Advances in the Studies of Bread Baking Process and Their Impacts on the Bread Baking Technology. *Food Science Technology Research*. 9:210–226, 2003.
- Yamasaengsung, R., Berghofer, E. & Schoenlechner, R. Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amarath or buckwheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2221-2227, 2012.
- Wahlby, U. i Skjöldebrand, C. Reheating characteristics of crust formed on buns, and crust formation. *Journal of Food Engineering* 53:177–184, 2002.
- Waters, D. M., Kingston, W., Jacob, F., Titze, J., Arendt, E. K., Zannini, E. (2013). Wheat bread biofortification with rootlets, a malting by-product. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93 (10), 2372–2383.
- Wrigley, C.W. i Bietz, J.A. Proteins and aminoacids. U *Wheat chemistry and technology, Vol 1* Y. Pomeranz (ur.). American Association of Cereal Chemists, St.Paul, Minnesota. 1988.
- Wunderlich, S. i Back, W. U V. Preedy (Eds.), *Beer in Health and Disease Prevention Academic Press*, Elsevier, 2008.

www.perten.com/de/Produkte/Glutomatic/Uber-gluten (30.6.2016.)

www.wpiib.de/en/world-of-products/hard-biscuit-lines.html (28.6.2016.)

Yildiz, F. *Advances in Food Biochemistry*, CRC Press Inc, New York, 2009.

Zang, J. i Datta, A.K. Mathematical modeling of bread baking process. *Journal of Food Engineering*. 75:78– 89, 2006.

Zanker, G. i Kepplinger, W. The utilization of spent grains in the brewery integrated system, *Brauwelt*. 142: 1742–1747, 2002.