

# Reološka svojstva tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa Cabernet Sauvignon

---

**Rašić, Anđela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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:109:957355>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

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

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Anđela Rašić**

**REOLOŠKA SVOJSTVA TIJESTA PŠENIČNOG BRAŠNA S DODATKOM  
TROPA SORTE GROŽĐA *CABERNET SAUVIGNON***

**DIPLOMSKI RAD**

Osijek, rujan 2019.

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

**Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo**

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija proizvodnje i prerade brašna

**Tema rada** je prihvaćena na IX redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2017/2018. održanoj 29. lipnja 2018.

**Mentor:** prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*

**Pomoć pri izradi:** Ana Šušak, dipl. ing., stručni suradnik

**Reološka svojstva tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon*  
*Anđela Rašić, JMBAG 0113136770***

**Sažetak:** Cilj rada bio je ispitati reološka svojstva tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon*. Reološka svojstva su ispitana na Brabenderovom farinografu i ekstenzografu. Aktivnost amilolitičkih enzima je ispitana na mikroviskoamilografu i pomoću broja padanja po Hagberg-Pertenu. Trop grožđa, nusproizvod koji obiluje prehrambenim vlaknima i biološki aktivnim tvarima predstavlja ekološki problem zbog svoje spore biorazgradivosti. Njegovim iskorištenjem kao sirovine u proizvodnji hrane, smanjuje se količina otpada, a dobiva se proizvod s povećanom nutritivnom vrijednosti. Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da zamjena dijela pšeničnog brašna tropom grožđa značajno utječe na reološke pokazatelje svojstava tijesta. Povećanjem udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* raste vrijeme razvoja tijesta, stabilnost, rezistencija, stupanj omekšanja, otpor i omjer otpora i rastezljivosti te početna temperatura želatinizacije, a opada sposobnost upijanja vode, energija i rastezljivost tijesta te broj padanja i maksimalna viskoznost.

**Ključne riječi:** *reološka svojstva, pšenično brašno, trop grožđa, farinograf, ekstenzograf*

**Diplomski rad je izrađen u okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost: "Razvoj održivog integriranog procesa proizvodnje biološki aktivnih izolata iz proizvodnih ostataka prehrambene industrije" (POPI-WinCEco) (IP-2018-01-1227)**

**Rad sadrži:** 54 stranica  
25 slika  
5 tablica  
0 priloga  
29 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Mirela Planinić</i>           | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. <i>Vinko Krstanović</i>          | član          |
| 4. prof. dr. sc. <i>Ana Bucić-Kojić</i>           | zamjena člana |

**Datum obrane:** 25. rujna 2019.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.**

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food technologies**  
**Subdepartment of Cereal technology**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Technology of Flour Production and Processing

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. IX held on June 29, 2018

**Mentor:** *Daliborka Koceva Komlenić, PhD, prof.*

**Technical assistance:** *Ana Šušak, dipl. ing., expert associate*

### **Rheological Properties of Wheat Flour Dough with Added Pomace from the Grape Variety *Cabernet Sauvignon***

***Anđela Rašić, JMBAG 0113136770***

**Summary:** The aim of this study was to determine the rheological properties of wheat flour dough with the added pomace from the grape variety *Cabernet Sauvignon*. Rheological properties were determined by the Brabender farinograph and extensograph. The amylolytic activity was examined by using microviscoamilograph and by measuring Falling Number (Hagberg-Perten). Grape pomace, a by-product that is rich in dietary fiber and biologically active substances is an environmental problem because of its slow biodegradability. By using it as a raw material in food production, waste is reduced and a product with increased nutritional value is obtained. Based on the results of the research carried out it can be concluded that the replacing part of the wheat flour with grape pomace had significant influence on the majority of the observed dough rheological parameters. By increasing the share of grape pomace, the dough development time, dough stability, degree of softening, resistance, the ratio of resistance to extensibility and starting temperature of gelatinization has increased. The water absorption, energy and extensibility as well as the falling number and peak viscosity has decreased by addition of grape pomace.

**Key words:** *rheological properties, wheat flour, grape pomace, farinograph, extensograph*

**Final thesis was supported by the Croatian Science Foundation under the project "Development of a sustainable integrated process for the production of bioactive isolates from food industry residues" (POPI-WinCEco) (IP-2018-01-1227).**

**Thesis contains:** 54 pages  
25 figures  
5 tables  
0 supplements  
29 references

**Original in:** Croatian

### Defense committee:

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. <i>Mirela Planinić, PhD, prof.</i>           | chair person |
| 2. <i>Daliborka Koceva Komlenić, PhD, prof.</i> | supervisor   |
| 3. <i>Vinko Krstanović, PhD, prof.</i>          |              |
| 4. <i>Ana Bucić-Kojić, PhD, prof.</i>           | stand-in     |

**Defense date:** September 25, 2019

**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.....	3
2.1. Pšenica .....	4
2.1.1. Pšenično brašno .....	4
2.1.2.Kemijski sastav pšeničnog brašna .....	6
2.2. TROP GROŽĐA .....	11
2.2.1. Sastav tropa grožđa .....	13
2.3. Reologija.....	14
2.3.1. Reološka svojstva tijesta od pšeničnog brašna .....	15
2.3.2. Metode za određivanje reoloških svojstava tijesta pšeničnog brašna .....	16
3.EKSPERIMENTALNI DIO .....	23
3.1. ZADATAK .....	24
3.2. MATERIJALI.....	24
3.3. METODE .....	24
3.3.1. Ispitivanje kvalitete brašna pomoću farinografa.....	24
3.3.2. Ispitivanje otpora tijesta na rastezanje pomoću ekstenzografa.....	26
3.3.3. Ispitivanje broja padanja po Hagberg-Pertenu.....	28
3.3.4. Ispitivanja na mikroviskoamilografu.....	28
4. REZULTATI .....	31
4.1. Rezultati određivanja svojstava tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa <i>Cabernet Sauvignon</i> na farinografu.....	32
4.2. Rezultati određivanja svojstava tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa <i>Cabernet Sauvignon</i> na ekstenzografu .....	35
4.3. Rezultati određivanja broja padanja pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa <i>Cabernet Sauvignon</i> .....	37

4.4. Rezultati određivanja reoloških svojstava pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa <i>Cabernet Sauvignon</i> na mikroviskoamilografu .....	38
5. RASPRAVA .....	42
5.1. FARINOGRAFSKA ISPITIVANJA .....	43
5.2. EKSTENZOGRAFSKA ISPITIVANJA.....	45
4.3. ISPITIVANJA BROJA PADANJA.....	47
4.4. ISPITIVANJA NA MIKROVISKOAMILOGRAFU .....	48
6. ZAKLJUČCI.....	50
7. LITERATURA.....	52

### Popis oznaka, kratica i simbola

NN	Narodne novine
AACC	American Association of Cereal Chemists
LSD test	test najmanje značajne razlike (eng. Least significant difference)
BU	Brabender Units
tgCS0	pšenično brašno s dodatkom 0% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>
tgCS5	pšenično brašno s dodatkom 5% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>
tgCS10	pšenično brašno s dodatkom 10% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>
tgCS15	pšenično brašno s dodatkom 15% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>
tgCS20	pšenično brašno s dodatkom 20% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>
tgCS25	pšenično brašno s dodatkom 25% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>
tgCS30	pšenično brašno s dodatkom 30% tropa grožđa sorte <i>Cabernet Sauvignon</i>

## **1.UVOD**



Pšenica je biljka svrstana u porodicu trava, rod *Triticum*. Od 27 poznatih vrsta pšenice za proizvodnju brašna koriste se tri vrste pšenice, meka (*Triticum aestivum*), patuljasta (*Triticum compactum*), te tvrda pšenica (*Triticum durum*). 90 % ukupne svjetske proizvodnje opada na meke vrste pšenice koje se primjenjuju najviše u proizvodnji kruha, djelomično u konditorskoj industriji te u proizvodnji tjestenine (Krička, 2012; Đaković, 1997).

Kemijski sastav, tehnološka kakvoća i hranjiva vrijednost brašna određuju se nizom kemijskih, fizikalnih, mikrobioloških, reoloških i drugih metoda kojima se pokušava unaprijed utvrditi sposobnost brašna za proizvodnju kvalitetnih komercijalnih proizvoda (Đaković, 1997.). Danas se za potrebe industrije pšenično brašno podvrgava reološkim ispitivanjima kako bi se ispitala kvaliteta brašna. Reologija je grana fizike koja provodi ispitivanja brašna i tijesta kroz duljinu zamjesa, tako što prati ponašanje tijesta tijekom zamjesa s vodom i različitim dodacima, rastezljivost tijesta, čvrstoću glutena u oblikovanom tijestu, kvalitetu škroba u brašnu te prati aktivnost enzima u brašnu (oni imaju bitan utjecaj na pekarska svojstva brašna) (Pomeranz, 1988).

Vinova loza (*Vitis vinifera*) je najčešće uzgajana kultura u svijetu. Oko 80 % godišnjeg uroda grožđa se prerađuje u vino, pri čemu 20-30 % prerađenog grožđa zaostaje kao čvrsti bio-otpad tzv. trop. Tako u Hrvatskoj preradom grožđa u jednoj godini zaostane 40 618 tona tropa grožđa. Trop grožđa je nusproizvod prehrambene industrije koji zbog svog kemijskog sastava (bogat je vlaknima, fenolnim spojevima) i lake dostupnosti može poslužiti kao izvor za proizvodnju visokovrijednih produkata (Bucić-Kojić i sur., 2017).

Cilj diplomskog rada je ispitati reološka svojstva tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon*. Ispitivanja su provedena na sljedećim uređajima: mikroviskoamilografu, farinografu, ekstenzografu te je određivan broj padanja po Hagberg-Pertenu. Na osnovi dobivenih rezultata utvrdile su se razlike u ispitanim reološkim svojstvima obzirom na različite udjele tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*.

## **2.TEORIJSKI DIO**

### 2.1. Pšenica

Pšenica je prema sačuvanim zapisima poznata već više od 10.000 godina. Budući da je naziv „pšenica“ zajednički u svim slavenskim jezicima to ukazuje kako je uzgajana u pradomovini Slavena. Pšenica je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice trava (*Poaceae*) i predstavlja najvažniji ratarski usjev koji se uzgaja na oko 23 % svjetskih obradivih površina. Udio proteina u zrnju pokazatelj je kakvoće pšenice dok prema međunarodnom standardu taj udio iznosi 13,5 %. Kruh pšeničnog brašna osim što je lako probavljiv, obogaćen je visokim udjelom proteina (16-17 %) i ugljikohidrata (77-78 %), dok masti sadrži 1,2-1,5 %. Pšenični kruh nadmašuje raženi po hranjivoj vrijednosti i njime se hrani oko 70 % stanovništva svijeta. Proizvodi od pšeničnog brašna specifični su po tome što sadrže gluten (lijepak), a to je proteinska masa koja se izdvaja tijekom ispiranja tijesta vodom te se sastoji od čestica glijadina i glutenina. Količina glutena utječe na pecivna svojstva pšeničnog brašna. U pšeničnom kruhu su u najvećem udjelu zastupljeni vitamini B kompleksa i minerali. Pšenica je bitna komponenta pivarske, mlinarske, industrije kruha, keksa, kolača, farmaceutske industrije i drugih prehrambenih i neprehrambenih industrija (Kent i Evers, 1994; Đaković, 1997; Pomeranz, 1988).

#### 2.1.1. Pšenično brašno

Za proizvodnju brašna koriste se tri vrste pšenice, meka (*Triticum aestivum*), patuljasta (*Triticum compactum*), te tvrda pšenica (*Triticum durum*) (Krička, 2012, Đaković, 1997). Pšenično brašno je najvažnija sirovina pekarske industrije i osnovna sirovina koja se koristi u pripremanju pekarskih i sličnih proizvoda. Kvaliteta pekarskih proizvoda ovisi o svojstvima pšeničnog brašna i jako je bitno dobro postaviti proces mljevenja kako bi dobili brašna različitih svojstava za točno određenu namjenu. Tako se kod proizvodnje finih pekarskih proizvoda (vafla, čajnog peciva, keksa) koriste brašna manje granulacije ili puder brašna, a za potrebe proizvodnje kruha i peciva koriste se brašna krupnije granulacije. Osim toga, granulacija će utjecati na apsorpcijsku moć brašna i na rasplinjavanje odnosno zadržavanje plinova pri nastanku strukture tijesta te tijekom pečenja. Ukoliko brašno sadrži čestice manjeg promjera, aktivna površina je veća, a škrobne granule oštećenije te reakcijom s vodom dolazi

## 2. TEORIJSKI DIO

do većeg upijanja vode i takvo brašno ima veću apsorpcijsku moć. Brašno krupnije granulacije slabije upija vodu zbog manje oštećenih granula škroba. Prema granulaciji brašna mogu biti krupičasta brašna ili krupice, oštra brašna, meka brašna i puder brašna. Krupičasta brašna ili krupice najčešće se koriste kod proizvodnje tjestenine (granulacije: 200-300  $\mu\text{m}$ ). Meka brašna (veličine čestica do 180  $\mu\text{m}$ ) se koriste u pekarskoj industriji u proizvodnji cijelog niza pekarskih proizvoda. Oštra brašna (180-200  $\mu\text{m}$ ) se koriste u proizvodnji nekih tjestenina i drugih posebnih pekarskih proizvoda, a budući da nemaju dobra apsorpcijska svojstva rjeđe se koriste za proizvodnju kruha. Puder brašna (čestice manje od 80  $\mu\text{m}$ ), se koriste u proizvodnji različitih proizvoda industrije keksa, poput čajnog peciva i drugih finih pekarskih proizvoda (Žeželj, 2005).

Prema pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta provodi se tipizacija mlinskih proizvoda na osnovu udjela mineralnih tvari (pepela), računato na suhu tvar:

- do 0,45% za krupicu i bijelo brašno tip 400;
- od 0,50% do 0,60% za bijelo brašno tip 550;
- od 0,65% do 0,75% za polubijelo brašno tip 700
- od 0,80% do 0,90% za polubijelo brašno tip 850;
- od 1,05% do 1,15% za crno brašno tip 1100;
- od 1,55% do 1,65% za crno brašno tip 1600;
- do 3,00% za prekrupu;
- do 2,00% za brašno i prekrupu iz cijelog zrna;
- do 0,90% za krupicu iz durum pšenice;
- do 5,5% za klicu;
- do 7,00% za posije.(NN, 78/05).

Mljevenjem endosperma pšenice dobivaju se dva tipa bijelog brašna, T400 i T550 koji uspoređujući sa polubijelim brašnom T-850 imaju niži postotak izmeljavanja, manji udio mineralnih tvari i nutritivno vrijednih proteina, veći udio škroba te formiraju gluten boljih svojstava. Bijelo brašno T-550 te polubijelo brašno T-850 najčešće su korištena brašna u pekarskoj industriji (Đaković, 1997). U proizvodnji čajnih peciva i većine drugih finih pekarskih

proizvoda najčešće se upotrebljava pšenično brašno T-400 i T-550. Brašna s niskim udjelom proteina i čestica brašna veće granulacije imaju smanjenu moć upijanja vode (Gavrilović, 2011). Za pekarsku industriju, odnosno proizvodnju peciva i kruha važan je udio proteina glutena (glijadina i glutenina). Kod zamjesa pšeničnog brašna ovi proteini s vodom čine gluten ili lijepak čijim pečenjem nastaje čvrsta proteinska mreža odgovorna za elastičnost te teksturu kruha i peciva. S druge strane kod proizvodnje finih pekarskih proizvoda (keksa, čajnog peciva, vafla) bitno je da udio proteina nije visok jer će se na taj način, dodatkom masnoća i sredstava za narastanje, dobiti proizvod bez žilavosti, posebne finalne strukture (Pomeranz, 1988).

### 2.1.2. Kemijski sastav pšeničnog brašna

Strukturu pšeničnog zrna čine omotač (vanjski dio), endosperm (unutarnji dio) i klica. U proizvodnji brašna koristi se endosperm zrna, dok se klica i omotač nastoje u procesu mljevenja što bolje izdvojiti u posebnoj frakciji. Omotač zrna pšenice sadrži:

- vitamine,
- mineralne tvari,
- prehrambena vlakana i
- obojene tvari.

Omotač zrna pšenice izdvaja se tijekom mljevenja u obliku posija. U omotaču prevladavaju ugljikohidrati kao što je celuloza i hemiceluloza u udjelima od 20 do 26 %. Udio mineralnih tvari znatno je veći u omotaču zrna nego u endospermu te iznosi oko 6 %. Najviše lipida sadrži klica, koja hrani nove mlade biljke prilikom klijanja. Bolju plastičnost klice postiže se vlaženjem zrna određeno vrijeme prije mljevenja, kao i olakšano izdvajanje klice od ostalih dijelova zrna, a to je važno kako bi se spriječilo moguće kvarenje brašna zbog zaostalih dijelova klice bogate lipidima. Brašno iz kojeg se ekstrahiraju lipidi daje manje elastično tijesto koje ima veći otpor pri rastezanju. Osim lipidima klica je bogata jednostavnim ugljikohidratima (10 %) te proteinima (29 %). Brašno se dobije mljevenjem endosperma, a kvantitativno je najznačajniji kemijski sastojak endosperma škrob (oko 70 %). U endospermu se pored škroba nalaze proteini, mineralne tvari te u nešto manjem udjelu se nalaze lipidi (Žeželj, 1995; Hosenay, 1994; Pomeranz, 1988; Gavrilović, 2003).

## 2. TEORIJSKI DIO

Vrlo malu razliku u kemijskom sastavu iste sorte pokazalo je ispitivanje velikog broja sorti pšenice. Tako u zrnu pšenice možemo pronaći glavne grupe kemijskih spojeva: ugljikohidrate, proteine, lipide i mineralne tvari. Prosječni kemijski sastav pšeničnog zrna prikazan je u **Tablici 1**, a prosječan kemijski sastav po anatomskim dijelovima zrna pšenice u **Tablici 2**.

**Tablica 1** Prosječan kemijski sastav pšeničnog zrna (Žeželj, 1995).

kemijska komponenta		%
ugljikohidrati	škrob	62 - 72
	celuloza	2 - 3
	pentozani	2 - 6
proteini		10 - 15
lipidi		2 – 2,5
pepeo		1,5-2,5

Omotač, endosperm i klica čine glavnu strukturu zrna pšenice. Od omotača mljevenjem nastaju posije, a mljevenjem endosperma brašno.

**Tablica 2** Prosječni kemijski sastav anatomskih dijelova zrna pšenice (Belitz i sur., 2009.)

kemijska komponenta / anatomski dio	endosperm	klica	aleurion	omotač
pepeo (%)	0,6	5,8	10,9	10,6
sirovi protein, Nx6,25 (%)	12,3	34	31,7	10,7
lipidi (%)	1,6	27,6	9,1	1,0
sirova vlakna (%)	0,3	2,4	6,6	27,7
celuloza (%)	0,3	-	5,3	32,1
pentozani (%)	3,3	-	28,3	50,1
škrob (%)	80,4	-	-	-

O stupnju izmeljavanja pšenice ovisi hoće li u brašnu biti manje ili više posija, a u posijama brašna. Ukoliko se klica izdvoji u komercijalne svrhe ona obično sadrži i nešto više posija. Tako dobiveni produkti mljevenja pšenice sadrže kemijski sastav nešto različitiji od kemijskog sastava čistog omotača, endosperma i klice (Krička, 2012; Đaković, 1997; Žeželj, 1995).

Mljevenjem različitih vrsta pšenice dobiven je prosječni sastav brašna za određeni stupanj izmeljavanja (**Tablica 3**).

**Tablica 3** Prosječan kemijski sastav brašna kod različitog stupnja izmeljavanja (Đaković, 1997.).

	% IZMELJAVANJE			
	50	70	80	94-100
ugljikohidrati	84	81	80	73
protein	10,7	12,2	13	13,5
lipidi	1,1	1,5	1,8	2,3
vlakna	0,1	0,2	0,3	2,1
mineralne tvari	0,46	0,62	0,8	1,7

## ŠKROB

Ugljikohidrati se nakupljaju u sjemenkama, plodovima i korijenu biljke tijekom rasta biljke i to u obliku granula škroba. Škrob potpunom hidrolizom s kiselinama daje samo glukozu pa se naziva i homopolisaharidom. Količinski glavnu komponentu pšeničnog zrna predstavlja škrob. Biljka stvara rezervu hrane tijekom sazrijevanja zrna pšenice u obliku škroba za novu sjemenku. Škrob nastaje u zrnu u obliku mikroskopskih granula. Već u neoplođenom tučku cvijeta pšenice postoje male sitne granule koje rastu nakon oplodnje do četvrtog i petog dana te se u stvaranje škroba uključuju i enzimi. Volumen u granulama se neprestano povećava sve dok zrno ne postigne potpunu veličinu (Krička, 2012; Đaković, 1997; Žeželj, 1995). Granule sadrže 2 tipa polimera glukoze: amilozu i amilopektin. Jednostavni polimer lančastog oblika predstavlja amiloza. Ona sadrži jedinice glukoze povezane  $\alpha$ -1,4 glikozidnim vezama. Molekulska masa amiloze iznosi oko 1 500 do 6 000 te ona čini oko 25 % škrobne granule. S druge strane amilopektin je razgranatiji polimer glukoze koja je kod njega povezana  $\alpha$ -1,6-glikozidnim vezama. Kod amilopektina molekulska masa varira od 300 000 do 3 milijuna. Amiloza i amilopektin međusobno su povezani vodikovim vezama zbog čega su i granule škroba čvrsto zbijene i čine amorfna (amiloza) te kristalična (amilopektin) područja u granuli škroba. Upravo takav raspored polimera čini koncentrične krugove u škrobnoj granuli i daje im čvrstoću (Atwell, 2001). Do oštećenja škrobnih granula dolazi u određenoj mjeri procesom mljevenja pšenice. Endosperm se može samljeti finije, što ovisi od namjene brašna, te će na

taj način doći do većeg oštećenja škrobnih granula. Od udjela oštećenosti granula škroba ovisi i kvaliteta brašna. Sadržaj granula će finim mljevenjem postati dostupniji enzimima te će se lakše prevoditi do glukoze potrebne tijekom izrade tijesta za kruh i za procese fermentacije (Žeželj, 2005). Iznimno važno svojstvo škroba je želatinizacija. To je proces do kojeg dolazi kada su škrobne granule u vodi izložene visokoj temperaturi (52 – 85 °C). Dolazi do upijanja vode u granulu, zatim bubrenja i pucanja granule te stvaranja škrobnog gela. Ovaj proces je vrlo bitan kod proizvodnje pekarskih proizvoda jer pomaže u stvaranju specifične teksture kruha. Potpuno suprotan proces želatinizaciji je retrogradacija škroba. Ovdje se čestice škrobnih granula pokušavaju povezati u prvobitni položaj uz izdvajanje vode. Kod starenja pekarskih proizvoda ovaj proces retrogradacije je karakterističan (Atwell, 2001).

### PROTEINI

Glavnu komponentu za određivanje kakvoće brašna u pšeničnom zrnju predstavljaju proteini. Specifični su prvenstveno po tome što tijestu za kruh daju svojstva plastičnosti i elastičnosti, te omogućavaju da se plinovi nastali fermentacijom zadrže, što ujedno daje i visoki volumen kruha s mekanom i elastičnom sredinom. Proteini su različito zastupljeni u dijelovima zrna pšenice. Tako su u omotaču zrna pšenice zajedno sa aleuronskim slojem zastupljeni oko 15 %, a aleuronski sloj je ujedno najbogatiji proteinima te sadrži 20-35 % ukupnih proteina zrna pšenice. Klica sadrži 17-27 % proteina dok škrobni endosperm sadrži 5-16 % proteina ovisno o vrsti pšenice. Meke pšenice koje su namijenjene za proizvodnju kruha obično imaju 10-12% proteina. Sadržaj proteina unutar endosperma zrna raste od centra prema aleuronskom sloju. Proteini koji se nalaze u pšenici su:

- albumini,
- globulini,
- proteoze,
- prolamin (glijadin) i
- glutelin (glutenin).



## 2. TEORIJSKI DIO

Albumini, globulini te proteoze su u pšenici zastupljene u vrlo malim količinama. Albumina je tek 0,3 %, a globulina 0,6-0,7 %. I jedan i drugi mogu se ekstrahirati razrijeđenom otopinom kuhinjske soli. Proteoze su u pšeničnom zrnju zastupljene kao i albumini u količini od 0,3 %. Ovisno o količini ukupno prisutnih proteina u pšenici ovisi i količina glutenina i glijadina. Glijadin je u pšenici zastupljen nešto iznad 4 % dok je glutenin zastupljen u približno jednakoj količini kao i glijadin (Đaković, 1997; Žeželj, 1995). Pšenica je jedinstvena upravo po tom jer sadrži otprilike jednaku količinu glijadina i glutenina. Mehaničkom obradom (miješenjem) od ove dvije bjelančevine uz dodatak vode nastaje gusta, elastična i plastična masa poznata kao gluten ili lijepak. Gluten upija vodu i nabubri i do 200 % te tijestu daje poželjna pekarska svojstva. Kod pšenice je odnos glutenina i glijadina u brašnu 1:1 što je i najbolji odnos. Dok je glutenin elastičan i rastezljiv, glijadin se slabije rasteže. Svojstva lijepka ovise od kvalitete i količinskog odnosa glijadina i glutenina, a kvalitetan gluten daje dobro tijesto te porozan, kvalitetan i dobro probavljiv kruh. Osim toga kvalitetan gluten ne puca, bubri i kruh je većeg volumena od iste mase tijesta (Rastija i Kovačević, 2014).

U **Tablici 4** Raspodjela proteina pšenice (%) prema Osbornu (Belitz i sur., 2009).

frakcija proteina	ime frakcije po Osbornu kod pšenice	udio frakcije u pšenici (%)
albumin	leukosin	14,7
globulini	edestin	7,0
prolamini	glijadin	32,6
glutelini	glutenin	45,7

Ispitivanjima je dokazano da kakvoća brašna ovisi o kemijskom sastavu glijadina i glutenina. Pojedine komponente sa većim molekularnim težinama zastupljene su u jakim brašnima u glijadinu i gluteninu. Ključnu ulogu u kakvoći brašna ima kakvoća i količina glutena. Ispiranjem tijesta s vodom dobije se gluten ili pak ispiranjem s razrijeđenom otopinom kuhinjske soli, dok se ne ispere sav škrob. Ovakav vlažni gluten posjeduje 2/3 hidratizirane vode. U suhoj tvari glutena nalazi se 75-85 % proteina, 5-10 % lipida, zatim škroba, topivih proteina i enzima.

Upravo zbog tog što glijadin i glutenin sa vodom formiraju gluten, pšenica se po tom svojstvu razlikuje od svih ostalih žitarica (Đaković, 1997, Žeželj, 1995).

### MINERALNE TVARI

To su tvari koje potpomažu mnogobrojne vitalne funkcije u organizmu, osim toga imaju bitnu ulogu u prehrani. Natrij, kalcij, kalij, magnezij, željezo, klor, sumpor i fosfor su glavne mineralne tvari koje su potrebne organizmu, dok su u brašnu od mineralnih tvari prisutni fosfor, magnezij, kalcij i kalij. Mineralnim tvarima obogaćena su tamnija brašna zbog čega imaju i veću nutritivnu vrijednost, stoga mineralne tvari imaju i jako bitnu ulogu u prehrani (Anglani, 1998). Mineralne tvari su najviše zastupljene u omotaču zrna, odnosno pljevicama. U pepelu (ostatku nakon spaljivanja) od mineralnih tvari je najviše zastupljen fosfor (50 %), kalij (30 %), magnezij (10 %), zatim silicij, sumpor, natrij, kalcij i dr (Rastija i Kovačević, 2014).

### 2.2. TROP GROŽĐA

Trop je organski otpad zaostao tijekom proizvodnje vina u vinarijama. Radi se o krutom otpadu koji čini 20-30 % ukupne mase grožđa. Upravo zbog svog kemijskog sastava trop grožđa je izvor visokovrijednih produkata. Iskoristivost tropa grožđa je moguća u obliku:

- biognojiva,
- stočne hrane,
- ulja sjemenki grožđa,
- proizvodnje enzima,
- izvora bioaktivnih polifenolnih spojeva i
- proizvodnje biogoriva (bioetanol, bioplina, biodizela)

U vino se godišnje prerađuje oko 80 % proizvedenog grožđa, dok 20-30 % prerađenog grožđa zaostaje kao kruti otpad odnosno trop grožđa koji se sastoji od kožica, sjemenki i peteljki (Bucić-Kojić, 2008). Trop grožđa obiluje prehrambenim vlaknima koji im daju značajnu nutritivnu vrijednost. Upotrebom tropa grožđa kao nusproizvoda prehrambene industrije

## **2.TEORIJSKI DIO**

može se utjecati na prehrambene navike potrošača, razvojem novih tipova kruha, snack proizvoda, tjestenine i sl. koje prakticira široka populacija, a uz to su obogaćeni poželjnim sastojcima svakodnevne prehrane (antioksidansima, vitaminima, prehrambenim vlaknima, omega 3 i 6 masnim kiselinama i dr.). Ujedno, razvio bi se funkcionalan proizvod koji dokazano ima pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje koje je danas sve više u problemu zbog izloženosti nepravilnoj prehrani (Jozinović i sur., 2014).

### 2.2.1. Sastav tropa grožđa

#### **Kožica grožđa**

Kožica zauzima najveće udjele u tropu grožđa, te se većinom koristi kao stočna hrana, dok su ekstrakti kože grožđa pretežno primjenjivani kao pojačivači boje koja proizlazi od antocijanina.

#### **Sjemenke grožđa**

Sjemenke u svom sastavu sadrže 40 % vlakna, 16 % ulja, 11 % proteina i 7 % složenih polifenolnih spojeva, zatim šećere, minerale, nefenolne antioksidanse. Kao suplementi prehrani na tržištu se mogu pronaći ekstrakti sjemenki grožđa koji djeluju antibakterijski stoga su našli primjenu kao aditivi u prehrambenoj industriji, proizvodnji jestivih premaza, te preparata koji suzbijaju nastanak karijesa.

#### **Peteljka**

Udio peteljki nakon prerade grožđa kreće se od 2 do 8 %. Peteljke se upotrebljavaju kao suplementi u prehrani tla ili kao stočna hrana. Peteljka sadrži visoke udjele celuloze, lignina, hemiceluloze i tanina (Bucic-Kojić i sur., 2017).

**Tablica 5** Kemijski sastav tropa grožđa (Llobera i Cañellas, 2007; Manara i sur., 2014; Sousa i sur., 2014; Tseng i Zhao, 2013; Zheng i sur., 2012).

Otpad vinarija	Sastojak	Udio (% s.tv.)
	ukupna vlakna	46,2-74,5
	pektin	3,7-6,2
	lignin	28,7-42,2
	celuloza	9,2-14,5
	hemiceluloza	4-10,3
	poteini	7,0-23,5
TROP GROŽĐA	lipidi	8,2-13,5
	šećeri	2,7-49,1
	pepeo	4,7-9,5
	tanini	12,1-22,3
	ukupni polifenoli	4,8-6,7
	ukupni ugljik	44,3-52,9
	ukupni dušik	1,2-4,5

### 2.3. Reologija

Reologija je znanost koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenjem materijala. Naziv reologija potječe od grčke riječi „rheo“ što znači teći. Ovu granu fizike utemeljili su profesori Marcus Reiner i Eugene Bingham. Reologija se primjenjuje u mnogo grana znanosti i industrije. Elastičnost i plastičnost su osnovna reološka svojstva krutih materijala, dok je viskoznost osnovno reološko svojstvo tekućina (fluida). Ukoliko se na nekom materijalu djelovanjem sile pojavi deformacija koja nakon prestanka djelovanja sile nestaje, materijal je idealno elastičan. S druge strane, plastičan materijal podliježe trajnoj deformaciji u trenutku kad se postigne određeni prag naprezanja. Deformacija počinje kada se dostigne prag naprezanja i traje dok traje i naprezanje. Prestankom djelovanja sile naprezanja materijal će zadržati nastalu deformaciju. Viskoznost predstavlja omjer napona i brzine smicanja. Odnosi se na unutrašnje trenje supstance u tečenju (Lovrić, 1991).

### 2.3.1. Reološka svojstva tijesta od pšeničnog brašna

Jedna od važnijih stavki pekarske industrije je određivanje svojstava brašna, tj., praćenje ponašanja tijesta prilikom zamjesa, fermentacije i pečenja da bi na koncu procesa dobili kvalitetni pekarski proizvod. Ispitivanje reoloških svojstava tijesta od brašna pšenice pojednostavljeno je ocjenjivanjem učinkovitosti konzervanasa, enzimskih preparata, aditiva i ostalih dodataka, kao i korištenjem drugih brašna za proizvodnju pekarskih i srodnih proizvoda. Osim toga, vrlo važno je i određivanje funkcionalnosti i kvalitete tijesta. To omogućuju fizikalni testovi na određenim uređajima koji odmah daju rezultate i parametre za određivanje kvalitete brašna i tijesta (Menjivar, 1990). Miješanjem brašna sa vodom dobije se tijesto. Kakvoća takvog tijesta ovisi od kakvoće brašna, osim toga ovisi i o drugim faktorima a to su: broj okretaja i konstrukcija miješalice, količina dodane vode, vrijeme miješanja, temperatura tijesta itd. Fermentacija utječe na fizikalna svojstva tijesta mijenjajući ih s vremenom. Kako bi se predvidjelo ponašanje tijesta konstruirani su različiti aparati uz čiju pomoć se olakšava raspoznavanje nekih od glavnih osobina brašna i tijesta. Uređaji koji se najčešće koriste su: farinograf, ekstenzograf, amilograf, alveograf i cimotahegraf. (Đaković, 1997; Kaluđerski i Filipović, 1998). Tijesto od pšeničnog brašna pokazuje viskoelastična svojstva, odnosno objedinjuje svojstva Newtonovskog fluida (viskoznost), gdje se energija koju je potrebno uložiti ne bi li tijelo počelo teći rasipa u obliku topline, s druge strane pokazuje elastična svojstva, koja odgovaraju Hookeovom zakonu (osobina Hookeove krutine), gdje je energija potrebna da se na tijelu dogodi deformacija sadržana kao potencijalna energija te se i nakon prestanka djelovanja sile tijelo vraća u prvobitni položaj. Upravo takvo tijesto koje sadrži uklopljena ova dva svojstva, može zadržati toplinu što je karakteristično za viskozna tijela i skladištiti energiju što je karakteristično za elastično tijelo, a to je vrlo bitno radi zadržavanja plinova kod pečenja kruha i drugih pekarskih proizvoda kao i razvoja strukture proizvoda (Menjivar, 1990).

### 2.3.2. Metode za određivanje reoloških svojstava tijesta pšeničnog brašna

Kvalitetu brašna i tijesta moguće je odrediti nizom empirijskih metoda. Znanstvenim reološkim parametrima može se odrediti idealnu kvalitetu brašna za određenu namjenu.

Za određivanje kvalitete brašna važna je jakost brašna te sposobnost razvoja plinova jer oni utječu na dobivanje kvalitetnog tijesta i finalnih proizvoda. Na jakost brašna utječe količina i kvaliteta proteina glutena koji se nalaze u brašnu, tj. proteinski kompleks brašna. Zbog sposobnosti da zadrži plinove tijekom fermentacije, gluten je iznimno važan, jer će omogućiti nastanak ujednačene rupičaste strukture sredine kruha, te će gotovi proizvod biti velikog volumena i teksture. Nastanak plinova ovisi o dostupnosti šećera kvascu prilikom fermentacije. Budući da u brašnu nema puno slobodnih fermentabilnih šećera, oni se stvaraju djelovanjem amilolitičkih enzima tijekom fermentacije. Od granulacije brašna ovisi hoće li amilolitički enzimi uspjeti razgraditi škrob do glukoze. Brašno sitnije granulacije sadrži više oštećenih granula škroba i one kao takve su dostupnije amilolitičkim enzimima te kvascu koji će ih razgraditi do ugljikovog dioksida tijekom fermentacije. Plinovi koji su nastali ostaju u mjehurićima tijesta. Mjehurići su načinjeni od mreže glutena u koju su uklopljena zrnca škroba. Ova svojstva brašna mogu se određivati različitim uređajima za određivanje reoloških svojstava brašna (Žeželj, 2005).

Reološka svojstva tijesta određivana su pomoću sljedećih uređaja:

**Farinografom (Slika 1)** se mjeri i bilježi otpornost tijesta na miješanje. Koristi se za procjenu apsorpcije brašna i za utvrđivanje stabilnosti i drugih svojstava tijesta tijekom miješanja. Intenzivnim i jednoličnim miješanjem dodaje se onoliko vode koliko je potrebno kako bi se zamijesilo tijesto do konzistencije koja odgovara 500 farinografskih jedinica, FJ (tj. „Brabender units, BU) te se 15min provodi mijesenje u mjesilici uređaja. Iz širine i tijeka dobivene krivulje zaključuje se o svojstvima brašna. (Kaludžerski i Filipović, 1998., Đaković, 1997.). To je uređaj koji služi za određivanje svojstava i ponašanja tijesta pri miješanju. Svrha rada farinografa zasniva se na mjerenju otpora koje tijesto pruža pri miješanju u vremenu od početka formiranja tijesta do potpunog razvoja i tijekom daljnjeg miješanja do zaustavljanja miješalice. U miješalici farinografa smještene su lopatice koje se okreću konstantnom brzinom i brzo formiraju tijesto. U farinografskim jedinicama od 0-1000 iskazuje se otpor koji tijesto pruža

## 2. TEORIJSKI DIO

lopaticama, a predstavlja konzistenciju tijesta. Kako bi se mogla usporediti mjerenja za razna brašna farinogram se crta tako da maksimalna konzistencija tijesta za brašna iz mekih pšenica pri punom razvoju iznosi 500 FJ (BU). Budući da otpor tijesta ovisi i o sposobnosti upijanja vode promatranog brašna, nužno je najprije utvrditi količinu vode koju treba dodati u odvagano količinu brašna kako bi konzistencija u točki punog razvoja tijesta bila 500 FJ (BU). Upravo ta količina vode izražena u postotku na količinu brašna označava se kao moć upijanja vode. Konzistencija tijesta, koja se dobije dodatkom ovako određene količine vode u brašno, pogodna je za proizvodnju pekarskih proizvoda (Đaković, 1997., AACC Method 54-21, 1999).

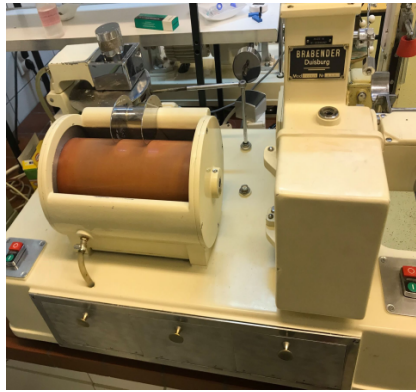


**Slika 1** Farinograf

Farinogram je grafički prikaz na pokretnom papiru, na kojem je ucrtan koordinantni sustav sa zakrivljenom ordinatom. Na ordinati su vrijednosti izražene u farinografskim jedinicama, a na apscisi vrijeme u minutama. Iz farinograma se zatim očitavaju sposobnost (moć) upijanja vode, razvoj tijesta (vrijeme u minutama kroz koje je potrebno da se tijesto razvije do optimalne konzistencije), stabilnost tijesta u minutama (tu se do trenutka opadanja krivulje konzistencija tijesta ne mijenja), rezistencija odnosno otpornost tijesta na miješanje, stupanj omekšanja (predstavlja razliku između crte optimalne konzistencije i sredine krivulje na kraju miješanja) te elastičnost tijesta koju opisuje širina krivulje. (Đaković, 1980; Kaluđerski i Filipović, 1998; Koceva Komlenić i sur., 2016). Na osnovu dobivenih podataka iz farinograma se određuju kvalitetni broj i kvalitetne grupe brašna preko površine nastale zatvaranjem trokuta linijom koja prolazi sredinom farinografske krivulje i linijom od 500 FJ (BU) (Đaković, 1980).

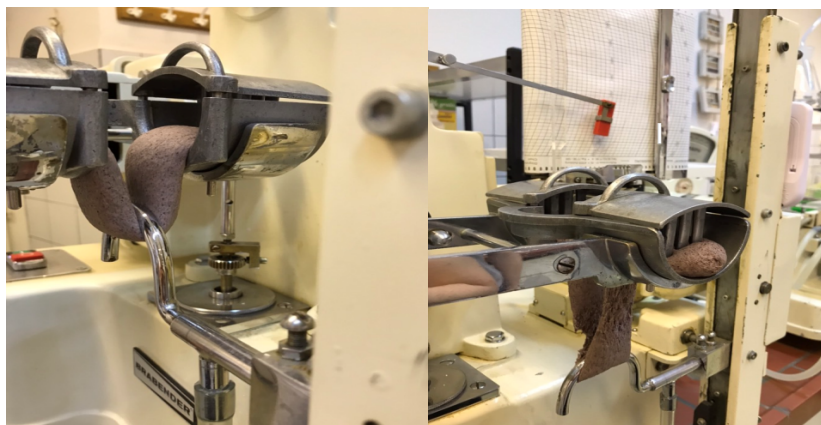


**Ekstenzografom (Slika 2)** se bilježi i mjeri otpor koji tijesto pruža na razvlačenje do kidanja. To je uređaj pomoću kojeg se može unaprijed utvrditi ponašanje tijesta u proizvodnji kruha. Kakvoća i ponašanje tijesta u procesima oblikovanja, garbanja i pečenja kruha ovisi o glutenu, njegovoj količini i kakvoći. (Kalušerski i Filipović, 1998; Koceva Komlenić i sur., 2016).



**Slika 2** Ekstenzograf

U miješalici farinografa zamijesi se tijesto od brašna, vode i soli. Voda se dodaje u onolikom omjeru da se na kraju miješanja postigne konzistencija tijesta od 500 FJ (BU). Zatim se tijesto oblikuje u valjkast oblik i ostavlja na odmaranje. Tijesto se nakon što prođe određeno vrijeme odmaranja, razvlači u ekstenzografu. Princip rada ekstenzografa se bazira na mjerenju otpora koje tijesto pruži tijekom razvlačenja do trenutka kidanja. Rastezanjem raste otpor tijesta i tijesto dostiže svoj maksimum. Daljnjim kontinuiranim razvlačenjem otpor tijesta opada, a kada kohezijske sile potpuno oslabe tijesto će puknuti. Razvlačenjem tijesta nastaju sile zbog otpora tijesta prema rastezanju pri čemu se na pokretnoj traci papira na ucrtanom koordinatnom sistemu dobiva nacrtana krivulja (Kalušerski i Filipović, 1998; Đaković, 1997; AACC Method 54-10, 1999).



**Slika 3** Razvlačenje tijesta do trenutka kidanja na ekstenzografu

Ekstenzogram je graf koji je nastao ispitivanjem elastičnosti tijesta na ekstenzografu. Mjeri duljinu na koju se tijesto istegnulo od početka rastezanja do kidanja u milimetrima. Osim toga bilježi otpor na rastezanje (silu potrebnu kako bi se tijesto istegnulo na određenu duljinu) i energiju rastezanja (količinu energije potrebnu da se tijelo istegne na određenu duljinu). Površina ispod grafa označena je energijom rastezanja. Ekstenzogram daje podatke i o jakosti brašna (omjer izmjerenog otpora i rastezanja koji je u vrijednostima od 1,5 do 2,5 najpoželjniji). Budući da tijesto kroz 45 minuta ide tri puta na fermentaciju (odmaranje) u komore na 30°C, dobiju se i tri grafa ispitivanog tijesta. Grafovi bilježe ponašanje tijesta nakon odmaranja i mehaničke obrade (Đaković, 1980; Žeželj, 2005; Koceva Komlenić i sur., 2016).

### **Određivanje broja padanja**

Test broja padanja je standardizirana i međunarodno priznata metoda od ICC, AACC i ISO. Prema AACC metodi određivanje broja padanja temelji se na sposobnosti  $\alpha$ -amilaze da ukapava škrobni gel. Aktivnost enzima mjeri se brojem padanja (FN), te su međusobno u obrnutoj korelaciji. Radi se o brzom i jednostavnom testu koji se zbog toga i koristi kao standard u cijelom svijetu. Primjenjuje se kod prijema zrna, otkrivanja proklijalosti zrna u mlinovima i pekarnicama, na tržištu žita te kod optimiranja aktivnosti  $\alpha$ -amilaze u brašnu. Aktivnost enzima  $\alpha$ -amilaze utječe na funkcionalna svojstva pšeničnog škroba a samim time i na kakvoću gotovog proizvoda (Kalušerski i Filipović, 1998, AACC Method 56-81B, 1999). Aktivnost  $\alpha$ -amilaze u škrobu ispitivanog uzorka, mjerenjem broja padanja, se zasniva na brzom

## 2. TEORIJSKI DIO

želatinizaciji suspenzije brašna ili krupice u vrućoj vodenoj kupelji te na mjerenju likvefakcije škroba pomoću  $\alpha$ -amilaze. Što je broj padanja veći udio  $\alpha$ -amilaze u uzorku je manji i obrnuto, odnosno broj padanja je obrnuto proporcionalan udjelu  $\alpha$ -amilaze u uzorku. Takav odnos naziva se Pertenova likvefakcijska jednadžba. Ukupno vrijeme od trenutka ulaganja kivete sa suspenzijom u vodenu kupelj pa do kraja penetracije mješalice viskozimetra kroz škrobni gel definira se kao broj padanja. To je zbog vremena koje je potrebno za miješanje i za koje miješalica viskozimetra prijeđe određenu udaljenost kroz zagrijani škrobni gel koji se nalazi u fazi likvefakcije. Izražava se u sekundama. Uređaj po Hagberg-Pertenu sastoji se od poklopljene vodene kupelji koja se sastoji od: držača za kivetu viskozimetra, kondenzatora koji sprječava isparavanje vode, standardizirane miješalice viskozimetra i standardizirane kivete od posebnog stakla. Ako je broj padanja manji od 150 sekundi, aktivnost  $\alpha$ -amilaze je visoka, pšenica je proklijala, a kruh od takve pšenice bi imao lijepljivu sredinu. Aktivnost  $\alpha$ -amilaze je normalna kada se broj padanja kreće između 200 i 300 s. Optimalna vrijednost broja padanja je između 250 i 300 s, a optimalna aktivnost  $\alpha$ -amilaze se može namjestiti kada se pšeničnom brašnu doda sladno brašno. Ako broj padanja prelazi 350 s, takva pšenica je bez proklijalih zrna, aktivnost  $\alpha$ -amilaze je mala, a kruh od takvog brašna bio bi suhe i mrvljive sredine te malog volumena. (Kaludžerski i Filipović, 1998; Koceva Komlenić i sur., 2016).



**Slika 4** Uređaj po Hagberg-Pertenu za određivanje broja padanja

### Mikroviskoamilograf

Uređaj se primjenjuje za određivanje kvalitete brašna i škroba kombinirajući postupke viscografa i amilografa u jednom instrumentu. Pouzdanost i svestranost ovog uređaja pokazala se u prehrambenoj industriji, industriji papira i tekstila te u kemijskoj industriji kod:

- mjerenja aktivnosti enzima u brašnu,
- mjerenja želatinizacije brašna i čistog ili modificiranog brašna,
- mjerenja djelovanja ekstruzije na ekstrudirani proizvod i
- reguliranja dijastatičke aktivnosti dodavanjem enzima (npr. sladno brašno).

Pomoću Mikroviskoamilografa određuje se:

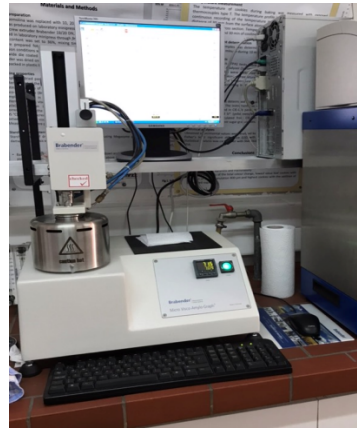
- početak želatinizacije,
- želatinizacijski maksimum,
- temperatura želatinizacije i
- viskoznost tijekom držanja i na kraju hlađenja. (Web 1)

Mikroviskoamilograf je rotacijski viskozimetar koji bilježi viskoznost kroz određeno vrijeme.

Mjerenje se vrši pri:

- određenoj temperaturi,
- ravnomjernom povećanju temperature i
- ravnomjernom snižavanju temperature.

U rotirajuću posudu se stavlja suspenzija brašna i vode te se zagrijava uz miješanje i rotiranje. Zagrijavanjem nastaje želatinizirani gel zatim slijedi hlađenje. Temperatura cijelo vrijeme postepeno raste i pada. Zatim se na računalo bilježe podaci u obliku grafa odnosno amilograma. Osim toga graf bilježi i promjene viskoznosti s vremenom i promjenom temperature. Mikroviskoamilograf daje podatke i o aktivnosti amilolitičkih enzima. Ukoliko su amilolitički enzimi bili aktivni te su razgradili škrob do šećera suspenzija će manje želatinizirati. (Web 2; Kaluđerski i Filipović 1991; AACC Method 22-08).



Slika 5 Micro-Visco amilograf

### **3.EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak rada je bio ispitati reološka svojstva tijesta pšeničnog brašna s dodatkom osušenog i usitnjenog tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* u laboratorijskim uvjetima. Reološka svojstva su određivana na farinografu, ekstenzografu uz dodatak tropa grožđa u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20 i 25 %, te na mikroviskoamilografu i uređaju za mjerenje broja padanja po Hagberg-Pertenu uz dodatak tropa grožđa u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 %.

### 3.2. MATERIJALI

Materijal (sirovine) za izradu tijesta od pšeničnog brašna:

- Brašno
- Voda
- Sol
- Trop sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* (osušen i usitnjen) u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 %

### 3.3. METODE

#### 3.3.1. Ispitivanje kvalitete brašna pomoću farinografa

Za ispitivanje reoloških svojstava tijesta od pšeničnog brašna korišten je farinograf s termostatom i cirkulacijskom pumpom (Brabender). Uz pomoć farinografa utvrđena je sposobnost upijanja vode, tj., količina vode koju treba dodati brašnu u zamjes kako bi se zamijesilo tijesto optimalne konzistencije od 500 FJ (BU). Na osnovu farinografskih pokazatelja može se pretpostaviti ponašanje tijesta u proizvodnji.

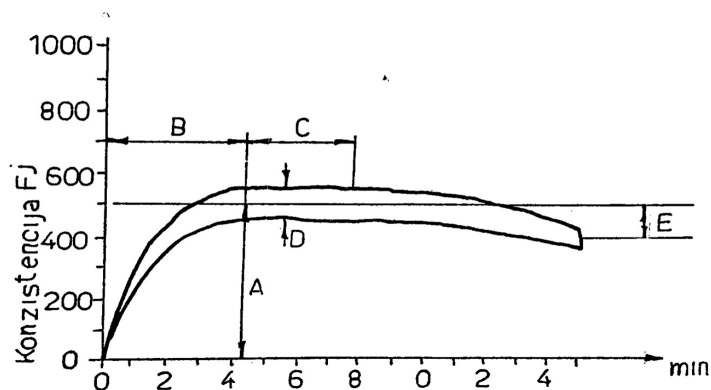
Nakon što se 300 g brašna odvaže i doda u mješalicu uedaja, brašno se miješa i temperira 2 minute. Poslije 2 min u mješalicu se dodaje voda u onolikom omjeru koji je potreban da se postigne maksimalna konzistencija tijesta od 500 FJ (BU). Pisač farinografa bilježi promjenu na

### 3.EKSPERIMENTALNI DIO

pokretnoj papirnoj traci do koje dolazi tijekom miješanja i formiranja tijesta kroz 15 minuta trajanja postupka. U ispitivanjima dio brašna je zamijenjen osušenim i usitnjenim tropom grožđa u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20 i 25 %. Tijesto u kojem je 30 % pšeničnog brašna zamijenjeno tropom grožđa nije bilo moguće zamijesiti u mjesilici farinografa.

Iz farinogramske krivulje (**Slika 6**) se mogu očitati:

- A – sposobnost upijanja vode (%) – postotak vode potrebne brašnu da postigne konzistenciju od 500 FJ (BU)
- B – razvoj tijesta, tj. vrijeme u minutama od početka miješanja do postizanja optimalne konzistencije od 500 FJ (BU),
- C – stabilnost tijesta (min) - vrijeme od maksimuma krivulje do njezina padanja za 10 FJ
- R – otpor tijesta (rezistencija) – tolerancija tijesta na miješanje (predstavlja zbroj vremena razvoja i stabilnosti tijesta B + C,
- E – stupanj omekšanja tijesta – razlika između linije optimalne konzistencije i sredine krivulje na kraju miješanja.



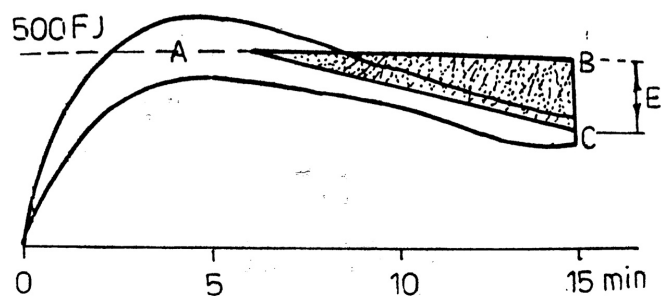
**Slika 6** Farinogramska krivulja (Kalušerski i Filipović 1998).

Kvalitetna grupa (**Slika 7**) brašna se određuje na farinogramu iz površine trokuta pomoću planimetra. Taj trokut sadrži: liniju koja prolazi sredinom krivulje (početak je u maksimumu



### 3.EKSPERIMENTALNI DIO

krivulje, a završetak na kraju farinograma), liniju konzistencije u rasponu od 490 do 510 FJ i liniju koja središnju liniju spaja sa linijom konzistencije. Tako se kvalitetni broj izračuna iz površine dobivenog trokuta pomoću tablice po Hankoczyju. Kvalitetni broj ispitivanog brašna se očitava prema određenoj površini trokuta, a nakon toga i kvalitetna grupa. Kvalitetne grupe za brašno su: A1, A2, B1, B2, C1 i C2.



**Slika 7** Određivanje kvalitetnog broja i kvalitetne grupe brašna pomoću farinograma (Kaluđerski i Filipović 1998).

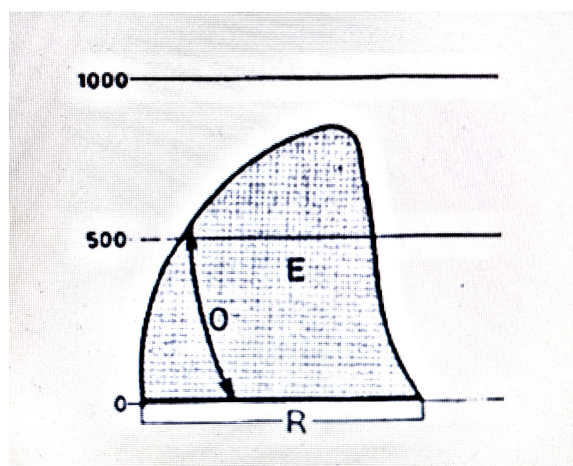
#### 3.3.2. Ispitivanje otpora tijesta na rastezanje pomoću ekstenzografa

Kod ispitivanja rastezljivosti tijesta korišten je ekstenzograf (Brabender). Tijesto se zamijesi u mjesilici farinografa od 300 g brašna, 6 g NaCl i vode prema farinografskoj sposobnosti upijanja vode. Princip rada jednak je kao i pri izradi farinograma, jedina razlika je da se u zadanu količinu vode dodaje sol. Zamjesivanje traje 5 minuta nakon čega se tijesto podijeli na 2 komada svaki od po 150 g. Zatim se u homogenizator ekstenzografa stavlja svaki dio odvojeno, okrene se 20 puta, izvadi iz homogenizatora pospe se škrobom, stavi na sredinu valjka te se valjkasto oblikuje. Na sredini kalupa stavi se oblikovani cilindar te se čvrsto pritisne viljuškama i stavi u temperiranu komoru uređaja gdje odležava 45 minuta. Nakon 45 minuta odmaranja tijesto se podvrgava rastezanju kukicom na postolju na koji se stavlja držač s tijestom. Rastezanje se bilježi na papiru pisačem koji sistemom poluga prenosi promjene na papir te se

### 3.EKSPERIMENTALNI DIO

iz tog dobije graf. Tijesto se premjesi i stavlja na odmaranje još 2 puta po 45 minuta te se nakon svakog odmaranja ponovno provodi ispitivanje. Otpor koji tijesto pruža na rastezanje do kidanja bilježi se na papiru odnosno na pokretnoj papirnoj traci pisaljka različite boje i taj grafički prikaz naziva se ekstenzogramom.

Dio brašna zamijenjen je tropom grožđa *Cabernet Sauvignon* u količini od 0, 5, 10, 15, 20 i 25%. Obzirom da tijesto u kojem je 30 % pšeničnog brašna zamijenjeno tropom grožđa nije bilo moguće zamijesiti u mjesilici farinografa, niti na ekstenzografu nije bilo moguće provesti analizu takvog tijesta.



**Slika 8** Ekstenzogram (Đaković, 1980)

Rezultati koji se očitaju iz ekstenzograma su:

- Rastezljivost (R) – duljina od početka rastezanja do trenutka kada tijesto puca. Izražava se u milimetrima,
- Energija rastezanja (E) – površina koju ekstenzografska krivulja ograničava s apscisom. Određivanje površine vrši se planimetrom i izražava u  $\text{cm}^2$ ,
- Otpor tijesta (O) – sila potrebna da bi se komad tijesta istegnuo na određenu duljinu. Na ekstenzogramu taj otpor predstavlja visina krivulje koja se dobije nakon 5 cm razvlačenja tijesta,
- Maksimalni otpor ( $O_{\text{max}}$ ) – izražava se u ekstenzografskim jedinicama (EJ) ili „Brabender units“ (BU), a predstavlja srednju vrijednost maksimalne visine na krivulji nakon zamjesa,

- Odnos otpora rastezanja i rastezljivosti (O/R) - predstavlja omjer brojčane vrijednosti otpora tijesta i rastezljivosti.

#### 3.3.3. Ispitivanje broja padanja po Hagberg-Pertenu

Aktivnost  $\alpha$ -amilaze na škrobu ispitivanih uzoraka (pšenično brašno, te smjesa pšeničnog brašna u kojoj je određeni udio brašna zamijenjen osušenim i usitnjenim tropom grožđa) određivana je brojem padanja na uređaju po Hagberg-Pertenu (Perten Instruments). Odvaž se 7 g uzorka (preračunato na vlagu 15 %), prenese u kivetu te se potom pipetom doda 25 cm<sup>3</sup> destilirane vode temperature 22 °C. Nakon što se kiveta zatvori suspenzija se dobro homogenizira mućkanjem. U kivetu se zatim unosi miješalica te se kiveta stavlja u ključalu vodenu kupelj uređaja. Nakon 60 s intenzivnog miješanja u uređaju, miješalo prodire kroz nastali škrobni gel potom se mjeri vrijeme trajanja kretanja miješala kroz nastali gel. Uređaj se nakon zvučnog signala isključuje, očita se broj sekundi koji označava broj padanja.

#### 3.3.4. Ispitivanja na mikroviskoamilografu

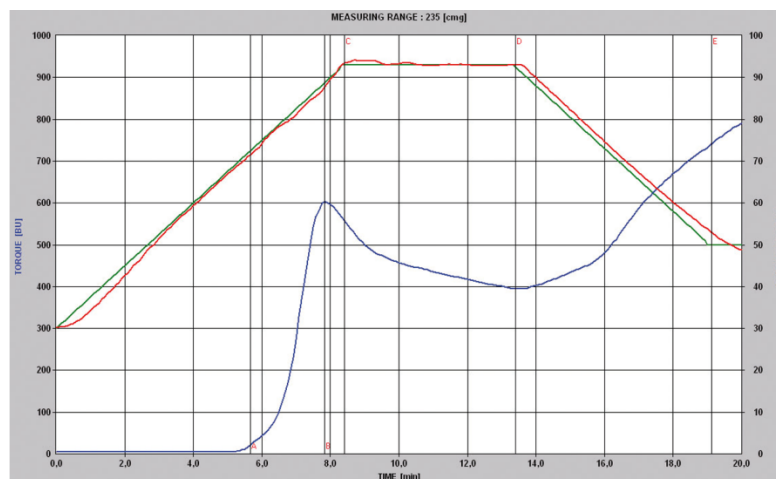
Ispitivanja kvalitete pšeničnog brašna te pšeničnog brašna s dodatkom tropa grožđa *Cabernet Sauvignon* u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % su provedena na mikroviskoamilografu (Brabender OHG, Duisburg, Njemačka). Uređaj je prvenstveno namijenjen za mjerenja karakteristika zgrušavanja i želiranja škroba i proizvoda koji sadrže škrob. U Erlenmayer tikvicu se doda voda, te se pomoću lijevka doda uzorak. Kod 14 %-tnog udjela vode masa uzorka iznosi 15 g, a dodatak vode iznosi 100 g . Korigiranje se provodi na 14 % udjela vode, a potom se tikvica zatvori gumenim čepom te protrese nekoliko puta kako bi se uklonile grudice iz suspenzije. U mjernu posudu se ulijeva suspenzija, potom se posuda stavlja u ležište uređaja. Mjerna glava na kojoj je senzor odnosno mjerno tijelo se spusti u najniži položaj i tako započinje ispitivanje prema slijedećim parametrima:

- Početna temperatura: 30°C,
- Broj okretaja: 250 min<sup>-1</sup>,

### 3.EKSPERIMENTALNI DIO

- Mjerno područje: 300cmg,
- Brzina zagrijavanja: 7,5 °C /min,
- Završna temperatura zagrijavanja: 92°C i
- Vrijeme zadržavanja na 92°C: 1min.

Prednost mikroviskoamilografa je kratko trajanje postupka te su potrebne relativno male količine uzoraka (5–15 g). Senzor mjeri viskoznost kontinuirano kao zakretni moment, a izražava se u Brabenderovim jedinicama („Brabender units“, BU). Mikroviskoamilograf bilježi sve promjene viskoznosti suspenzije i temperature. Podaci koji se dobiju stvaraju krivulju ovisnosti viskoznosti, odnosno zakretnog momenta i temperature o vremenu, tj. amilogram (Slika 9)



**Slika 9** Slika dobivena na mikroviskoamilografu (mikroviskoamilogram) (Web 3)

Vrijednosti dobivene iz amilograma su:

- A – početna temperatura želatinizacije (°C),
- B – temperatura maksimuma,
- B – maksimalna viskoznost,
- C – viskoznost na početku prvog zadržavanja temperature (BU),
- D – Viskoznost na početku hlađenja,
- E – viskoznost na kraju hlađenja,
- F – viskoznost na kraju drugog zadržavanja temperature.

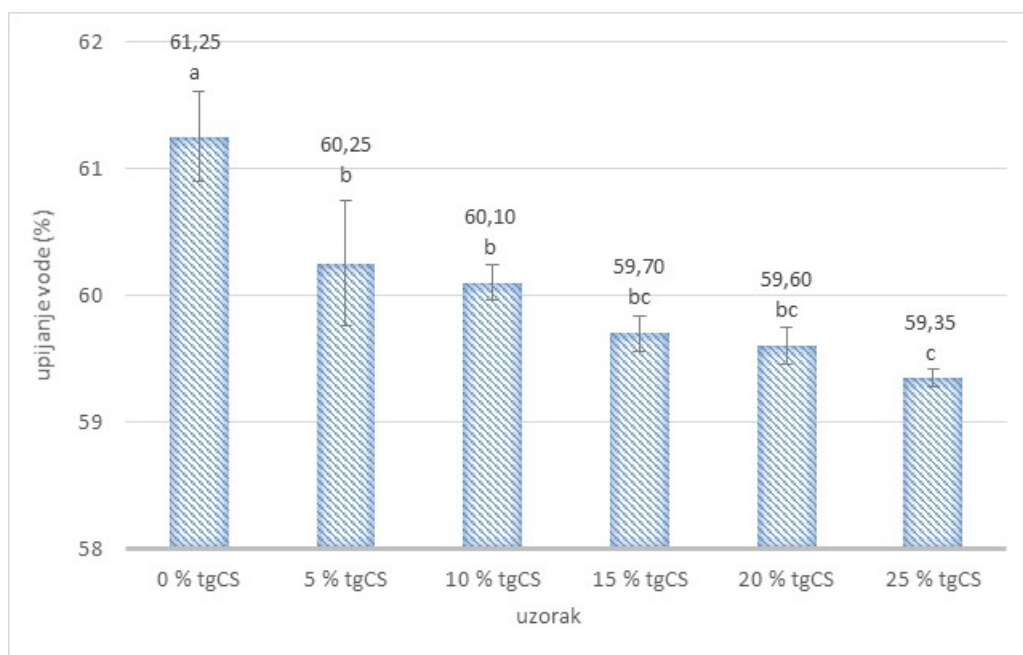
### 3.EKSPERIMENTALNI DIO

Pomoću ovih dobivenih vrijednosti izračunavaju se i sekundarni paramteri:

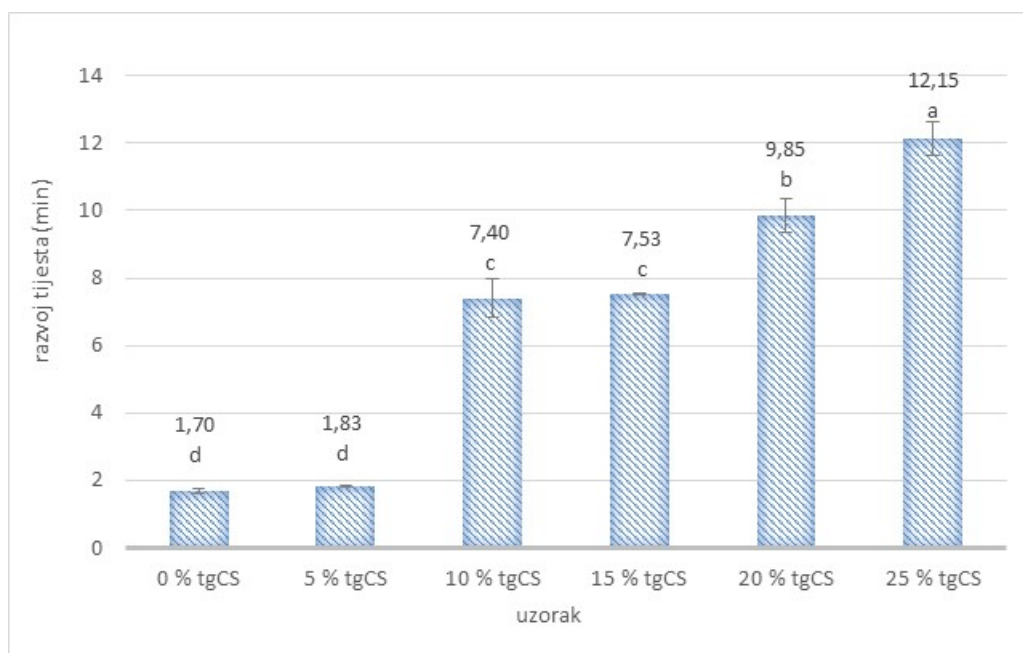
- B-D – opadanje viskoznosti (BU),
- E-D – povratni efekt (BU).

## **4. REZULTATI**

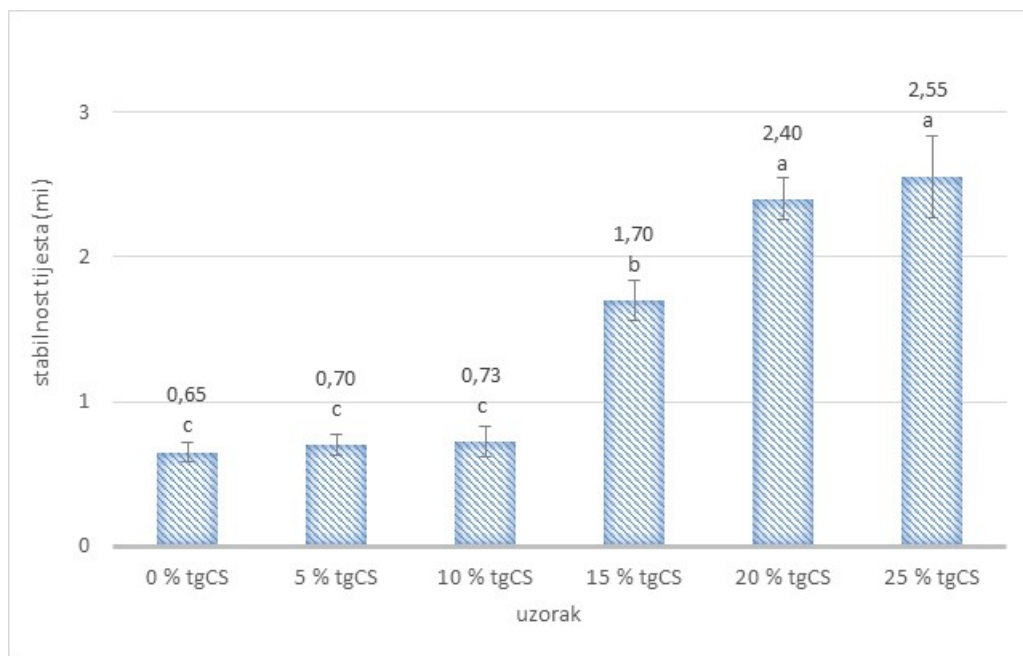
#### 4.1. Rezultati određivanja svojstava tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* na farinografu



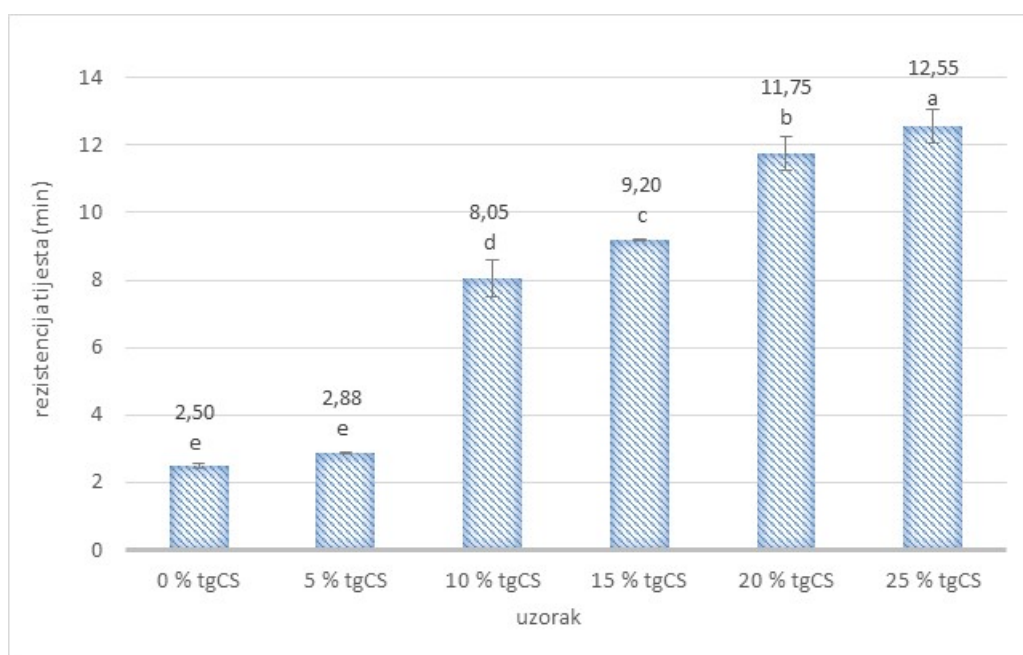
**Slika 10** Sposobnost upijanja vode brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



**Slika 11** Razvoj tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



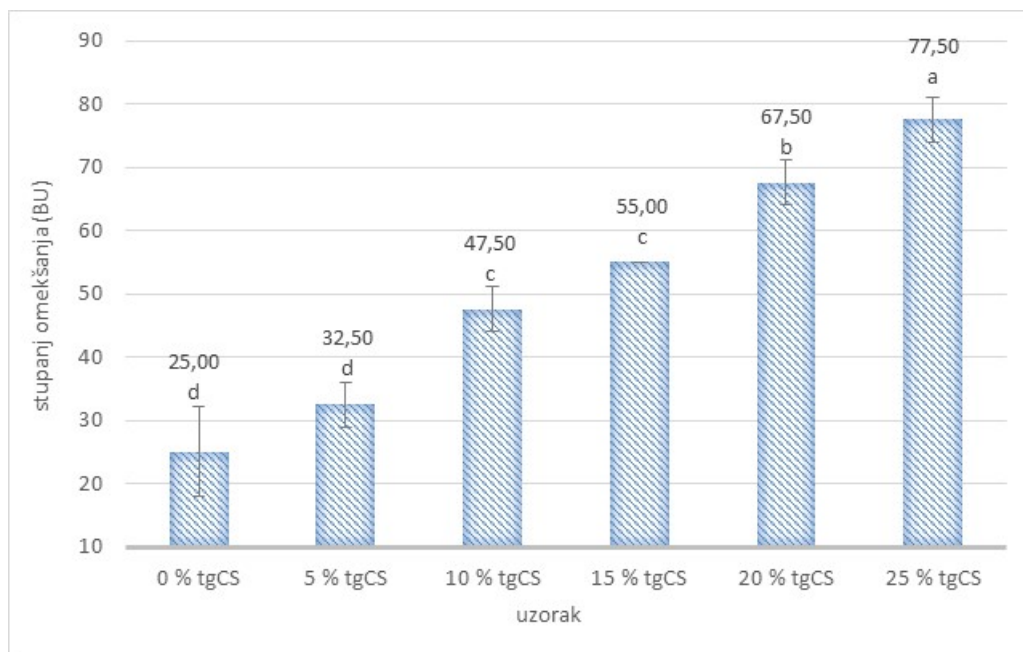
**Slika 12** Stabilnost tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



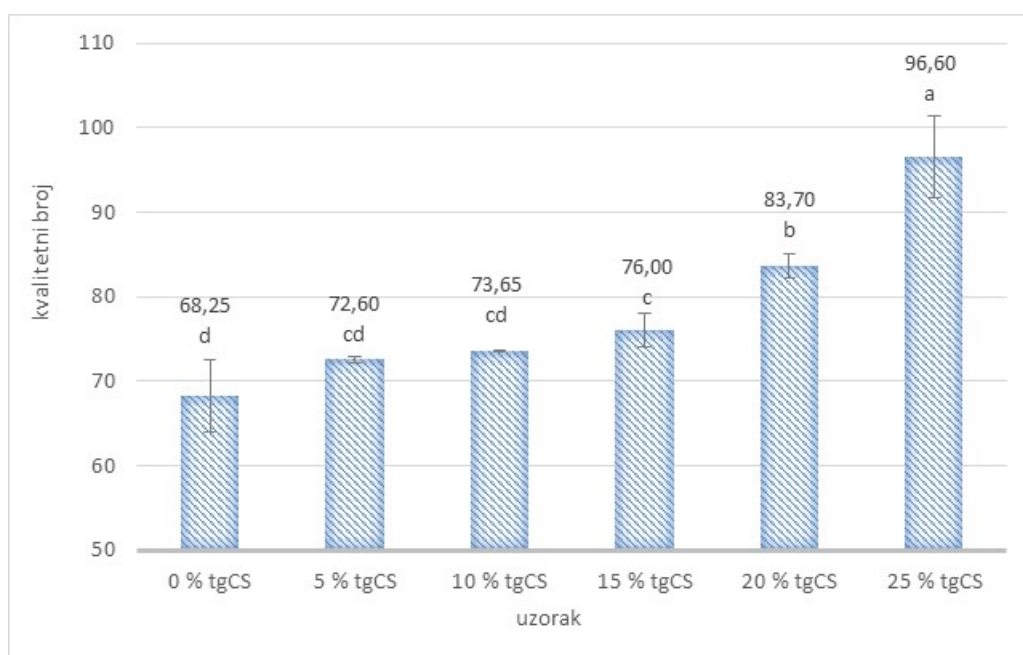


## 4. REZULTATI

**Slika 13** Rezistencija tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

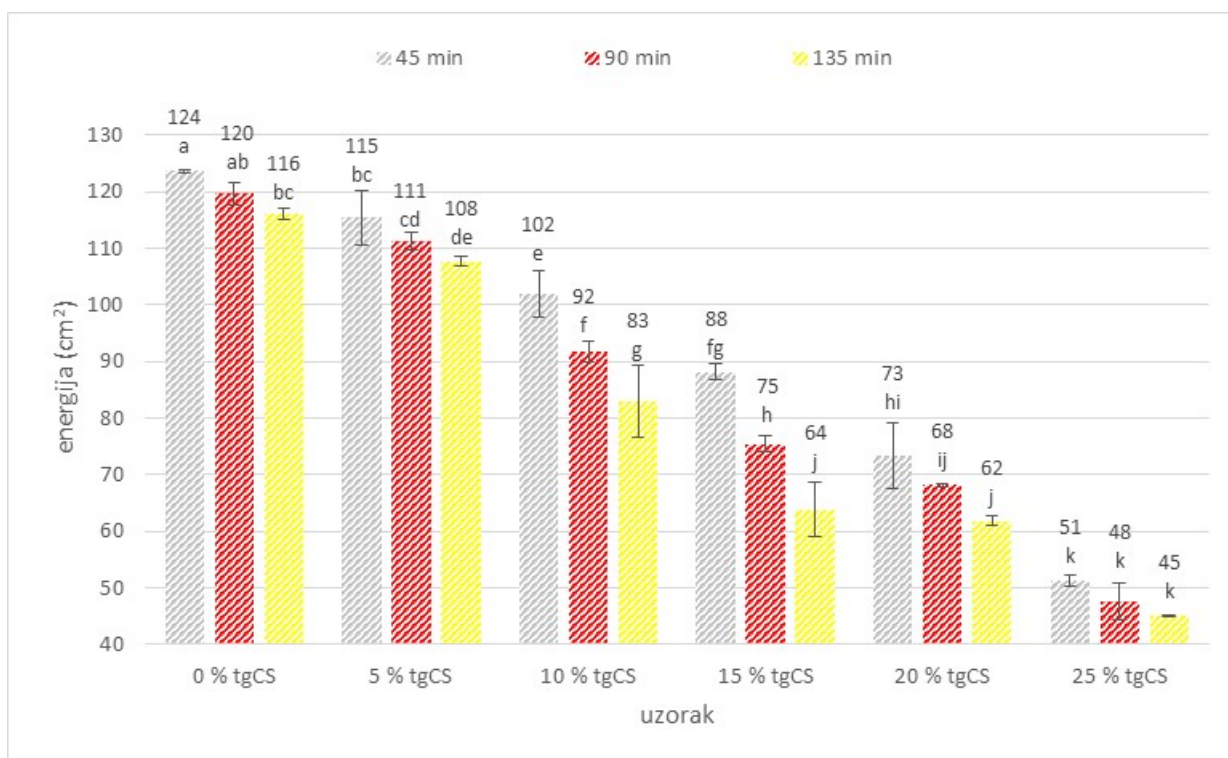


**Slika 14** Stupanj omekšanja tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



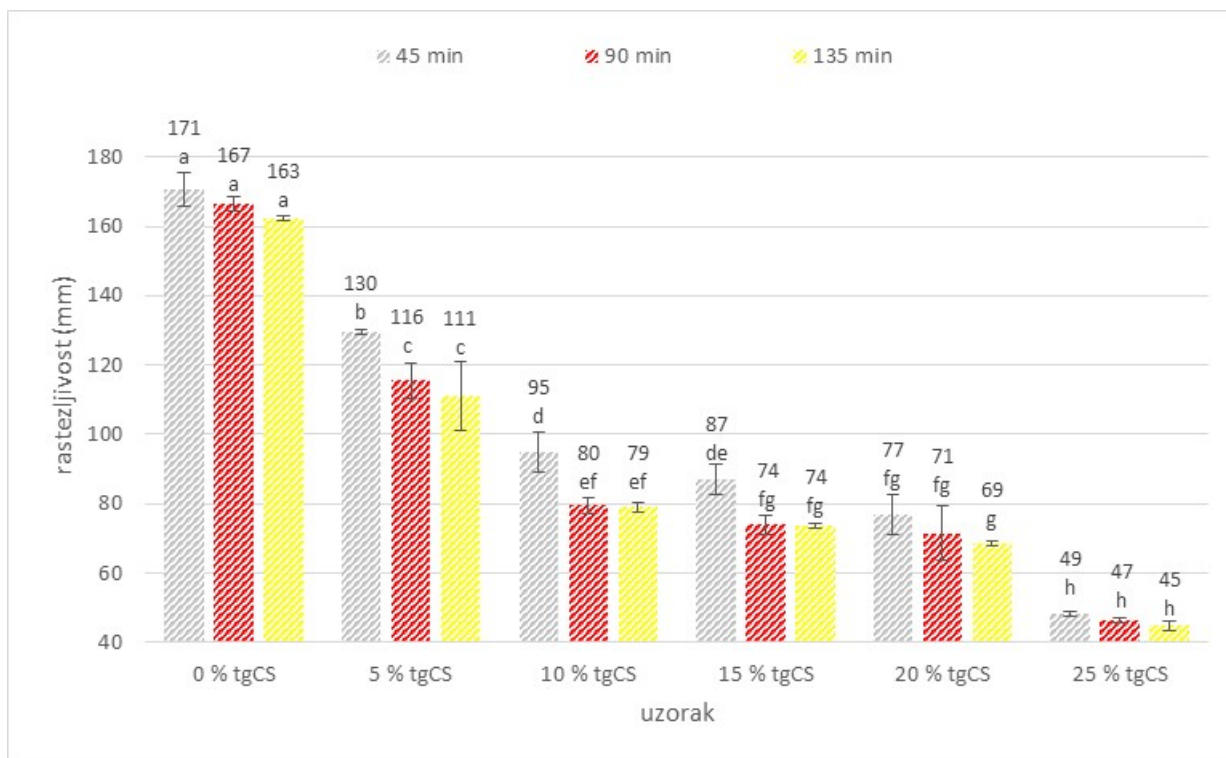
**Slika 15** Kvalitetni broj tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

#### 4.2. Rezultati određivanja svojstava tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* na ekstenzografu

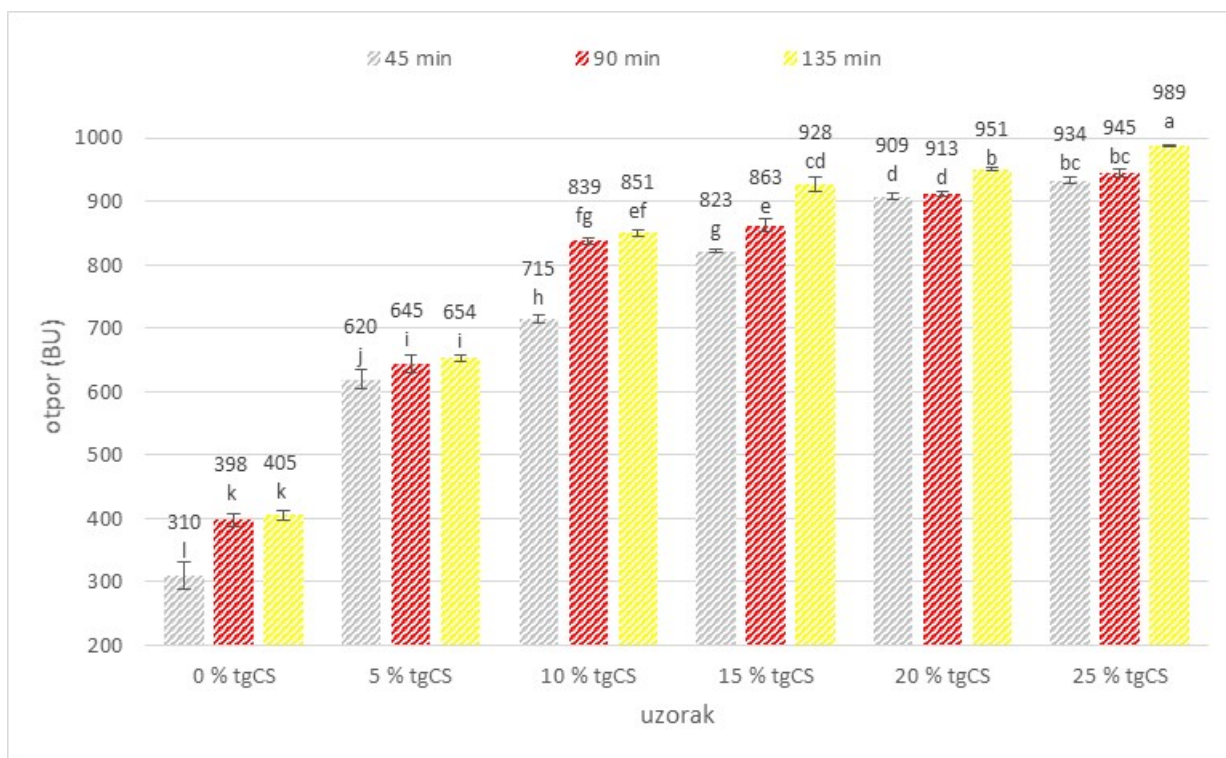


**Slika 16** Energija tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

#### 4. REZULTATI

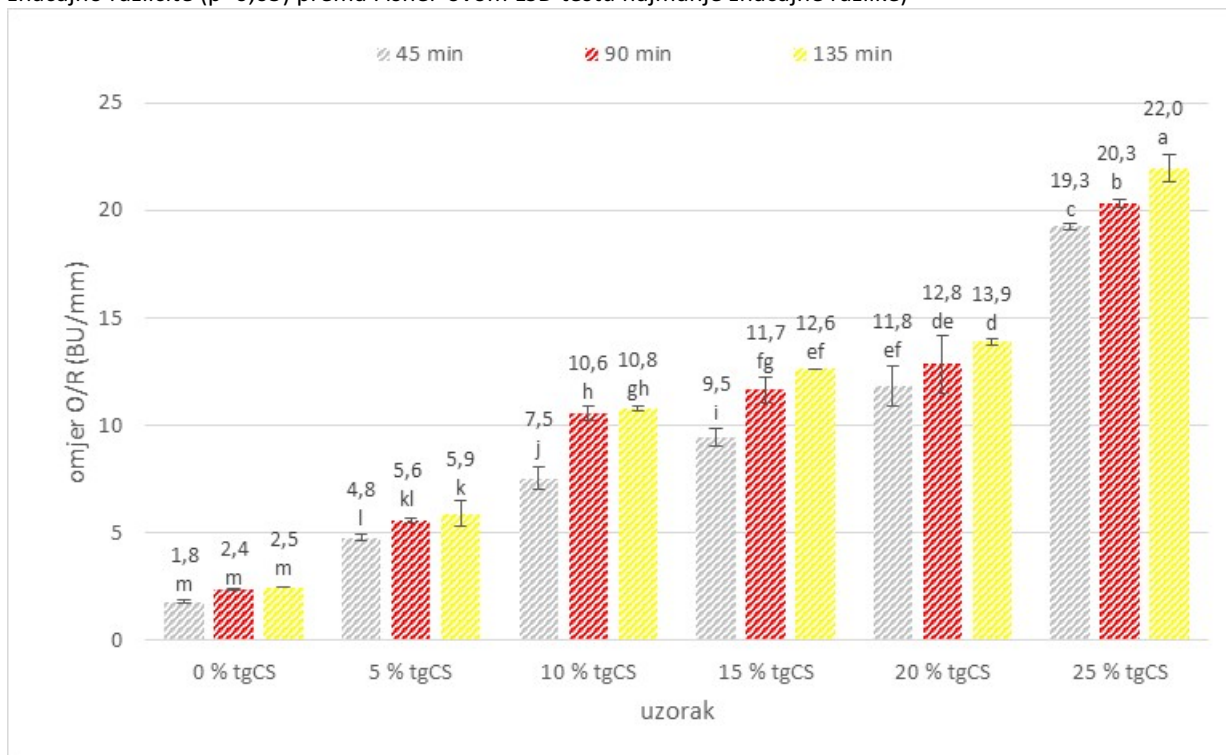


**Slika 17** Rastezljivost tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela troja grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



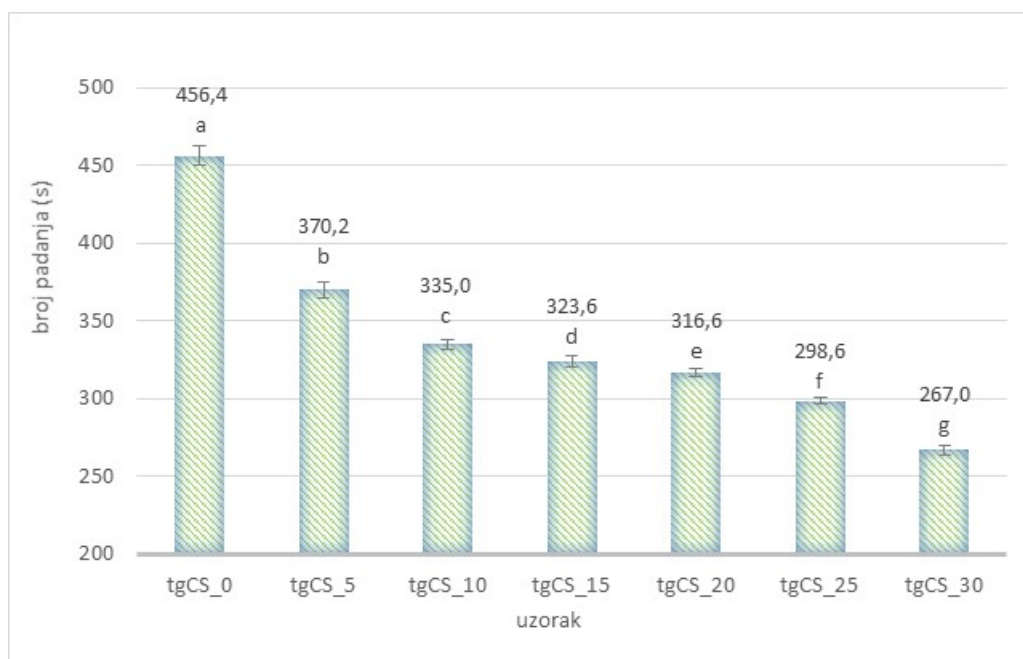
## 4. REZULTATI

**Slika 18** Otpor tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



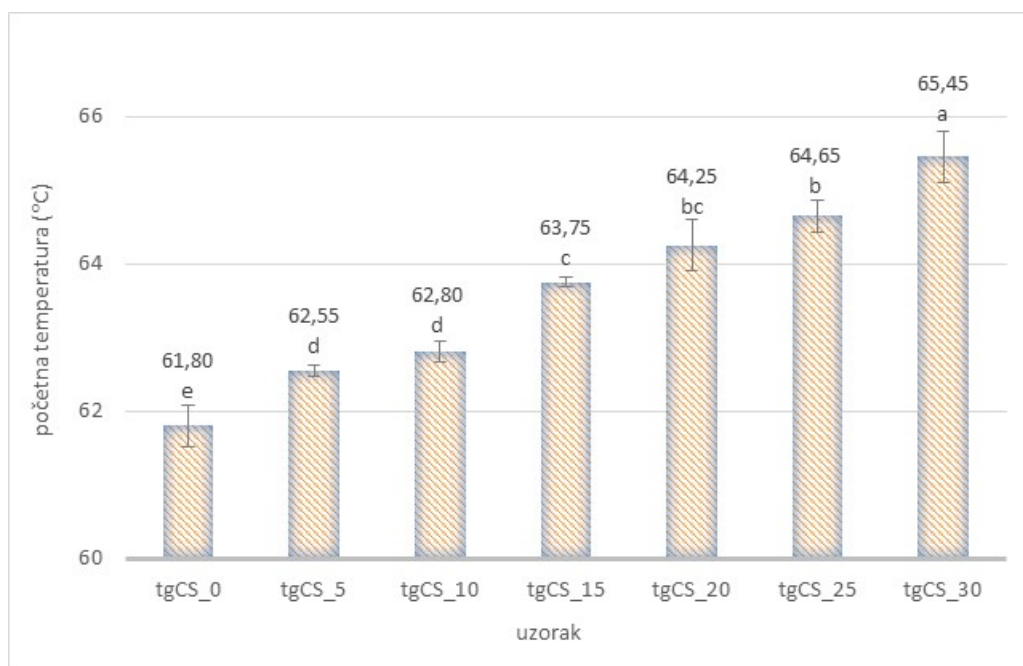
**Slika 19** Omjer otpora i rastezljivosti tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

### 4.3. Rezultati određivanja broja padanja pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon*

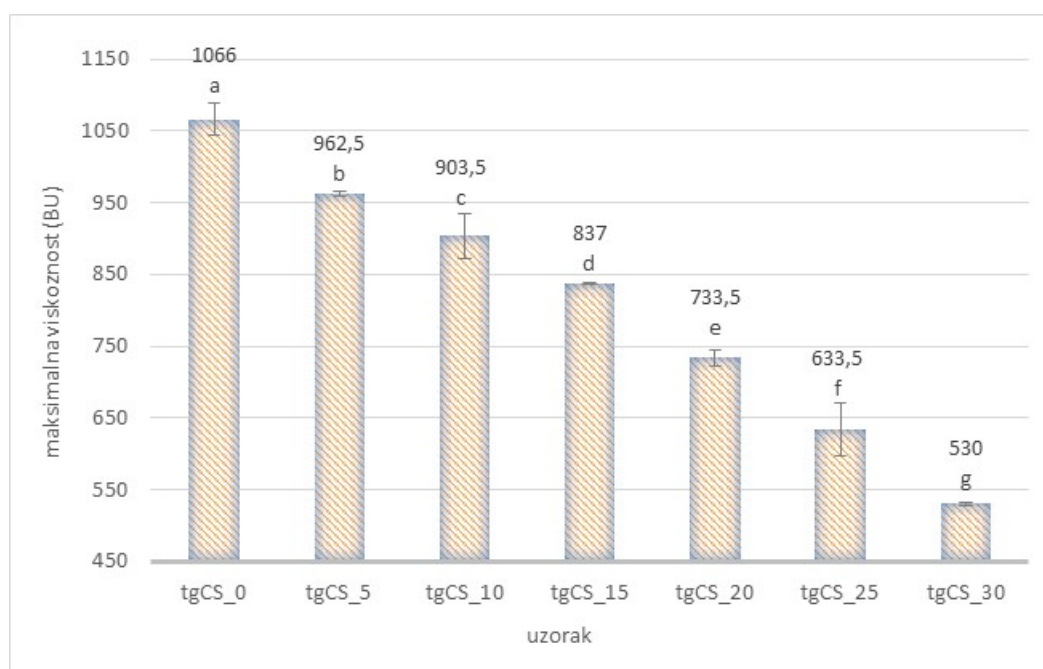


**Slika 20** Broj padanja brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

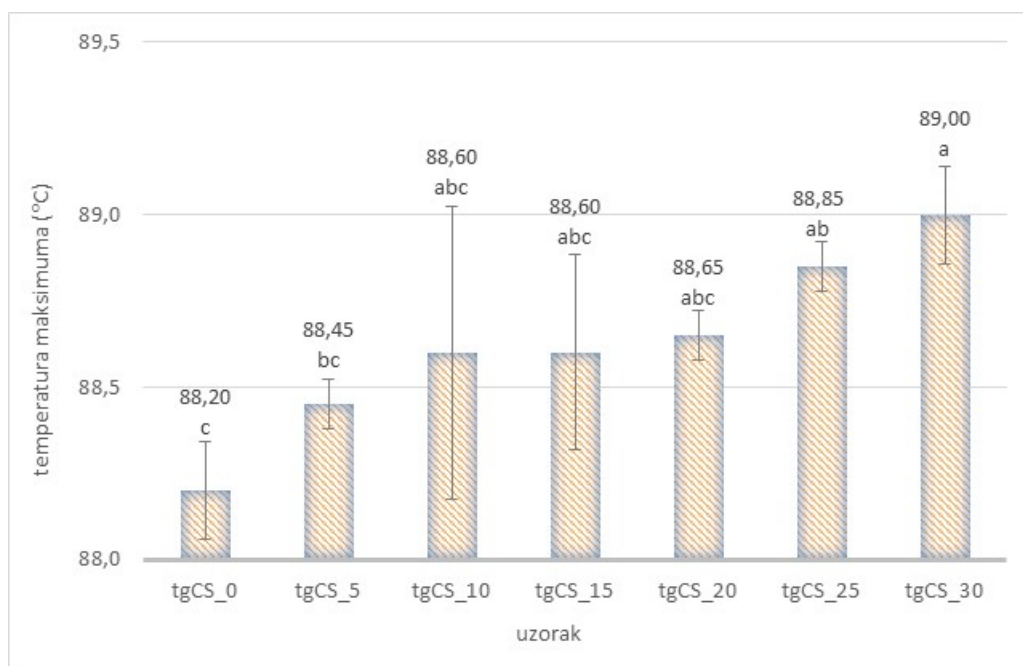
#### 4.4. Rezultati određivanja reoloških svojstava pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* na mikroviskoamilografu



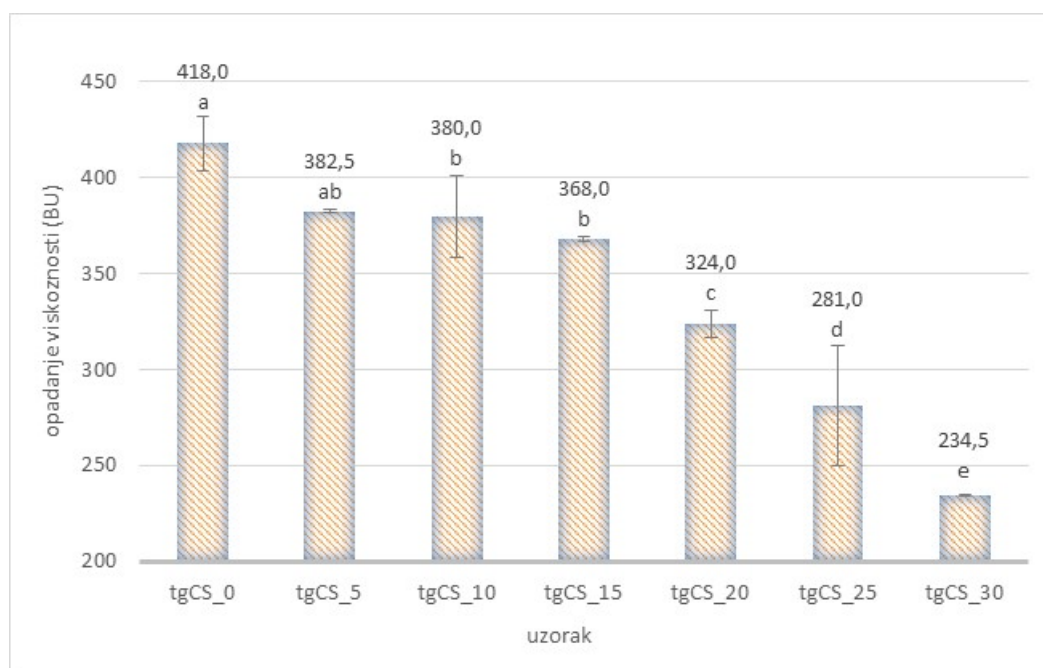
**Slika 21** Početna temperatura želatinizacije suspenzije brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



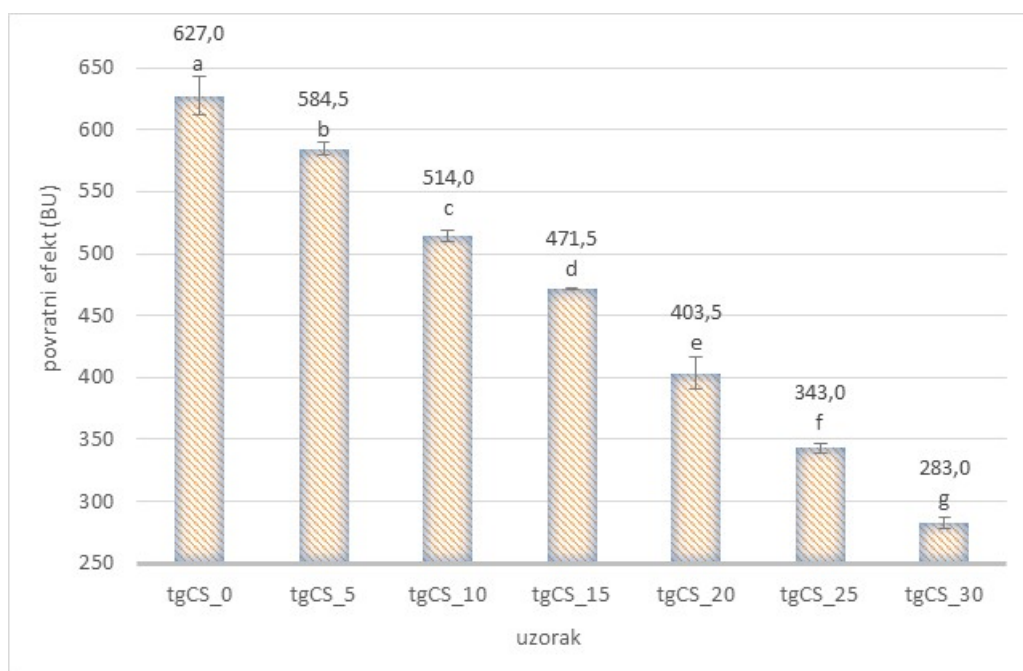
**Slika 22** Maksimalna viskoznost brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



**Slika 23** Temperatura maksimuma brašna s dodatkom različitih udjela troja grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



**Slika 24** Opadanje viskoznosti brašna s dodatkom različitih udjela troja grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



**Slika 25** Povratni efekt brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* (prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



## **5. RASPRAVA**

U ovom radu prikazani su rezultati reološke analize tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20 i 25 % kod farinografa i ekstenzografa (tijesto sa zamijenjenih 30 % pšeničnog brašna tropom grožđa nije bilo moguće zamijeniti) te u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % kod određivanja broja padanja i parametara mikroviskoamilografa.

### 5.1. FARINOGRAFSKA ISPITIVANJA

Vrijednosti određivanja sposobnosti upijanja vode, tj. koliko je vode potrebno da se zamijesi tijesto optimalne konzistencije koja odgovara 500 FJ (BU) pri udjelima tropa grožđa od 0, 5, 10, 15, 20 i 25 % prikazane su na **Slici 10**. Vidljivo je da se s povećanjem udjela tropa grožđa statistički značajno smanjila ( $p < 0,05$ ), a prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike, sposobnost upijanja vode kod ispitivanog tijesta od pšeničnog brašna. Sposobnost upijanja vode kod pšeničnih brašna ovisi o udjelu proteina koji se nalaze u brašnu. Važno svojstvo proteina je da prilikom upijanja vode bubre i povećavaju svoj volumen. Što je količina proteina veća, brašno će upiti više vode te će njegova sposobnost upijanja biti veća. (Đaković, 1997.). Kod pšeničnog brašna prosječne vrijednosti za sposobnost upijanja vode iznose od 50 do 70 % (Koceva Komlenić i sur., 2016). Rezultati ovog ispitivanja ukazuju da se povećanjem udjela tropa grožđa sposobnost upijanja vode smanjila u rasponu od 59,35 do 61,25 %, što se nalazi u dozvoljenim granicama prema literaturi Koceva Komlenić i sur. (2016), Đaković (1997).

**Slika 11** prikazuje vrijednosti razvoja tijesta u minutama od pšeničnog brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* i predstavlja vrijeme koje je potrebno da se razvije tijesto do optimalne konzistencije koja odgovara 500 FJ (BU). Razvoj tijesta ovisi o kvaliteti glutena i veličini granula škroba kao i stupnju njihove oštećenosti, odnosno finoći mliva. Vrijeme razvoja tijesta se tako povećava s povećanom proteolitičkom razgradnjom i sa smanjenjem veličine granula škroba te brojem oštećenih granula škroba. Takvo brašno ima duži razvoj tijesta i veću sposobnost upijanja vode (Đaković, 1980). Uobičajene vrijednosti za razvoj tijesta kreću se od 2 do 3,5 min (Koceva Komlenić i sur., 2016) te kao što je vidljivo iz rezultata, kod brašna bez tropa grožđa razvoj tijesta traje 1,70 min, a kod brašna s udjelom

5 % tropa razvoj tijesta je trajao 1,83 min. Ove dvije vrijednosti nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike i najbliže su uobičajenim vrijednostima za razvoj tijesta. Povećanjem udjela tropa grožđa od 10 do 25 % razvoj tijesta se produžuje što je iznad optimalnih granica trajanja razvoja tijesta za potrebe pekarske proizvodnje, ali kako se prema Đakoviću (1980), brašna sa duljim vremenom razvoja tijesta, dužom stabilnošću i nižim stupnjem omekšanja smatraju kvalitetnijim, potrebno bi bilo provesti probna pečenja da bi se potvrdilo kolika je optimalna zamjena pšeničnog brašna tropom grožđa za postizanje zadovoljavajuće pekarske kvalitete proizvoda.

Stabilnost tijesta (**Slika 12**) ili vrijeme za koje se konzistencija tijesta ne mijenja unutar vremena manjeg od 1 min pokazala su prva tri ispitivana uzorka (0 – 10 % dodatka tropa grožđa) i te vrijednosti međusobno nisu bile statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike. S obzirom na prosječne vrijednosti prema literaturi Koceva Komlenić i sur. (2016), stabilnost tijesta iznosi od 1 do 4 min pa bi tijesto ova tri uzorka imala slabu stabilnost. Za razliku od ta tri uzorka, stabilnost tijesta raste kod uzoraka brašna s dodatkom tropa grožđa u udjelima od 15 % (1,70 min), 20 % (2,40 min) i 25 % (2,55 min) te se prema spomenutoj literaturi nalazi unutar optimalnih granica stabilnosti tijesta.

**Slika 13** prikazuje rezistenciju tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*. Najveću rezistenciju ili otpor na miješanje u mjesilici farinografa pokazalo je tijesto s dodatkom tropa grožđa od 25 %. Rezistencija kod ovog uzorka iznosila 12,55 min. Vidljivo je također da uzorci sa 10 % (8,05 min), 15 % (9,20 min) te 20 % tropa (11,75 min) pokazuju visoke vrijednosti rezistencije čije su optimalne vrijednosti prema literaturi Koceva Komlenić sur. (2016) za pekarsku proizvodnju od 3 do 7,5 min. Vrijednosti rezistencije ta četiri ispitivana uzorka pokazale su međusobno statistički značajnu razliku ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike. Uzorci pšeničnog brašna bez dodatka tropa grožđa (2,5 min) i uzorci s dodatkom 5 % tropa (2,88 min) pokazali su niže vrijednosti rezistencije od optimalnih te se dobivene vrijednosti rezistencije ta dva uzorka nisu međusobno statistički nisu značajno razlikovale ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 14** prikazuje prosječne vrijednosti stupnja omekšanja kod tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa. Stupanj omekšanja označava razliku između crte optimalne

konzistencije i sredine krivulje na kraju miješanja. Iz rezultata je vidljivo da se s povećanjem udjela tropa grožđa stupanj omekšanja povećavao i svi ispitivani uzorci međusobno imali su statistički značajno različit ( $p < 0,05$ ) stupanj omekšanja, a prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike. Najveća vrijednost je zabilježena kod brašna s udjelom tropa od 25 % gdje je stupanj omekšanja iznosio 77,50 BU. Brašno je dobre kvalitete kada stupanj omekšanja iznosi ispod 75 BU nakon 15 minuta miješenja. Brašno je srednje kvalitete kada je stupanj omekšanja u rasponu od 75 do 125 BU, dok se brašno sa stupnjem omekšanja preko 125 BU smatra loše kvalitete za pekarsku industriju (Đaković, 1980). S obzirom na tumačenje iz literature Đaković (1980) je vidljivo da stupanj omekšanja kod prvih pet uzoraka bio ispod 75 BU te bi ti ispitivani uzorci bili dobre kvalitete za pekarsku proizvodnju, dok se šesti uzorak sa udjelom tropa od 25 % i stupnjem omekšanja od 77,50 BU nalazi u rasponu od 75 do 125 BU, te bi se smatralo srednje kvalitetnim za upotrebu u pekarskoj industriji.

**Slika 15** prikazuje kvalitetni broj tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*. Vrijednost kvalitetnog broja kreće se od 0 do 100. Brašno najbolje kvalitete ima kvalitetni broj 100 – 85,3, a najlošije 29,8 – 0. Provedenim ispitivanjem vidljivo je da vrijednost kvalitetnog broja kod uzorka s dodatkom 25 % tropa grožđa odgovara kvalitetnom brašnu za pekarsku proizvodnju (A1 skupina), dok bi uzorak pšeničnog brašna bez dodatka tropa grožđa s vrijednosti kvalitetnog broja od 68,25 , odgovarao kvalitetnoj grupi B1 (Đaković, 1997). Prema tim rezultatima, povećanje udjela tropa grožđa trebalo bi utjecati na poboljšanje pekarske kvalitete pšeničnog brašna, ali ispitivane reološke parametre trebalo bi promatrati skupno.

### 5.2. EKSTENZOGRAFSKA ISPITIVANJA

Na **Slici 16** prikazane su vrijednosti energije koja je potrebna da se tijesto rastegne na određenu duljinu do pucanja. Energija rastezanja iskazuje se u  $\text{cm}^2$  i predstavlja površinu koju ekstenzografska krivulja ograničava s apscisom. Energija rastezanja se s povišenjem udjela tropa grožđa sve više smanjivala. Vidljivo je da uzorak brašna s 0 % tropa ima najveću energiju koja se nije drastično smanjila niti nakon sva tri odmaranja tijesta od 45-90-135 min energija

se smanjivala u rasponu od 124-120-116 cm<sup>2</sup>. S druge strane energija je najniža kod uzorka s najvećim udjelom tropa grožđa (25 %) te je nakon tri odmaranja od 45-90-135 min iznosila 51-48-45 cm<sup>2</sup> i sve tri vrijednosti se statistički značajno razlikuju ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike od svih vrijednosti energije rastezanja svih ispitivanih uzoraka. Općenito, energija rastezanja se smanjuje proporcionalno povećanju vremena odmaranja unutar istog uzorka.

Vrijednosti rastezljivosti tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa prikazane su na **Slici 17**. Rastezljivost tijesta predstavlja duljinu do trenutka kidanja tijesta. Uzorak brašna bez dodatka tropa grožđa (0 %) ima najveću rastezljivost (171-167-163 mm) nakon 45-90-135 min odmaranja tijesta i ove vrijednosti nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike. Vidljivo je da su sve veći udjeli tropa grožđa sve dužim odmaranjem tijesta utjecali na rastezljivost koja se sve više smanjivala. Kod posljednjeg uzorka s najvećim udjelom tropa (25 %) rastezljivost je nakon 45-90-135 min odmaranja iznosila 49-47-45 mm i niti ove vrijednosti međusobno nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike. Porast udjela tropa doveo je do značajnog smanjenja rastezljivosti. Ako je rastezljivost ispod 80 mm, to kod pšeničnog brašna upućuje da tijesto ima kratak gluten, odnosno čvrst gluten zbog čega je manje rastezljivo. Tijesto takvog brašna slabije zadržava plinove, odnosno ostaje malog volumena i nakon odmaranja. Osim toga, brašna koja imaju vrijednost rastezljivosti veću od 120 mm također nisu pogodna za pekarsku industriju jer je tijesto previše rastezljivo, slabo povećava volumen prilikom odmaranja, viskozno je i rasplinjava se (Đaković, 1980). Budući da bi optimalna rastezljivost prema literaturi Đaković (1980) trebala biti u rasponu od 80 do 120 mm vidljivo je da je najbolja rastezljivost bila kod uzorka s 5 % tropa grožđa nakon 90 i 135 min odmaranja, te kod uzorka s 10 % tropa nakon 45 i 90 min odmaranja. Povišenjem udjela tropa rastezljivost je sve manja, tijesto nakon odmaranja ostaje malog volumena.

**Slika 18** prikazuje otpor tijesta na rastezanje kod 6 ispitivanih uzoraka. Povećanjem udjela tropa grožđa vidljivo je značajno povećanje otpora. Uzorak brašna s 0 % tropa imao je najmanji otpor (310-398-405 BU) s minimalnim povećanjem nakon 45-90-135 min odmaranja tijesta. Najveća vrijednost otpora (934-945-989 BU) izmjerena je u posljednjem uzorku s dodatkom

25 % tropa grožđa nakon 135 min odmaranja. Otpor na rastezanje u rasponu od 300 do 500 BU znači da tijesta imaju gluten srednje čvrstoće što je još uvijek prihvatljivo za izradu kruhova i pekarskih proizvoda. Vrijednost otpora od 500 do 700 BU karakteristika je jakog pšeničnog brašna i pokazuje da se odmaranjem tijesta poboljšava kvaliteta glutena i njegova mehanička svojstva. Otpor kod uzorka brašna bez dodatka tropa grožđa (0 %) ukazuje na gluten srednje čvrstoće (310-398-405 BU), dok uzorak s dodatkom tropa od 5 % pokazuje da se odmaranjem tijesta kvaliteta glutena poboljšava (620-645-654BU). Budući da otpor rastezanja pokazuje kolika je sila potrebna da se komad tijesta istegne na određenu duljinu, vidljivo je iz rezultata da s povećanjem udjela tropa grožđa raste i otpor odnosno potrebna je sve veća sila kako bi se komad tijesta istegnuo na određenu duljinu.

Na **Slici 19** prikazan je omjer otpora i rastezljivosti (O/R) tijesta od brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa. Omjer opisuje svojstva glutena i što je omjer veći to je gluten pšeničnog brašna jači (neelastičan i kratak). Kao što je vidljivo iz rezultata (**Slika 19**) omjer je rastao s duljinom vremena odmaranja tijesta. Najveća vrijednost zabilježena je kod uzorka s najvećim udjelom tropa grožđa od 25 % gdje je omjer nakon 45-90-135 min odmaranja iznosio 19,3-20,3-22,0 BU/mm. Prema literaturi Koceva Komlenić i sur. (2016) odnos otpora i rastezanja svojstven za jačinu brašna treba se kretati u rasponu 1,5-2,5 BU/mm te možemo primijetiti da jedino uzorak brašna bez dodatka tropa grožđa (0 %) nakon 45-90-135min odmaranja tijesta ima omjere 1,8-2,4-2,5 BU/mm unutar optimalnih granica prema literaturi. Dodatkom sve većih udjela tropa omjer je rastao kao i nakon svakog premjesivanja i odmaranja. Od takvog tijesta kruh bi bio malog volumena jer je nerastezljivo i neelastično.

### 4.3. ISPITIVANJA BROJA PADANJA

**Slika 20** prikazuje broj padanja brašna kod 7 ispitivanih uzoraka s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*. Iz rezultata je vidljivo da se broj padanja s povišenjem udjela tropa grožđa smanjuje. Uzorak brašna bez dodatka tropa grožđa (0 %) imao je broj padanja od 456,4 s. U slijedećih 6 uzoraka zatim je dodavan trop grožđa u udjelima od 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % i možemo primijetiti da se povišenjem udjela tropa grožđa broj padanja

smanjio do čak 267,0 s (30 % tropa grožđa). Prema literaturi Kaluđerski i Filipović (1998) ovom metodom se indirektno određuje aktivnost  $\alpha$ -amilaze u škrobu ispitivanog uzorka. Vrijednost broja padanja obrnuto je proporcionalna udjelu  $\alpha$ -amilaze u uzorku. Optimalan raspon vrijednosti broja padanja pšeničnog brašna je između 250 i 300 s. Ukoliko je broj padanja preko 350 s, kruh bi imao suhu i mrvljivu sredinu. Kod uzoraka s dodatkom tropa od 25 % (298,6 s) i 30 % (267,0 s) vrijednost broja padanja bila je unutar optimalnih vrijednosti.

### 4.4. ISPITIVANJA NA MIKROVISKOAMILOGRAFU

Rezultati mikroviskoamilografskih određivanja reoloških svojstava pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % prikazani su na slikama od 21 do 25.

Na **Slici 21** prikazane su vrijednosti početne temperature želatinizacije suspenzije brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa. Vidljivo je da s povećanjem udjela tropa grožđa početna temperatura želatinizacije raste u rasponu od 61,80°C kod uzorka bez tropa grožđa (0 %) do 65,45 °C kod uzorka s dodatkom 30 % tropa. Početna temperatura želatinizacije označava početak bubrenja granula škroba koje su još čitave i označava povećanje viskoznosti. Zagrijavanjem suspenzije viskoznost raste do neke maksimalne vrijednosti zatim počinje padati. Djelovanjem enzima i temperature dolazi do enzimatske razgradnje škroba. Škrobna zrnca bubre, povećavaju svoj volumen a viskoznost suspenzije naglo raste (Koceva Komlenić i sur., 2016). Povećanjem udjela tropa grožđa došlo je do rasta početne temperature želatinizacije.

**Slika 22** prikazuje maksimalnu viskoznost brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*. Maksimalna viskoznost suspenzije izražava se u Brabenderovim jedinicama (BU) i povezana je s amilolitičkom aktivnosti enzima (ako je max. viskoznost visoka, amilolitička aktivnost je niska). Optimalna vrijednost maksimalne viskoznosti kod brašna za pekarstvo kreće se u rasponu od 450 do 600 BU. Ako je aktivnost amilolitičkih enzima preniska u brašnu, tada takva brašna daju kruh suhe, mrvljive sredine i tamnije boje kore (Žeželj, 2005). Iz rezultata je vidljivo da jedino uzorak s najvećim udjelom tropa grožđa (30 %) ima maksimalnu viskoznost od 530 BU koja prema literaturi Žeželj (2005) odgovara optimalnim

vrijednostima maksimalne viskoznosti. Najveću vrijednosti maksimalne viskoznosti (1066 BU) imalo je pšenično brašno bez dodatka tropa grožđa (0 %) što ukazuje da je aktivnost amilolitičkih enzima preniska (brašno je siromašno enzimima) i kruh od takvog brašna bio bi suhe, mrvičaste strukture i neujednačenih veličina pora.. Povećanjem udjela dodatka tropa grožđa 5 – 30 % zabilježeno je smanjenje maksimalne viskoznosti i to smanjenje je statistički značajno različito ( $p < 0,05$ ), a prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Na **Slici 23** prikazana je temperatura maksimuma brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*. Možemo primijetiti da se zagrijavanjem suspenzije početna temperatura na **Slici 21** povećavala kako se povećavao udio tropa te je došlo do enzimske razgradnje škroba zbog djelovanja temperature i enzima. Stoga je vidljivo da je temperatura maksimuma s povećanjem udjela tropa imala sve veću vrijednost, te je posljednji uzorak brašna s dodatkom 30% tropa imao temperaturu maksimuma od 89,00 °C.

**Slika 24** prikazuje opadanje viskoznosti brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa. Nakon što se postigla maksimalna viskoznost, zrnca škroba su jako osjetljiva na visoke temperature i dolazi do pucanja opni zrnaca škroba te se u suspenziju izljevaju sadržaj zrnaca, a viskoznost naglo opada (Koceva Komlenić i sur., 2016). Iz rezultata **Slika 22** ustanovili smo da se s povećanjem udjela tropa vrijednost maksimalne viskoznosti smanjivala, te je kod prvog uzorka brašna s 0 % tropa iznosila 1066 BU, a kod posljednjeg uzorka s dodatkom tropa od 30 % maksimalna viskoznost je iznosila 530 BU. Budući da su zrnca škroba osjetljiva na visoke temperature te je došlo do pucanja opni, na **Slici 24** je vidljivo naglo opadanje viskoznosti s povećanjem udjela tropa u uzorcima. Dakle, srednja vrijednost za opadanje viskoznosti kod prvog uzorka brašna bez tropa grožđa (0 %) iznosila je 418,0 BU, a kod posljednjeg uzorka s najvećim udjelom tropa od 30 % je opala na 234,5 BU.

Na **Slici 25** prikazan je povratni efekt brašna s dodatkom različitih udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon*, te je vidljivo da vrijednosti s povišenjem udjela tropa grožđa od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % statistički značajno padaju ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike.



## **6. ZAKLJUČCI**

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata reoloških ispitivanja tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20 i 25 % na farinografu i ekstenzografu mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Prema farinografskim pokazateljima kvalitete brašna pokazalo se da brašno s dodatkom svih ispitivanih udjela tropa grožđa zadržava optimalnu sposobnost upijanja vode i stabilnost tijesta te ima kvalitetni broj koji bi odgovarao kvalitetnoj grupi B1. Povećanjem udjela tropa grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* raste vrijeme razvoja tijesta, stabilnost i rezistencija tijesta, ali i stupanj omekšanja, dok pada sposobnost upijanja vode.
- Prema ekstenzografskim pokazateljima svojstava tijesta pokazalo se da povećanjem udjela tropa grožđa opada energija i rastezljivost tijesta, a raste otpor tijesta te omjer otpora i rastezljivosti. Tijesto od pšeničnog brašna s dodatkom tropa grožđa kako raste vrijeme odmaranja postaje nerastezljivo, neelastično i potrebna je veća sila kako bi se takvo tijesto rastegnulo.

Na osnovu rezultata reoloških ispitivanja tijesta pšeničnog brašna s dodatkom tropa sorte grožđa *Cabernet Sauvignon* u udjelima od 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 % na mikroviskoamilografu te određivanjem broja padanja po Hagberg-Pertenu mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Povećanjem udjela tropa grožđa vrijednosti broja padanja se statistički značajno smanjuju.
- Ispitivanjima na mikroviskoamilografu utvrđeno je da s povećanjem udjela tropa grožđa raste početna temperatura želatinizacije i temperatura maksimuma, dakle granule počinju bubriti kod nešto viših temperatura nego kod pšeničnog brašna, a smanjuje se maksimalna viskoznost te vrijednosti opadanja viskoznosti i povratnog efekta.

## **7. LITERATURA**

## 7. LITERATURA

- AACC, American Association of Cereal Chemists: AACC Methods 54-21.02, Rheological Behavior of Flour by Farinograph: Constant Flour Weight Procedure, Approved Methods of Analysis, 11<sup>th</sup> Edition, 1999.
- AACC Method 54-10.01 Extensigraph Method, General, Approved Methods of Analysis, 11<sup>th</sup> Edition, 1999.
- AACC Method 56-81.04 Determination of Falling Number, Approved Methods of Analysis, 11<sup>th</sup> Edition, 1999.
- AACC Method 22-08.02 Measurement of alpha-Amylase Activity with Rapid Visco Analyser, Approved Methods of Analysis, 11<sup>th</sup> Edition, 1999.
- Anglani C: Wheat minerals- A review. *Plant Foods for Human Nutrition* 52. 177-186, 1998.
- Atwell WA: *Wheat Flour*. AACC International, Inc., USA, 2001.
- Belitz HD, Grosch W, Schieberle P: Cereal and cereal products. In: Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P (eds) *Food Chemistry*. Berlin: Springer, 670–745., 2009.
- Bucić-Kojić A: Utjecaj procesnih uvjeta i načina kruto-tekuće ekstrakcije na ekstraktibilnost fenolnih tvari iz sjemenki grožđa. Doktorski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2008.
- Bucić-Kojić A, Planinić M, Tomas S, Tišma M: Trop grožđa – otpad i visokovrijedna sirovina. Neke mogućnosti iskorištenja nusproizvoda prehrambene industrije. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2017.
- Đaković Lj: *Pšenično brašno*, Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.
- Đaković LJ: *Pšenično brašno, fizičko-hemijski osnovi određivanja tehnološkog kvaliteta pšeničnog brašna*. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 1980.
- Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 2003
- Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 2011.
- Hoseney RC: *Principles of cereal science and technology*, AACC, Inc. St. Paul Minnesota, USA, 1994.
- Jozinović A, Šubarić D, Ačkar Đ, Miličević B, Babić J, Jakšić M, Valek Lendić K: Food industry by-products as raw materials in functional food production. *Hrana u zdravlju i bolesti, znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 3, 22-30, 2014

## 7. LITERATURA

- Kaluđerski G, Filipović N: Metode ispitivanja kvalitete žita, brašna i gotovih proizvoda. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1998.
- Kent NL i Evers AD: Technology of cereals, Elsevier Science Ltd, UK, 1994.
- Koceva Komlenić D, Jukić M, Kosović I, Kuleš A: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna, Upute za laboratorijske vježbe, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek 2016.
- Krička T, Kiš D, Matin A, Brlek T, Bilandžija, N: Tehnologija mlinarstva. Poljoprivredni fakultet Osijek i Agronomski fakultet Zagreb, 2012.
- Lovrić T: Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Skripta PBF, Sveučilište u Zagrebu, 1991.
- Menjivar JM: Fundamental Aspects of Dough Rheology. Dough rheology and Baked Product Texture, 1-28, Van Nostrand Reinhold New York, 1990.
- Pomeranz Y: Wheat: Chemistry and technology, Volume I II. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul Minnesota, USA, 1988.
- Rastija M, Kovačević V: Žitarice , Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2014.
- Žeželj M: Tehnologija žita i brašna. Knjiga I. Tehnološki fakultet Novi Sad, 1995.
- Žeželj M: Tehnologija žita i brašna. Knjiga II. NIP Glas javnosti doo, Beograd, 2005.
- NN 78/05. Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta («Narodne novine» br. 78/05, 135/09 i 86/10)
- Web (1): <https://ru-ve.hr/proizvod/uredaj-za-odredivanje-kvalitete-bra-scaron-na-i-scaron-kroba-micro-visco-amylo-graph-1-237> (datum pristupa: 10.09.2019.).
- Web (2): <https://www.brabender.com/en/food/products/viscometers/determine-viscosity-micro-visco-amylo-graph/> (datum pristupa: 10.09.2019.)
- Web (3): Micro visco amilograf, URL: <https://www.brabender.com/en/food/products/viscometers/determine-viscosity-micro-visco-amylo-graph/> (datum pristupa: 10.09.2019.).