Amilografsko ispitivanje kvalitete tjestenine s dodatkom ječmenog brašna

Krušelj, Marijeta

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:209267

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Marijeta Krušelj

AMILOGRAFSKO ISPITIVANJE KVALITETE TJESTENINE S DODATKOM JEČMENOG BRAŠNA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
DIPLOMSKI RAD

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

Znanstveno područje:	Biotehničke znanosti
Znanstveno polje:	Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet:	Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda
Tema rada	je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2015./2016. održanoj 30. svibnja 2016.).
Mentor:	izv. prof. dr. sc. *Marko Jukić*
Pomoć pri izradi:	dipl. ing. znan. novak, *Indira Kosović*

AMILOGRAFSKO ISPITIVANJE KVALITETE TJESTENINE S DODATKOM JEČMENOG BRAŠNA

Marijeta Krušelj, 314-DI

Sažetak: Amilografsko ispitivanje brašna se često provodi u cilju predviđanja kvalitete proizvoda na bazi žitarica. Međutim, vrlo je malo istraživanja provedeno na već gotovim proizvodima. Zadatak ovog rada bio je istražiti utjecaj zamjene durum krupice s ječmenim brašnom u rasponu 0 50 %, pripremiti uzorke tjestenine koji su sušeni pri različitim temperaturnim režimima (50, 70 i 90 ˚C) te provesti amilografsko ispitivanje usitnjenih uzoraka sušene tjestenine i rezultate usporediti s onima dobivenim tradicionalnim metodama ispitivanja kao što su ispitivanje teksturalnog profila, određivanje postotka raskuhavanja, apsorpcije vode i koeficijenta povećanja volumena tijekom kuhanja tjestenine.

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu može se zaključiti da temperatura sušenja i udio ječmenog brašna imaju statistički značajan utjecaj na amilografske pokazatelje kvalitete tjestenine.

Povećanje temperature sušenja tjestenine značajno smanjuje postotak raskuhavanja i koeficijenta povećanja volumena tijekom kuhanja dok dodatak ječmenog brašna povećava postotak raskuhavanja, a smanjuje apsorpciju vode i koeficijent povećanja volumena tjestenine.

Temperatura sušenja tjestenine značajno utječe na teksturu tjestenine, dok dodatak ječmenog brašna nema statistički značajan utjecaj.

Amilografski pokazatelji kvalitete tjestenine statistički značajno koreliraju sa svim teksturalnim svojstvima osim elastičnosti, kao i sa postotkom raskuhavanja tjestenine te se može zaključiti da se provođenjem ove vrste ispitivanja na uzorcima tjestenine može dobiti potpuniji uvid u kvalitetu gotovog proizvoda.

Ključne riječi:	amilografsko ispitivanje tjestenine, ječmeno brašno, analiza teksturalnog profila
Rad sadrži:	51 stranica 26 slika 5 tablica 18 literaturnih referenci
Jezik izvornika:	Hrvatski

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

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

Datum obrane: 15. srpnja 2016.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD
GRADUATE THESIS

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

Scientific area:	Biotechnical sciences
Scientific field:	Food technology
Course title:	Technology of pasta and biscuit production
Thesis subject	was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VIII held on May 30, 2016.
Mentor:	*Marko Jukić*, PhD, associate prof.
Technical assistance:	*Indira Kosović*. MSc

AMYLOGRAPHIC EVALUATION OF PASTA WITH THE ADDITION OF BARLEY FLOUR

Marijeta Krušelj, 314-DI

Summary: Amylographic evaluation of flour is often carried out in order to predict the quality of cereal based products. However, very few studies have been conducted on the finished products. The aim of this study was to investigate the effect of replacing durum semolina with barley flour in the range 0 to 50%, prepare the pasta samples that were dried at different temperatures (50, 70 and 90 ° C), conduct amylographic testing of grounded samples of dried pasta and compare results with those obtained by traditional testing methods such as texture profile analyses, determination of cooking loss, water absorption and swelling index of pasta during cooking.
Based on the results of research carried out in this paper it can be concluded that the drying temperature and the proportion of barley flour have a statistically significant impact on amylographic indicators of pasta quality.
Increase of pasta drying temperature significantly reduces the cooking loss and swelling index of pasta during cooking and the addition of barley flour increases the cooking loss and reduces the water absorption and swelling index.The pasta drying temperature significantly affects the texture of the pasta, and the addition of barley flour has no significant effect.
Amylographic indicators of pasta quality significantly correlated with all the textural characteristics (except elasticity), as well as with the pasta cooking loss. Therefore, it can be concluded that the implementation of these types of tests on pasta samples can provide a more complete insight into the quality of the finished product.

Key words: amylographic evaluation, barley flour, texture profile analyses

Thesis contains:
51 pages
26 figures
5 tables
18 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1.	*Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, associate prof.	chair person
2.	*Marko Jukić*, PhD, associate prof.	supervisor
3.	*Jurislav Babić*, PhD, associate prof.	member
4.	*Anita Pichler*, PhD, assistant prof.	stand-in

Defense date: July 15, 2016

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Marku Jukiću na velikoj pomoći i vodstvu prilikom izrade diplomskog rada.

Hvala asistentici Indiri Kosović na susretljivosti, strpljivosti i pomoći kod izrade eksperimentalnog dijela.

Najveća hvala mojim roditeljima što su mi omogućili studiranje, hvala im na podršci i razumijevanju svih 5 godina studiranja. Hvala sestri Martini što je uvijek bila uz mene i razumjela ono što roditelji ponekad nisu i hvala im što smo svi zajedno prolazili kroz lijepe, ali i teške trenutke.

Također zahvaljujem Ines što je vrijeme provedeno u Osijeku učinila zabavnijim i ljepšim i što je bila uz mene kada mi je to najviše trebalo.

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1. SIROVINE ZA PROIZVODNJU TJESTENINE 4

2.1.1. Pšenična krupica 4

2.1.2. Voda 7

2.1.3. Ječam 7

2.2. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE TJESTENINE 9

2.2.1. Priprema sirovina 10

2.2.2. Zamjes ili miješanje sirovina 10

2.2.3. Oblikovanje tjestenine 11

2.2.4. Sušenje tjestenine 12

2.2.5. Pakiranje i skladištenje 13

2.3. OCJENJIVANJE KAKVOĆE TJESTENINE 13

2.4. ŠKROB 14

2.4.1. Građa škrobne granule 17

2.4.2. Želatinizacija škroba 17

2.4.3. Retrogradacija škroba 18

2.4.4. Hidroliza škroba 19

2.5. REOLOGIJA 19

2.5.1. Reološka svojstva brašna i škroba 20

3. EKSPERIMENTALNI DIO 22

3.1. ZADATAK 23

3.2. MATERIJALI 23

3.3. METODE 23

3.3.1. Izrada tjestenine u laboratorijskim uvjetima 23

3.3.2. Amilografsko ispitivanje sirovina i uzoraka tjestenine 24

3.3.3. Ispitivanje kakvoće kuhane tjestenine 26

3.3.4. Ispitivanje teksturalnog profila tjestenine 29

3.3.5. Statistička obrada rezultata 30

4. REZULTATI I RASPRAVA 31

4.1. REZULTATI AMILOGRAFSKOG ISPITIVANJA 32

4.2. REZULTATI ISPITIVANJA KAKVOĆE KUHANE TJESTENINE 40

4.3. REZULTATI ISPITIVANJA TEKSTURALNOG PROFILA TJESTENINE 42

4.4. KORELACIJSKA MATRICA DOBIVENIH REZULTATA ISPITIVANJA 46

5. ZAKLJUČCI 47

6. LITERATURA 49

1. UVOD

Tjestenine su proizvodi dobiveni miješanjem krupice ili namjenskog brašna s vodom. Kao drugi sastojci mogu se koristiti jaja, jaja u prahu, jajni melanž, mlijeko i mliječni proizvodi, proizvodi od voća i povrća, meso i mesne proizvodi, biljne masti, brašno mahunarki, pšenični gluten, pšenične klice, prehrambena vlakna, začini, minerali i drugo.

U ljudskoj prehrani tjestenina je vrlo zastupljena namirnica visoke kalorijske vrijednosti i dobre probavljivost, ali niskog udjela mineralnih tvari i prehrambenih vlakana. Kako bi se povećala nutritivna vrijednost tjestenine ona se obogaćuje raznim dodacima, od kojih je jedan i ječmeno brašno.

Ječam se kao sirovina koristi u prehrambenoj industriji u različite svrhe, ali sve više u prehrani ljudi zbog prehrambenih vlakana i β-glukana koji imaju povoljan utjecaj na ljudsko zdravlje.

Zagrijavanjem škrobne suspenzije dolazi do želatinizacije i otapanja granula u vodi te do porasta viskoznosti. Hlađenjem takvog želatiniziranog sustava dolazi do povezivanja susjednih polimera vodikovim mostovima, odnosno do retrogradacije. Želatinizacija i retrogradacija imaju značajan utjecaj na teksturu prehrambenih proizvoda pa tako i tjestenine. Uređaj kojim se može pratiti tijek ovih škrobnih promjena je amilograf, odnosno neka od njegovih inačica, kao što je npr. mikro visko-amilograf.

Cilj ovog rada bio je istražiti utjecaj zamjene durum krupice s ječmenim brašnom u rasponu 0-50 %, pripremiti uzorke tjestenine koji su sušeni pri različitim temperaturnim režimima (50, 70 i 90 ˚C) te provesti amilografsko ispitivanje usitnjenih uzoraka sušene tjestenine i rezultate usporediti s onima dobivenim tradicionalnim metodama ispitivanja kao što su ispitivanje teksturalnog profila, određivanje postotka raskuhavanja, apsorpcije vode i koeficijenta povećanja volumena tijekom kuhanja tjestenine.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SIROVINE ZA PROIZVODNJU TJESTENINE

Tjestenine su proizvodi dobiveni miješanjem i oblikovanjem pšenične krupice ili namjenskog brašna s vodom. Kao drugi sastojci mogu se koristiti jaja, jaja u prahu, jajni melanž, mlijeko i mliječni proizvodi, proizvodi od voća i povrća, meso i mesni proizvodi, biljne masti, brašno mahunarki, pšenični gluten, pšenične klice, prehrambena vlakna, začini, minerali i drugo. Pri proizvodnji tjestenine može se upotrebljavati i lomljena tjestenina.

Prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta, tjestenina se prema tehnološkom postupku proizvodnje razvrstava I stavlja na tržište kao:

- svježa tjestenina,
- sušena tjestenina,
- predkuhana tjestenina i
- brzo zamrznuta tjestenina.

Dok se prema sastojcima tjestenine razvrstavaju i stavljaju na tržište kao:

- obična tjestenina,
- tjestenina s jajima,
- tjestenina s dodacima i
- punjena tjestenina (MPŠVG, 2005).

2.1.1. Pšenična krupica

Kod proizvodnje tjestenine koristi se krupica ili brašno dobivenom mljevenjem durum pšenice (*Triticum durum*) no zbog nedostatka durum pšenice u Hrvatskoj kao i njene više cijene, u proizvodnju tjestenine počelo se koristiti i brašno obične pšenice (*Triticum aestivum*) što daje tjesteninu znatno lošije kvalitete (Šimonji, 2011).

Durum pšenica se koristi u proizvodnju tjestenine zbog visokog udjela proteina te karotenoidnog pigmenta luteina koji tjestenini daje karakterističnu žutu boju, a nalazi se u endospermu duruma čak i do nekoliko puta više zastupljen nego je to slučaj kod ostalih sorti pšenice (Haraldsson, 2010; Krnjak, 2010).

Kemijski sastav durum pšenice

Proteini

Proteini su makromolekule sastavljene od velikog broja aminokiselina. Udio proteina u durum pšenici se kreće od 9 – 18 % i prema Osborne-u se dijele u četiri osnovne grupe prema topljivosti:

- albumini (topljivi u vodi i razrijeđenim otopinama soli),
- globulini (topljivi u otopinama soli),
- prolamini (topljivi u vodeno-alkoholnom mediju) i
- glutelini (topljivi u razrijeđenim otopinama lužina ili kiselina).

Prolamini (glijadini) i glutelini (glutenini) formiraju gluten međusobnim povezivanjem kovalentnim i nekovalentinim vezama tvoreći trodimenzionalnu mrežastu sktrukturu odgovornu za visokoelastična svojstva tijesta.

U odnosu na običnu pšenicu, durum pšenica kod istog sadržaja proteina ima znatno veći udio glijadinske frakcije u odnosu na gluteninsku frakciju.

Ugljikohidrati

Udio ukupnih ugljikohidrata u zrnu kreće se od 74 do 86 % te su najzastupljenija komponenta u pšeničnom zrnu. Od ukupnih ugljikohidrata najzastupljeniji je visokomolekularni škrob, dok su celuloza, hemicelulola, pentozani te monosaharidi i disaharidi zastupljeni u nešto manjoj količini (Krnjak, 2010; Šimonji, 2011).

Lipidi

Lipidi su tvari bez mirisa i okusa, otapaju se u organskim otapalima, ali ne i u vodi. Nalaze se u svim dijelovima pšeničnog zrna, ali ipak najveći dio se nalazi u klici i aleuronskom sloju. Udio lipida u durum pšenici iznosi 1 – 2 %. Lipidi pšenice mogu se podijeliti na polarne i nepolarne. Od ukupnih nepolarnih lipida u pšenici, 50 % su trigliceridi,a ostali su mono i digliceridi, masne kiseline i esteri sterola (Grbavac, 2014). Od slobodnih masnih kiselina najzastupljenije su palmitinska i stearinska kiselina kao zasićene, te oleinska i linolna kao nezasićene masne kiseline.

Mineralne tvari

Najveći dio mineralnih tvari nalazi se u aleuronskom sloju, klici i omotaču zrna u obliku organskih i anorganskih soli. Udio mineralnih tvari dobiva se kao ostatak nakon žarenja, odnosno pepeo koji sadrži okside kalija, natrija, kalcija, fosfora i dr.

Vitamini

Najveći dio vitamina nalazi se u vanjskim dijelovima zrna i u klici, vrlo malo u endospermu. Najviše ima vitamina B kompleksa i vitamina E.

Enzimi

Enzimi su biokatalizatori koji u vrlo malim količinama utječu na ubrzanje biokemijskih reakcija, a sami se pritom ne mijenjaju. Najvažniji enzimi su amlilolitički, proteolitički i enzim lipoksigenaza.

Amilolitički enzimi razgrađuju škrob tako što ga prevode u manje složene molekule, maltozu i dekstrine. Od amilolitičkih enzima najznačajniji su α- amilaza, β- amilaza i γ- amilaza.

α- amilaza hidrolizira α-1,4 glikozidne veze u molekuli škroba u određenim točkama te razlaže škrob na niskomolekularne dekstrine i male količne maltoze, dok **β- amilaza** razlaže škrob i dekstrine na maltozne jedinice sa nereducirajućih krajeva lanaca molekule škroba.

Proteolitički enzimi su najčešće nepoželjni jer mogu smanjiti sposobnost tijesta da zadrži plinove tijekom fermentacije, ali ako je gluten jak, nedovoljno rastezljiv ili krhak njihova prisutnost je poželjna. Proteolitički enzimi hidrolizom peptidne veze proteina degradiraju proteinske komplekse i produkte do jednostavnijih spojeva, kao što su polipeptidi, peptoni i slični spojevi.

Lipoksigenaza djeluje kao katalizator kod oksidacije masnih kiselina, pogotovo cis-cis 1,4-pentadienske jedinice, pri čemu nastaju konjugirani derivati hidroperoksida. Osim kao aktivator oksidacije upotrebljava se i kao sredstvo za bijeljenje pigmenata brašna (Krnjak, 2010; Sermek-Marčec,2015).

2.1.2. Voda

Kao jedna od osnovnih sirovina u proizvodnji tjestenine uz krupicu i brašno, upotrebljava se voda. Mora udovoljavati zahtjevima Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Optimalna temperatura pri kojoj se voda najbrže apsorbira u brašno je 35 – 45 °C, a udio iona natrija, kalcija i magnezija trebao bi biti što manji kako tjestenina nebi poprimila nepoželjnu boju i okus.

2.1.3. Ječam

Ječam (*Hordeum vulgare L.*) je jednogodišnja biljka iz porodice trava, *Poaceae*, najčešće korištena za proizvodnju slada u industriji piva i za ishranu stoke. Jedna je od najznačajnijih žitarica jer je vrlo prilagodljiv na različita zemljišta kao i na različite klimatske uvjete. Vrlo je bogat vitaminima i mineralnim tvarima: magnezijem, kalijem, željezom, cinkom, selenom i fosforom te vitaminima B kompleksa, a vitamina A, E i K ima u nešto manjim količinama (Grbavac, 2014).

Kemijski sastav zrna ječma

Kemijski sastav zrna ječma prikazan je u **Tablici 1** te se može zaključiti da je vrlo složenog sastava. Za razliku od pšenice, ječam je nešto manje energetske vrijednosti i ima manju probavljivost organske tvari jer se u ovojnici zrna nalaze veće količine celuloze.

Tablica 1 Kemijski sastav suhe tvari zrna ječma (Šimić, 2009.)

Prosječni sastav suhe tvari zrna ječma	**%/ST**
Ukupni ugljikohidrati	78 – 83
Škrob	51 – 67
Saharoza	1 – 2
Monosaharidi	1 – 2
Arabinoksilani	4 – 8
B-glukani	2,5 – 6
Celuloza	2 – 5
Ukupne bjelančevine	8 – 15
Albumini I globulini	1 – 4
Hordeini	3 – 6
Glutelini	3 – 6
Aminokiseline I peptidi	0,5
Ukupni lipidi	2 – 3
Trigliceridi	0,5 – 1,3
Fosfo I glikolipidi	0,5 – 1,3
Voskovi I sterol	0,1 – 0,2
Mineralne tvari	1,9 – 2,5

Proteini

Proteini se u ječmu nalaze u udjelu od 8 – 15 %. Kao i kod pšenice dijele se prema topljivosti u četiri grupe: albumini, globulini, prolamini i glutelini. Ograničavajuća aminokiselina je lizin, no glutelini, a posebno albumini i globulini sadrže visoke udjele lizina.

Ugljikohidrati

Najvećim dijelom nalaze se u endospermu zrna, a najzastupljeniji je škrob, a zatim celuloza, hemiceluloza, pentozani i šećeri topljivi u vodi. Škrob u ječmu dolazi u obliku dvije vrsta granula i to, velikih u obliku leća te malih u obliku sfera. Celuloze u ječmu ima oko 2 do 5% te ona štiti zrno od mehaničkih oštečenja i štetočina prilikom formiranja zrna. Hemiceluloza i pentozani su odgovorni za čvrstoću zrna. Hemiceluloza je netopljiva u vodi kao i celuloza, a topljiva je u lužinama dok su pentozani topljivi u vrućoj vodi.

β-glukani

β-glukani su dugolančani polisaharidi sastavljeni od molekula glukoze koje mogu biti povezane β-(1,3), (1,4) i (1,6) glikozidnim vezama. Izolirani su iz stjenke kvasca *Saccharomyces cerevisiae* iz zrna ječma. U zrnu ječmu nalaze se u udjelu od 2 – 6 %, dok ih u pšenici ima znatno manje, 0,2 do 1%. β -glukani se nalaze u biljakama te imaju ulogu strukturnog i rezervnog materijala (Popović, 2012). (1,3), (1,4)-β-D-glukani su niske molekularne mase i sa vodom stvaraju viskozne otopine. Najvažniji je sastojak stanične stjenke ječmenog endosperma i pridonosi blagotvornim učincima vezanim uz snižavanje razine kolesterola u krvi, snižavaju krvni tlak, stvaraju osjećaj sitosti pomažu kod regulacije tjelesne težine (Cavallero i sur, 2002; Krnjak, 2010). No uz te prednosti, važno je spomenuti da imaju i neke negativne učinke, nisku metaboličku energiju te mogu smanjti apsorpciju vitamina A, željeza i kalcija. Ječmeno brašno obogaćeno β-glukanom se koristi kod mješavina pšeničnog brašna ili krupice kako bi se poboljšala senzorska svojstva i snizio glikemijski indeks durum tjestenine.

Lipidi

Udio lipida u ječmu kreće se od 2 do 3 % i nalaze se u aleuronskom sloju i u klici. Te lipide uglavnom čine trigliceridi sastavljeni od trovalentonog alkohola glicerola esterificiranog sa višim masnim kiselinama.

Mineralne tvari

Sadržaj mineralnih tvari u ječmu je između 2 i 3 % i najvažniji su fosfati (35%) silikati (25%) i soli kalija (20%).

Vitamini

Vitamini se nalaze u aleuronskom sloju i klici. U zrnu ječma su najvažniji vitamini B kompleksa, vitamin B1 (tiamin) i B2 (riboflavin) u vanjskim dijelovima zrna, dok se u klici nalaze vitamin C i vitamin E, no oni su zastupljeni u vrlo malim količinama. Vrlo je važno djelovanje pantotenske kiseline potrebne za metabolizam ugljikohidrata, masti i proteina.

Ostale tvari

U zrnu ječma nalaze se i neke druge tvari zastupljene u vrlo malim količinama, kao što su enzimi, gorke i taninske tvari (Grgić, 2015; Krnjak, 2010; Popović, 2012).

2.2. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE TJESTENINE

Prema tehnološkom postupku tjestenine se razvrstavaju i stavljaju na tržište pod nazivom:

- svježa tjestenina,
- sušena tjestenina,
- predkuhana tjestenina,
- brzo zamrznuta tjestenina (MPŠVG, 2005.).

Tehnološki proces proizvodnje tjestenine sastoji se od sljedećih operacija:

- priprema sirovina,
- doziranje sirovina,
- zamjes ili miješanje sirovina,
- oblikovanje tijesta u konačne oblike,
- sušenje vlažne tjestenine,
- pakiranje tjestenine,
- skladištenje tjestenine.

2.2.1. Priprema sirovina

Brašno ili krupica za proizvodnju tjestenine moraju biti svježe samljeveni i neodležani. Prije zamjesivanja se prosijavaju da se uklone sve nečistoće organskog i anorganskog porijekla i propuštaju se preko magneta da se odstrane svi metalni dijelovi koji su dospjeli u sirovinu zbog habanja strojeva.

Doziranje sirovina se provodi kontinuirano preko dozatora koji su sastavni dio mjesilice ili diskontinuirano, tako da se za svaku šaržu posebno odmjerava potrebna količina sirovina.

2.2.2. Zamjes ili miješanje sirovina

Svrha miješanja je postizanje homogene smjese i optimalne konzistencije tijesta.

Tijesto za proizvodnju tjestenina je najjednostavnije tijesto od svih tijesta koja se pripremaju kod proizvodnje različitih proizvoda od brašna. Pri zamjesivanju tijesta u brašno se dodaje znatno manja količina vode nego što je moć upijanja vode upotrijebljenog brašna. Dobiveno tijesto je u obliku grudaste, mrvljive mase, sastavljene od sitnijih ili krupnijih sipkavih grudica, stoga je potrebna intenzivna daljnja dorada tijesta kako bi se od njega mogla proizvesti tjestenina. Dužina zamjesivanja tijesta zavisi od kvalitete brašna, veličine čestica brašna, količine dodane vode, temperature zamjesa, i kreće se od 10 do 20 minuta. Cijeli postupak izrade tjestenine; zamjesivanje, prešanje i formiranje tjestenine odvija se u preši.

Kvaliteta gotove tjestenine, tj, vanjski izgled, izgled prijeloma, boja, kao i osobine pri kuhanju zavise od vlažnosti tijesta pri zamjesu, kao i od temperature tijesta.

Količina dodatne vode, tj. vlažnost zamjesa zavisi od vrste proizvoda, kvalitete brašna, postojeće opreme itd.

U zavisnosti od vlažnosti tijesta razlikuju se tri vrste zamjesa:

- tvrdi zamjes, sa vlažnošću tijesta od 28-30 %
- srednji zamjes, sa vlažnošću tijesta od 30-32 %
- meki zamjes, sa vlažnošću tijesta od 32-34 %.

Ukoliko se dodaje veća količina vode, dobije se vlažnije tijesto, a pri zamjesu se čestice brašna kvase brže i ravnomjernije. Takvo tijesto se lakše formira, daje tjestenini glatke i sjajne površine, staklastije strukture i staklasti sjajni prijelom. Nedostatak ovakvog zamjesa je u tome što se tjestenina lako lijepi i gubi oblik.

Tijesto sa manjom količinom vode se teže formira, potrebno je da vrijeme miješanja tijesta bude duže, a tlakovi pri prešanju trebaju biti veći. Tako dobivena tjestenina ima mat i baršunastu površinu, ali sirova tjestenina nije podložna lijepljenju i ne gubi oblik, tj. dobiva se tjestenina pravilnog oblika.

Količina vode koja će se dodati za zamjes zavisi od količine i vlažnosti upotrijebljenog brašna i željene vlažnosti tijesta.

2.2.3. Oblikovanje tjestenine

Nakon što je tijesto dobro zamiješeno, ulazi u cilindar preše gdje se tlači i pomiče prema glavi preše. Prilikom prolaska kroz cilindar preše, tijesto se uslijed djelovanja tlaka dorađuje i od sipkave mase nastaje plastično i elastično tijesto. Tlakovi u preši se kreću od 80 do 120 bara, što uzrokuje povišenje temperature. Zbog toga je potrebno kroz plašt oko cilindra preše dovoditi rashladnu vodu temperature 38 do 40 °C, kako ne bi došlo do povećanja temperature tijesta iznad 50 °C. U sredini cilindra postavljen je pužasti transporter koji okretanjem zahvaća tijesto i potiskuje ga do glave preše. U glavi preše se nalaze kalupi sa matricama različitih oblika kroz koje se protiskuje tijesto. Ispod kalupa se nalazi nož za odsijecanje tjestenine. Brzinom okretanja i brojem noževa na držaču noža podešava se dužina pojedinačnih komada tijesta.

2.2.4. Sušenje tjestenine

Najvažniji dio procesa proizvodnje tjestenine svakako je proces sušenja. Od osobina brašna i ponašanja tijesta pri sušenju zavise mnoge osobine gotovih proizvoda: čvrstoća, ponašanje pri kuhanju itd.

Ukoliko je u tijestu veći sadržaj vlage i njen raspored neravnomjerniji, utoliko je skupljanje tijesta pri sušenju nepovoljnije, jer lakše dolazi do krivljenja i stvaranja pukotina i pora. Ustanovljeno je da deformacije nastaju baš u periodu sušenja glutena, a ne u periodu sušenja škroba. Zbog toga se tjestenine s većom količinom glutena (40-44 %) mnogo duže suše nego tjestenina od brašna sa 30-36 % glutena. Količina vlažnog glutena utječe i na mehaničku čvrstoću tijesta i njegovo ponašanje pri kuhanju. Ako je količina bjelančevina (glutena) mala, a kvaliteta loša, tjestenine nemaju odgovarajuće mehaničke osobine. Kako bi se spriječilo intenzivno udaljavanje vode sa površine treba povećati temperaturu i održavati vlažnu atmosferu u sušari.

Sam proces sušenja je podijeljen u dvije faze. Prva faza je predsušenje u kojoj dolazi do smanjenja vlažnosti na oko 20%. Pri toj vlažnosti tjestenina počinje gubiti plastična svojstva. Nakon toga slijedi glavno sušenje u kojem se postiže vlažnost od 14 %, pri kojoj dolazi do potpunog gubitka plastičnosti i tjestenina poprima svojstva čvrstog tijela, koja zadržava do kraja sušenja. Kod glavnog sušenja, izmjenjuju se periodi sušenja s periodima znojenja tjestenine radi postizanja izjednačene vlažnosti u svim dijelovima tjestenine.

U zavisnosti od temperature zraka za sušenje, načini sušenja tjestenine se dijele na:

- sušenje sa niskim temperaturama, pri kojem temperatura zraka za sušenje ne prelazi 50 do 55 °C (niska temperatura),
- sušenje sa srednje visokim temperaturama pri kojem se temperatura zraka kreće oko 75 °C (visoka temperatura),
- sušenje sa visokim temperaturama pri kojem je temperatura zraka za sušenje iznad 95 °C (vrlo visoke temperature).

2.2.5. Pakiranje i skladištenje

Svrha pakiranja je zaštita od mikrobioloških, biokemijskih i fizikalnih promjena koje mogu dovesti do značajnog gubitka kvalitete. U tu svrhu kao ambalažni materijali se mogu primijeniti PVC folije, kartonska ambalaža i papirnate vrećice. Nakon pakiranja tjestenina dolazi u skladište za gotove proizvode, gdje se pod određenim uvjetima čuva do transporta na prodajna mjesta (Varriano-Marston and Stoner, 1996.).

2.3. OCJENJIVANJE KAKVOĆE TJESTENINE

Kakvoća tjestenine regulirana je Pravilnikom o kakvoći žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, tjestenina i brzo smrznutih tijesta. Svježa i sušena tjestenina izgledom, okusom, bojom i konzistencijom mora odgovarati pojedinoj vrsti tjesteničarskog proizvoda (MPŠVG, 2005.).

U pogledu općih karakteristika krupnih krupica namijenjenih proizvodnji tjestenine, može se istaknuti sljedeće:

- tvrde pšenice sa visokim sadržajem glutena daju tjestenine sa boljim ponašanjem pri kuhanju;
- kod krupica sa istom količinom glutena, bolje osobine pri kuhanju posjeduju one čiji je gluten „kratak“ i čiji ekstenzogrami daju velike vrijednosti količnika otpora na rastezanje;
- pri kuhanju se ponašaju bolje oni proizvodi čiji amilogrami daju veće vrijednosti maksimalne viskoznosti želatinizacije (pri istoj količina glutena).

Tjestenine od durum pšenica imaju čvrstoću oko 1.200 g, a pri kuhanju im se zapremina povećava za oko 3-3,5 puta, uz zadržavanje oblika. Proizvodi dobiveni od običnih visokostaklastih pšenica imaju čvrstoću 700-800 g, pri kuhanju povećavaju volumen za oko 2,5 puta. Kvaliteta tjestenine može se u velikoj mjeri poboljšati dodatkom monoglicerida, u količinama do 0,5 %.

Ocjena kakvoće tjestenine provodi se organoleptičkim i fizikalno-kemijskim metodama. Organoleptičko ocjenjivanje kakvoće nekuhane tjestenine provodi se na temelju vanjskog izgleda i oblika tjestenine, te elastičnosti tjestenine. Pod vanjskim oblikom podrazumijeva se ujednačenost uzorka prema duljini, širini i debljini. Pod izgledom tjestenine podrazumijeva se

boja, ujednačenost boje, prisutnost bijelih i tamnih pjega, površinska glatkoća, poroznost i sjaj. Kod kuhane tjestenine određuje se miris, okus, konzistencija i ljepljivost.

Fizikalno-kemijske metode obuhvaćaju određivanje količine apsorbirane vode, gubitaka kuhanjem, povećanja volumena pri kuhanju, postotka raskuhavanja tjestenine, prisutnost (odsutnost) umjetnih boja i stupnja kiselosti.

Boja tjestenine je važan element kakvoće na kojeg utječu mnogi čimbenici, kao što su veličina čestica brašna ili krupice, udio enzima u brašnu ili krupici te primijenjeni uvjeti pri proizvodnji tjestenine. Svijetložuta boja tjestenine koja potječe od prisutnih karotenoidnih pigmenata, tradicionalna oznaka visoke kakvoće, jedna je od poželjnih karakteristika završnog procesa. Brašna i krupice *Triticum durum-a* sadrže znatno više ovih pigmenata od *Triticum aestivum-a*.

2.4. Škrob

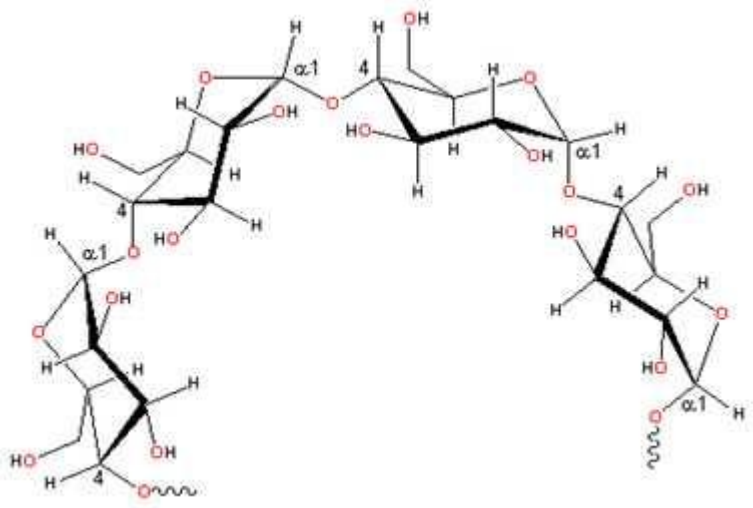
Škrob je polisaharid jedinstvenih fizikalnih i nutritivnih svojstava, opće formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ i najrasprostranjeniji je ugljikohidrat u svim žitaricama. Nastaje fotosintezom u zelenim biljkama koje ga skladište u različitim organima i tkivima kako bi ga mogle koristiti tijekom mirovanja, klijanja i rasta. Škrob je glavni izvor ugljikohidrata u ljudskoj prehrani i u organizam se unosi konzumacijom žitarica, voća i povrća i njihovih prerađevina. U prehrambenoj industroji se koriste različiti oblici škrobova. Nativni i modificirani škrobovi se koriste kao sredstva za povezivanje različitih sastojaka, stabiliziranje pjene, zgušnjavanje, stvaranje filma, zadržavanje vlage, itd.

U stanicama endosperma škrob se nalazi u obliku granula sastavljenih od amiloze i amilopektina. Granule škroba razlikuju se od vrste do vrste i prema obliku granule vrste škrobova se mogu razlikovati (Ačkar, 2010).

Amiloza

Amiloza je ravnolančasta molekula sastavljena od 500 – 1000 molekula α-D- glukoze koje su međusobno povezane α-1,4 glikozidnim vezama. Sadrži i mali udio grananja i na tim dijelovima su molekule glukoze povezane α-1,6 glikozidnim vezama. Stupanj grananja ovisi o vrsti škroba i raste sa povećanjem molekulske mase.

Na topljivost molekule amiloze i na retrogradaciju utječe stupanj polimerizacije. Što je stupanj polimerizacije viši ili niži molekule su stabilnije i povećana im je topljivost, a kod vrijednosti stupnja polimerizacije 80 tendencija retrogradaciji je naviša, a molekule su teško topljive. Amiloza ima veću sklonost retrogradaciji i formira čvrste gelove i filmove.

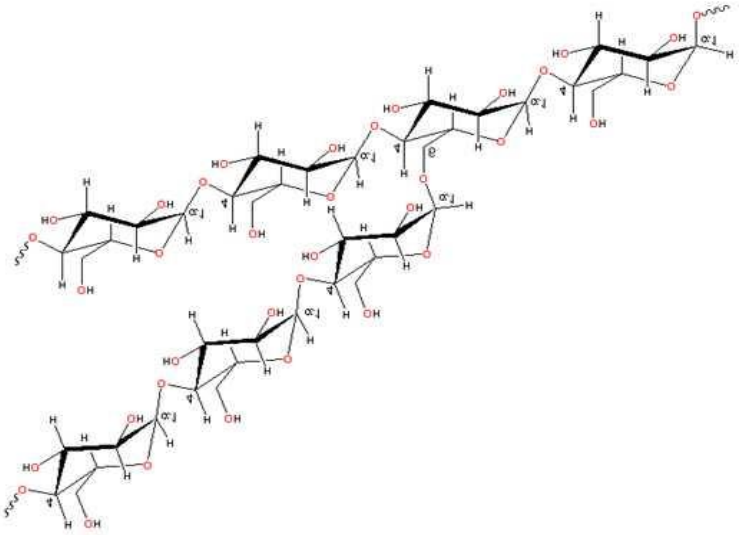


Slika 1 Struktura amiloze (Novaković, 2008)

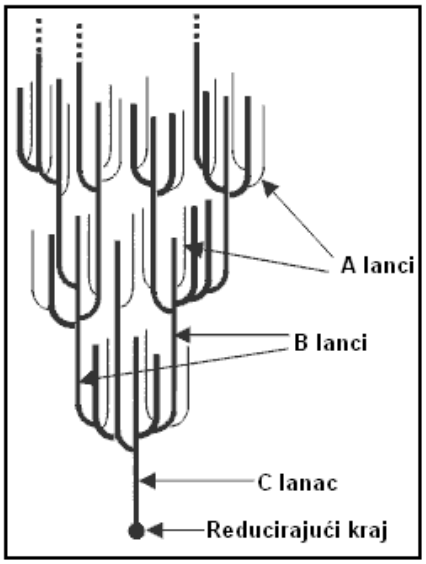
Amilopektin

Amilopektin je razgranata molekula sastavljena od glukoznih jednica međusobno povezanih α-(1,4) glikozidnim vezama na ravnom dijelu lanca i α-(1,6) glikozidnim vezama na mjestima grananja. Sa molekulskom masom od 10^7 - 10^9 predstavlja jednu od najvećih molekula. Amilopektin je izgrađen od 3 tipa lanaca (**Slika 3**) :

- A – lanci, ravni dio, molekule glukoze povezane α-(1,4) glikozidnim vezama,
- B – lanci, imaju jedan ili više A – lanaca, molekule glukoze povezane α-(1,4) i α-(1,6) glikozidnim vezama i
- C – lanci, sadrže reducirajući kraj molekule (Šubarić i sur.).



Slika 2 Struktura amilopektina (Novaković, 2008)



Slika 3 Građa molekule amilopektina (Šubarić i sur.)

2.4.1. Građa škrobne granule

U granuli škroba su amiloza i amilopektin radijalno povezani vodikovim vezama i to tako da je unutrašnji sloj granule izgrađen od amiloze (20 – 30 %) dok se u vanjskom sloju nalazi amilopektin (70 – 80 %). Granule škroba imaju amorfna i pseudokristalna područja tzv. semikristalnu građu zbog koje nisu topljive u vodi sobne temperature. Pseudokristalna (uređena) područja čine A – lanci amilopektina koji su povezani vodikovim mostovima te su smješteni paralelno jedan uz drugog. B – lanaci amilopektina izgrađuju amorfna (neuređena) područja koja su mjesta grananja molekule. Vanjska površina granule škroba je prva prepreka bubrenju, djelovanju enzima, kemijskim reagensima i sl. U škrobnoj granuli nalaze se i neškrobne komponente koje značajno utječu na svojstva škroba, a to su lipidi, proteini i fosfor. Od neškrobnih komponenata najvažniju ulogu imaju lipidi. Kompleks lipid : škrob utječe na probavljivost škroba smanjujući kontakt enzima sa supstratom, ali je negativno povezan sa stupnjem bubrenja zbog povećanja hidrofobnosti, utječe na reološka svojstva škrobnih pasti. Od proteina koji se nalaze na površini granule najvažniji su amilolitički enzimi koji imaju velik utjecaj na škrob tijekom želatinizacije. α- amilaza prisutna čak i u tragovima utječe na svojstva uguščivanja hidrolizom škrobne molekule, prije nego što se enzim inaktivira na povišenoj temperaturi. Škrobnu granulu karakterizira kemijska i fizikalna heterogenost; kemijska zbog sadržaja amiloze i amilopektina i fizikalna zbog amorfnih i kristalnih područja. Granule škroba koje su neoštećene ne mogu se otapati u hladnoj vodi, ali mogu reverzibilno apsorbirati određenu količinu vodu što uzrokuje povećanje volumena, odnosno bubrenje granula. Ukoliko se takva škrobna suspenzija zagrijava dolazi do narušavanja kristalne strukture granule i do promjena kao što su otapanje granula, nastajanje gela, povećanje viskoznosti, gubitak optičke aktivnosti i drugo (Ačkar, 2010; Šubarić i sur.).

2.4.2. Želatinizacija škroba

Želatinizacija je proces u kojem su škrobne granule izložene utjecaju povišene temperature u prisutnosti vode. U takvim uvjetima dolazi do narušavanja strukture škrobne granule, ireverzibilnog otapanja te gubitka kristalne strukture škroba uz povećanje probavljivosti škroba. Želatinizacija se provodi pri određenom rasponu temperature i to tako da voda prodire u amorfna područja granule i dolazi do bubrenja. Škrobovi koji u svom sastavu sadrže veći udio

amiloze, iznad 50 %, želatiniziraju pri višim temperaturama, paste koje stvaraju su veće viskoznosti, ali imaju veću tendenciju retrogradacije. Kod optimalne količine vode i zagrijavanjem sustava, kod specifične temperature mijenjaju se faze i to dolazi do promjene staklaste u „gumenu fazu“. Granule i dalje bubre, molekule amiloze i amilopektina izlaze iz granule u otopinu. To razbijanje granula i otapanje tih molekula može se poboljšati miješanjem. Što je više otopljenih molekula, veća je viskoznost. Želatinizacija počinje pri niskim temperaturama i traje sve do potpunog uništenja granula. Zaključeno je da je želatinizacija trostupanjski proces. Prvo dolazi do apsorpcije vode u škrobnim granulama i mobilost polimera u amorfnom području se povećava, zatim se takvi mobilni polimeri reorganiziraju u tim amorfnim područjima i stvaraju se intermolekulske veze, a na kraju procesa želatinizacije zbog tih sve mobilnijih polimera intermolekulske sile prestaju djelovati i struktura granule se gubi.

2.4.3. Retrogradacija škroba

Spontanim prelaskom koji se događa hlađenjem, želatinizirani sustav iz stanja sa višim sadržajem energije prelazi u stanje sa manjim sadržajem energije. Taj proces u kojem molekule rekristaliziraju naziva se retrogradacija. Kod retrogradacije dolazi do povezivanja susjednih polimera preko vodikovih mostova, molekula amiloze u strukturu dvostruke uzvojnice, a molekule amilopektina se povezuju kratkim vanjskim lancima i rekristaliziraju znatno slabije zbog razgranate strukture. Zbog toga što međusobnim povezivanjem otopljenih molekula dolazi do rekristalizacije, razdvanja faza polimera i otapala, retrogradacija ima bitan utjecaj na teksturu prehrambenih proizvoda sa višom količinom škroba (npr. starenje pekarskih proizvoda). Retrogradacija ovisi o mnogim čimbenicima, a neki od njih su: pH, temperatura želatinizacije, koncentracija škroba u otopini, prisustvo drugih tvari i ostalo. Kod pH od 5 – 7 retrogradacija je najizraženija, a pri vrlo niskoj ili visokoj vrijednosti pH usporena je ili čak prekinuta. Ukoliko dođe do sniženja temperature i povećanja koncentacije škroba dolazi do porasta stupnja retrogradacije, dok porastom temperature želatinizacije raste brzina retrogradacije kod skladištenja. Učinci retrogradacije mogu biti različiti, može doći do: porasta viskoznosti, taloženja netopljivih škrobnih dijelova, pojave mutnoće i izlučivanja vode iz paste (Ačkar, 2010).

2.4.4. Hidroliza škroba

Razgradnja molekule škroba do jednostavnih šećera ovisi o prisutnosti različitih hidrolitičkih enzima, α-amilaze, β-amilaze, pululanaze i α-glukozidaze.

α-amilaza je endo-enzim koji hidrolizira α-(1,4) glikozidne veze u lancu škroba čime terminalni šećer ostavlja u α-obliku. Hidroliza škroba pomoću ovog enzima je vrlo brza.

β-amilaza je egzo-enzim koji hidrolizira amilolitički lanac s nereducirajućeg kraja i oslobađa maltozu. Linearni dekstrini nastali hidrolizom pomoću α-amilaze dalje se hidroliziraju β-amilazom do maltoze koja se djelovanjem α-glukozidaze hidrolizira do molekula glukoze. Enzim pululanaza djeluje na α-(1,6) glikozidne veze razgranatih dekstrina kako bi oni bili dostupni za hidrolizu β-amilazom, zbog toga što α-amilaza i β-amilaza ne mogu hidrolizirati α-(1,6) glikozidne veze (Grgić, 2015).

2.5. Reologija

Reologija je znanstvena disciplina, grana fizike, koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenja krutih i tekućih materijala. Pojam deformacija podrazumijeva promjenu oblika i dimenzija tijela pod utjecajem sile dok tečenje karakterizira kontinuirana promjena deformacije s vremenom. Reologija ima primjenu u mnogim industrijama, no za prehrambenu industriju je od vrlo važnog značaja zbog svojstava poluproizvoda i gotovih prehrambenih proizvoda (Pozderović, 2012).

Osnovna reološka svojstva prema kojima se materijal može ponašati su elastičnost, plastičnost i viskoznost. Materijal je idealno elastičan kada se deformacija pojavi trenutačno, a s prestankom djelovanja sile nestaje. Ukoliko materijal i nakon prestanka djelovanja sile zadržava deformaciju tada on pokazuje plastično ponašanje. Većina tekućina pokazuje svojstvo viskoznosti koje je izmjerena vrijednost unutrašnjeg trenja supstance u tečenju. Viskoznost se mjeri određivanjem sile, napona smicanja, potrebne kako bi se čestice materijala pri određenoj brzini deformacije, brzini smicanja pomaknule. Omjer napona i brzine smicanja predstavlja viskoznost (Ćakarun, 2012; Pozderović, 2012).

2.5.1. Reološka svojstva brašna i škroba

Procesom mljevenja žitarica dobije se brašno. Za odvijanje biokemijskih procesa kao i za reološka svojstva važna je veličina čestica brašna. Reološka svojstva tijesta utječu na kvalitetu gotovih proizvoda pa je važno poznavanje i određivanje reoloških svojstava. Reološka svojstva ovise o kvaliteti brašna pa ujedno služe i za određivanje kvalitete brašna.

Kao što je veličina čestica brašna važna za reološka svojstva tijesta, tako je važna i veličina škrobnih granula škroba i omjer amiloze i amilopektina za viskoznost škrobne suspenzije. Viskoznost se mijenja promjenom temperature, koncentracije i napona smicanja.

Reološka svojstva pasti kao i promjena viskoznosti škrobne suspenzije prate se pomoću *kontinuiranih automatskih viskozimetara* i to *Brabenderovog amilografa*, *Micro Viscoamilografa* i *rapid viskoanalyzera* (*RVA*) (Grgić, 2015).

Mikro visko-amilograf

Mikro visko-amilograf (**Slika 4**) predstavlja najrazvijeniji tip već prihvaćenog i u praksi dokazanog amilografa. Mikro visko-amilograf je rotacijski viskozimetar koji mjeri viskoznost u određenom vremenu. Mjerenje se vrši pri:

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

Princip mjerenja se bazira na zagrijavanju suspenzije škroba i vode, odnosno brašna i vode pod kontroliranim uvjetima. Pritom se nastala brzina vrtnje pretvara u elektronički signal i putem specijalnog programa zapisuje i vrednuje. Aktualne mjerne vrijednosti prikazuju se istovremeno numerički i grafički. Uređaj se pokreće isključivo pomoću računala, koje upravlja odvijanjem postupka i dokumentira vrijednost.

Uređaj je koncipiran za prehrambenu industriju - za mjerenje karakteristika zgrušavanja i želiranja škroba i proizvoda koji sadrže škrob. Mikro visko-amilograf se koristi u kemijskoj, kozmetičkoj, tekstilnoj industriji i u proizvodnju ljepila za mjerenje industrijskog škroba,

tekućina, pasta. Prednost ovog uređaja je u tome što su potrebne relativno male količine uzorka (5 – 15 g) i kratko trajanje postupka. (Ćakarun, 2012., Grgić, 2015.)



Slika 4 Mikro visko-amilograf (web prikaz 1)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskoga rada bio je istražiti utjecaj zamjene durum krupice s ječmenim brašnom u rasponu 0-50 %, pripremiti uzorke tjestenine koji su sušeni pri različitim temperaturnim režimima (50, 70 i 90 ˚C) te provesti amilografsko ispitivanje i rezultate usporediti s onima dobivenim tradicionalnim metodama ispitivanja kao što su ispitivanje teksturalnog profila, određivanje postotka raskuhavanja, apsorpcije vode i koeficijenta povećanja volumena tijekom kuhanja tjestenine.

3.2. MATERIJALI

Za izradu tjestenine korištena je krupica durum pšenice (uvoznik tvrtka Gatti d.o.o., Zagreb) i brašno golozrne sorte ječma "Matko" (Poljoprivredni Institut Osijek). Ječmeno brašno dobiveno je mljevenjem ječma na laboratorijskom mlinu IKA s otvorima sita od 1 mm i dodavano je u udjelima od 10, 20, 30, 40 i 50 % u odnosu na ukupnu količinu brašna potrebnog za proizvodnju tjestenine.

3.3. METODE

3.3.1. Izrada tjestenine u laboratorijskim uvjetima

Kondicioniranje i priprema smjese za laboratorijski ekstruder

Za proizvodnju uzoraka tjestenine izvagano je 1 kg durum krupice, ili smjese durum krupice i ječmenog brašna u odgovarajućim omjerima, direktno u posudu za miješanje laboratorijskog miksera. Vodovodna voda temperature 40±2 ˚C dodavana je putem štrcaljke kako bi se omogućila ravnomjerna raspodjela i hidratacija čestica brašna. Voda je dodana u količini kako bi se postigla konačna vlažnost smjese od 34 g/100 g. Tijekom dodavanja vode, mikser je radio kako bi se omogućila ravnomjerna raspodjela. Nakon što je sva količina vode dodana, smjesa se miješala još 10 min, a nakon završetka je prebačena u vrećicu te se kondicionirala tijekom 30 min. Kondicioniranje je potrebno za ravnomjernu raspodjelu vlage unutar smjese. Smjese s dodatkom ječmenog brašna su prethodno izmiješane kako bi se postigla ravnomjerna raspodjela ječmenog brašna i durum krupice.

Postupak ekstruzije

Pripremljeni zamjesi krupice i vode ekstrudirani su u jednopužnom laboratorijskom ekstruderu 19/20 DN (Brabender, Duisburg, Njemačka) pri sljedećim parametrima: konfiguracija puža 3:1, temperaturni režim 35/40/40 ˚C uz upotrebu hlađenja pomoću vodovodne vode u zadnjoj zoni ispred sapnice, sapnica širine 7 mm, debljine 2 mm prevučena teflonom.

Ekstrudirana tjestenina rezana je ručno na izlazu iz sapnice te raspoređena na perforirane tacne za sušenje. Tacne s uzorcima za sušenje su odložene u komoru za sušenje pri sobnoj temperaturi prije samog početka sušenja.

Sušenje tjestenine

Svježa tjestenina se suši u komori s regulacijom temperature i vlažnosti zraka unutar komore (Climacell 111). U komoru stane 6 perforiranih tacni, a željeni temperaturni režim se namjesti unošenjem parametara sušenja (temperatura i vlažnost zraka u komori u fazi predsušenja, te temperatura i vlažnost zraka u komori u fazi glavnog sušenja). Za sušenje tjestenine koristila su se tri temperaturna režima (50, 70 i 90 °C). Predsušenje je jednako u sva tri temperaturna režima (40 °C, vlažnost zraka 60 %, vrijeme predsušenja 35 minuta), dok su glavna sušenja iznosila:

- 50 °C, vlažnost zraka 70 %, 450 minuta;
- 70 °C, vlažnost zraka 70 %, 240 minuta;
- 90 °C, vlažnost zraka 70 %, 120 minuta.

Vrijeme zadanih režima se počinje mjeriti nakon što je unutar komore postignuta zadana temperatura.

Nakon završetka sušenja, tjestenina se ostavi stajati na sobnoj temperaturi radi kondicioniranja, te se nakon toga pakira u PVC vrećice.

3.3.2. Amilografsko ispitivanje sirovina i uzoraka tjestenine

Amilografsko ispitivanje uzoraka durum krupice, smjesa durum krupice i ječmenog brašna te osušenih uzoraka tjestenine provedeno je pomoću Mikro Visko-Amilografa (Brabender OGH, Duisburg, Njemačka). Mikro visko-amilograf je razvijeniji tip već prihvaćenog i u praksi

dokazanog amilografa koji za razliku od njega koristi mnogo manju količinu uzorka (15 g), a moguće je i softverski regulirati brzinu zagrijavanja/hlađenja suspenzije. Usitnjavanje uzoraka sušene tjestenine provedena je na kuhinjskom mlinu (Braun), a korekcija potrebne mase za analizu se vršila na 14 %-tni udjel vode. Masa uzorka pri 14%-tnom udjelu vode je 15 g, a dodatak vode 100 g. U Erlenmeyer-ovu tikvicu se stavi točno odvagana količina uzorka te se doda točno odvagana količina vode, a suspenzija se dobro promiješa. Nakon što je dobivena homogena suspenzija, iz tikvice se suspenzija stavi u mjernu posudu uređaja koja se potom stavlja u ležište Mikro visko-amilografa. Kod izrade diplomskog rada uz ispitivanje vodom (standardna metoda), provedena su i ispitivanja korištenjem 2 mM otopine srebrovog nitrata $AgNO_3$. Otopina $AgNO_3$ se koristila kako bi se inaktivirali amilolitički enzimi u brašnu da bi dobio bolji uvid u tijek želatinizacije škroba u uzrocima tjestenine, a bez utjecaja enzima.

Na mjernu glavu se pričvrsti mjerno tijelo i spusti u najniži položaj te započinje ispitivanje prema sljedećim uvjetima:

- broj okretaja: 250 min^{-1},
- mjerno područje:300 cmg,
- početna temperature: 30 °C,
- brzina zagrijavanja: 5 °C/min,
- završna temperature: 95 °C,
- vrijeme zadržavanja na 95 °C: 5 min,
- hlađenje 5 °C/min do 50 °C,
- vrijeme zadržavanja na 50 °C: 1 min,
- ukupno vrijeme trajanja ispitivanja: 50 min.

Brabender Visco - Graph softver bilježi sve promjene viskoznosti suspenzije i temperature te se iz dobivenih podataka dobiva krivulja. Krivulja predstavlja ovisnost viskoznosti, odnosno zakretnog momenta, i temperature o vremenu tzv. amilogram.

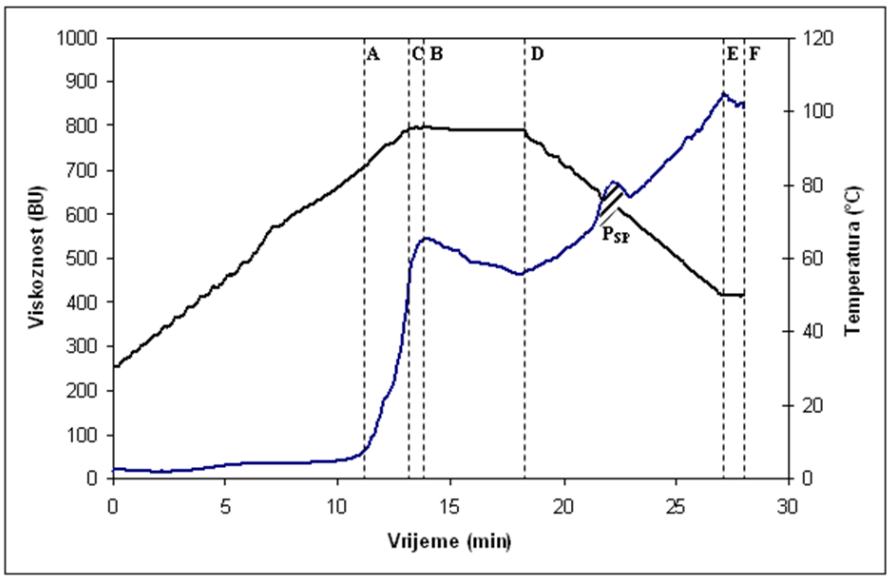
Iz amilograma (Slika 5) se mogu očitati:

- A = početna temperatura želatinizacije (°C)
- B = temperatura maksimuma (°C)
- B = maksimalna viskoznost (BU)

- C = viskoznost na početku prvog zadržavanja temperature, odnosno na kraju zagrijavanja (BU)
- D = viskoznost na početku hlađenja (BU)
- E = viskoznost na kraju hlađenja (BU)
- F = viskoznost na kraju drugog zadržavanja temperature (BU).

Iz navedenih vrijednosti izračunavaju se i sekundarni parametri:

- B-D = opadanje viskoznosti (BU)
- Povratni efekt (BU)



Slika 5 Amilogram

Za potrebe ovog rada korišteni su parametri: maksimalna viskoznost, opadanje viskoznosti i povratni efekt.

3.3.3. Ispitivanje kakvoće kuhane tjestenine

Postupak kuhanja tjestenine

Odvagani uzorak od 100 g se stavi u 1000 cm^3 ključale vode u koju je dodano 5 g kuhinjske soli. Pri stavljanju tjestenine, vrenje vode postupno prestaje. Kad voda ponovo proključa zabilježi se

vrijeme početka kuhanja. Kuha se uz lagano vrenje i povremeno miješanje. Završetak kuhanja se utvrđuje pritiskanjem komada tjestenine između dvije staklene ploče (tjestenina se može presjeći i nožem te se gleda izgled presjeka). Tjestenina je skuhana kada nestane tzv. "farinozni nukleus" (brašnasti presjek). Zabilježi se vrijeme (u minutama) kada je tjestenina skuhana.

Određivanje postotka raskuhavanja tjestenine

Kuhana tjestenina se procijedi kroz cjediljku i ispere s 500 cm^3 mlake vode temperature oko 35 °C. Nakon ispiranja, tjestenina se ostavi na cjediljki 2–3 minute. Voda od cijeđenja i ispiranja sakupi se u čaši od 2000 cm^3 i izmjeri se ukupni volumen $V_{H_2O,\ CI}$, a izvaže masa kuhane, procijeđene i isprane tjestenine.

Nakon toga se voda dobro izmiješa i pipetom se odmjeri 100 cm^3 i prenese u prethodno izvaganu čašu od 250 cm^3. Čaša se stavi na vodenu kupelj dok ne ispari voda, a ostatak se suši pri temperaturi od 130 °C tijekom 90 minuta. Suhi ostatak m_s preračuna se na ukupnu količinu vode od cijeđenja, a potom na udjel suhe tvari u uzorku tjestenine.

Uzimajući u obzir korekciju suhog ostatka za dodanu sol, rezultat se iskazuje kao postotak raskuhavanja i izračunava prema formuli:

$$R = \frac{(m_S - K) \cdot V_{H_2O,\,CI}}{100 - w_{H_2O,\,TJ}}\ (\%)$$

gdje je: R– postotak raskuhavanja tjestenine (%)

m_s– suhi ostatak u 100 cm^3 vode od cijeđenja (g)

$V_{H_2O,\ CI}$ – volumen vode od cijeđenja i ispiranja (cm^3)

$w_{H_2O,\ TJ}$– udjel vlage u tjestenini u % (tjestenina sušena na zraku: 12,5%)

K– korekcija za količinu dodane kuhinjske soli u gramima

$$K = \frac{4{,}7 \cdot 100}{V_{H_2O,\,CI}}$$

Korekcija za količinu dodane kuhinjske soli računa se na osnovi 6% vode u soli, a broj 4,7 je suha tvar u 5 g kuhinjske soli.

Određivanje količine vode koju apsorbira tjestenina

Izvaže se masa kuhane, procijeđene i isprane tjestenine dobivene kuhanjem 100 g tjestenine prema prethodno opisanom propisu.

Količina apsorbirane vode računa se prema formuli:

$$A = m_{KT} - m_{NT}\ (g)$$

gdje je m_{KT} - masa skuhane i procijeđene tjestenine (g)

m_{NT} - masa nekuhane tjestenine (100 g)

Određivanje koeficijenta povećanja volumena tjestenine pri kuhanju

Volumen kuhane tjestenine V_{KT} određuje se isto kao i volumen nekuhane tjestenine, samo se koristi graduirani cilindar od 1000 cm^3 s 500 cm^3 vode. Ukupna masa kuhane tjestenine m_{KT} se stavi u graduirani cilindar i očita se volumen V_2.

Volumen kuhane tjestenine se izračunava sljedećom formulom:

$$V_{KT} = V_2 - 500\ (cm^3/100\ g\ kuhane\ tjestenine),$$

a koeficijent povećanja volumena α tjestenine računa se prema formuli:

$$\alpha = \frac{V_{KT}}{V_{NT}}$$

gdje je V_{KT} – volumen kuhane tjestenine (cm^3)

V_2 – volumen vode u graduiranom cilindru s kuhanom tjesteninom (cm^3)

V_{NT} – volumen nekuhane tjestenine (cm^3)

V_1 – volumen vode u graduiranom cilindru s nekuhanom tjesteninom (cm^3)

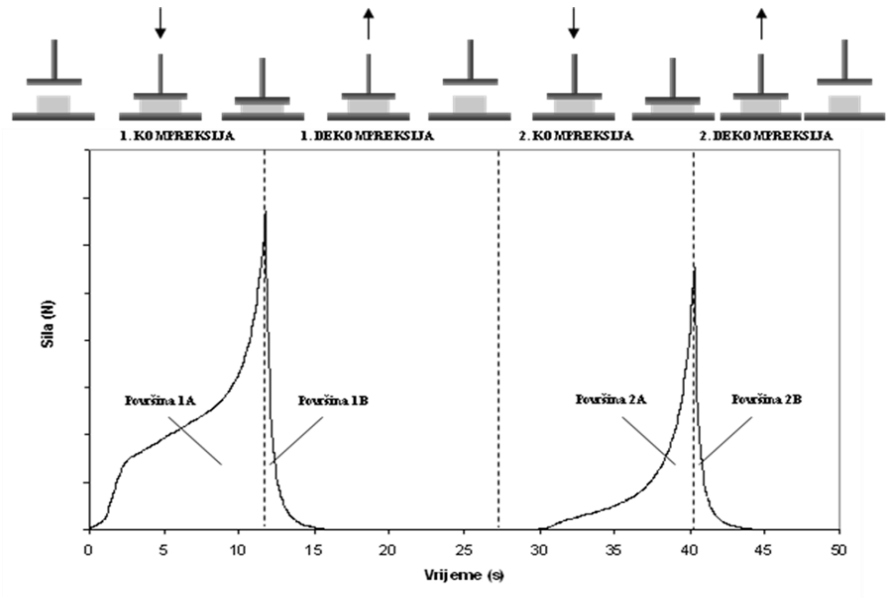
3.3.4. Ispitivanje teksturalnog profila tjestenine

Za određivanje teksturalnog profila tjestenine koristio se uređaj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velika Britanija), a dobiveni podaci su analizirani pomoću s Texture Exponent 32 softvera (verzija 3.0.5.0.).

Uzorci kuhane tjestenine se fiksiraju na bazu analizatora teksture pomoću plastičnog držača koji na sebi ima okrugli otvor promjera 11 mm. Kroz taj otvor uzorci se podvrgavaju dvostrukoj kompresiji aluminijskim cilindričnim nastavkom promjera 10 mm prema sljedećim parametrima:

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

Slika 6 prikazuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema parametrima podešenim prije eksperimenta.



Slika 6 Tipična krivulja ispitivanja teksturalnog profila tjestenine metodom dvostruke kompresije

Iz dobivenih rezultata očitane su sljedeće vrijednosti:

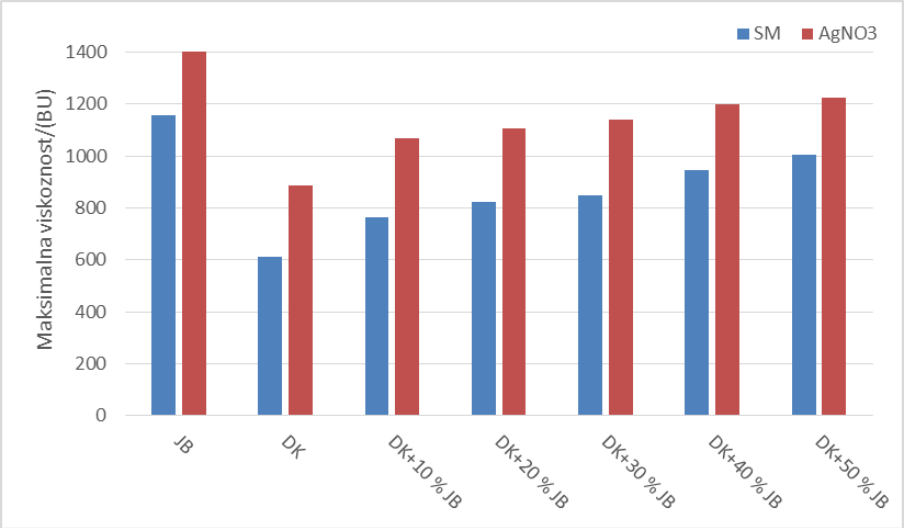
- čvrstoća - predstavlja visinu prvog pika izraženu u gramima (g),
- kohezivnost - predstavlja snagu unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika (Površina 2AiB/Površina 1AiB),
- elastičnost - predstavlja omjer visina uzorka do koje se on vraća tijekom vremena koje prođe između kraja prve kompresije i početka druge kompresije i početne visine uzorka,
- 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 i izražava u jedinicama gramima (g),
- adhezivnost - predstavlja ljepljivost uzorka, a definirana je površinom C ispod pika koji se pojavljuje ispod apscise i izražava se u gram sekundama (g s).

3.3.5. Statistička obrada rezultata

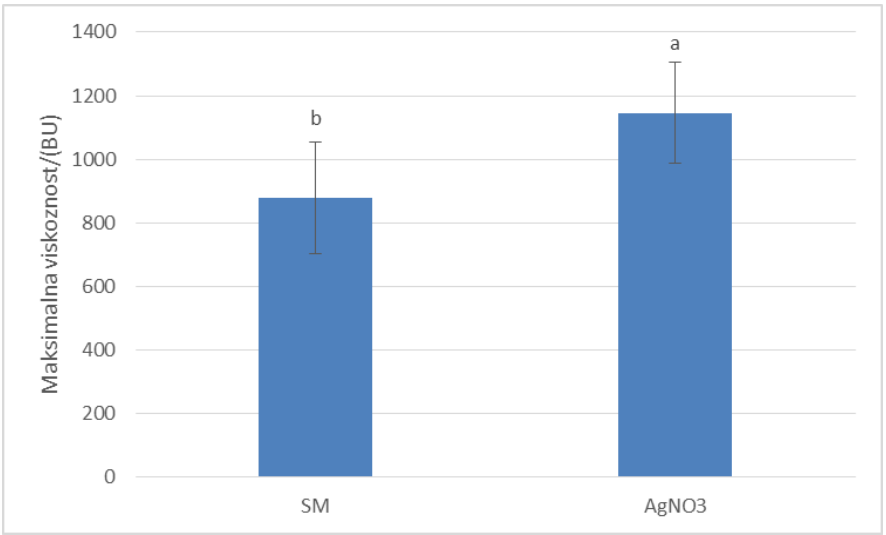
Dobiveni rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standadna devijacija. Analiza varijance (one-way ANOVA), Fisher-ov LSD test najmanje značajne razlike (eng. *Least significant difference*) višestruka (multipla) regresijska analiza (eng. general linear model-GLM), Wilk's lambda test značajnosti i korelacijska matrica dobivenih podataka provedeni su upotrebom programa Statistica 7 i Microsoft Office Excel 2010.

4. REZULTATI I RASPRAVA

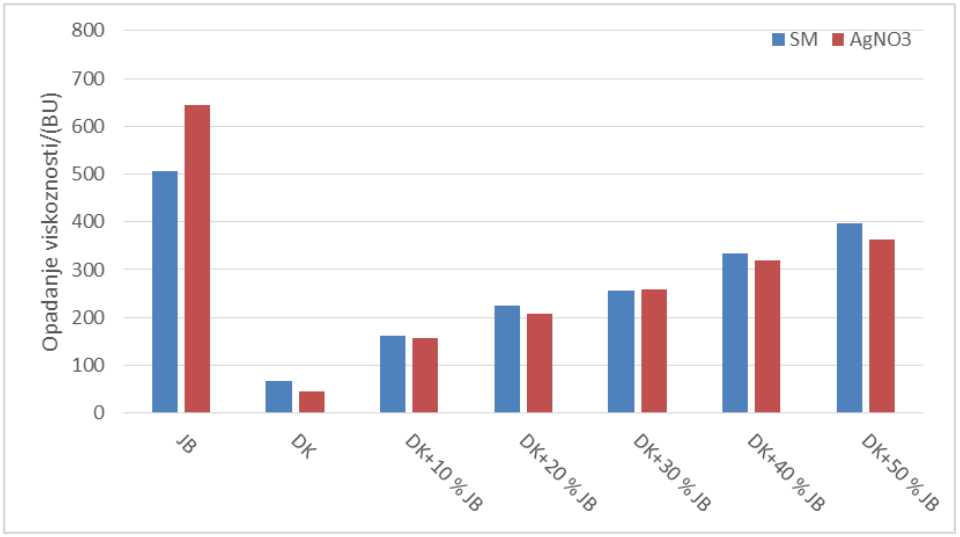
4.1. REZULTATI AMILOGRAFSKOG ISPITIVANJA



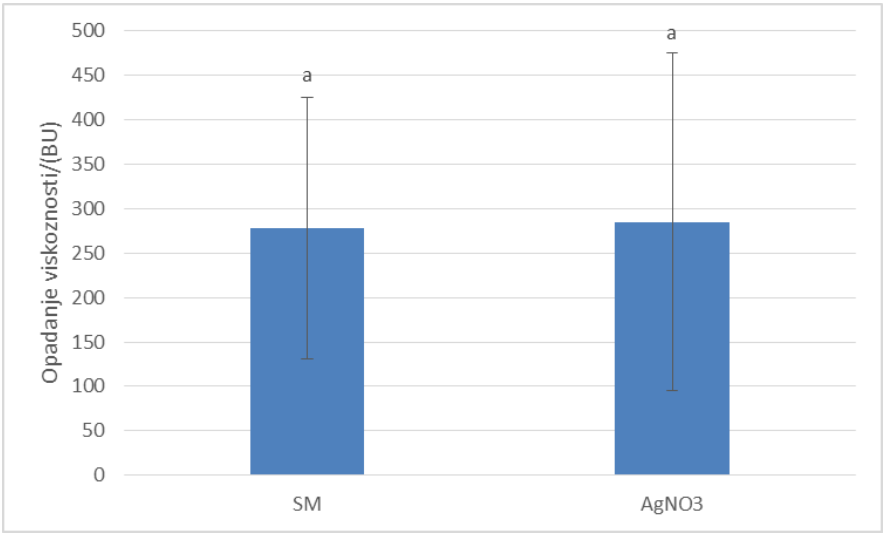
Slika 7. Maksimalna viskoznost uzoraka smjesa za proizvodnju tjestenine (JB-ječmeno brašno; DK-durum krupica; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



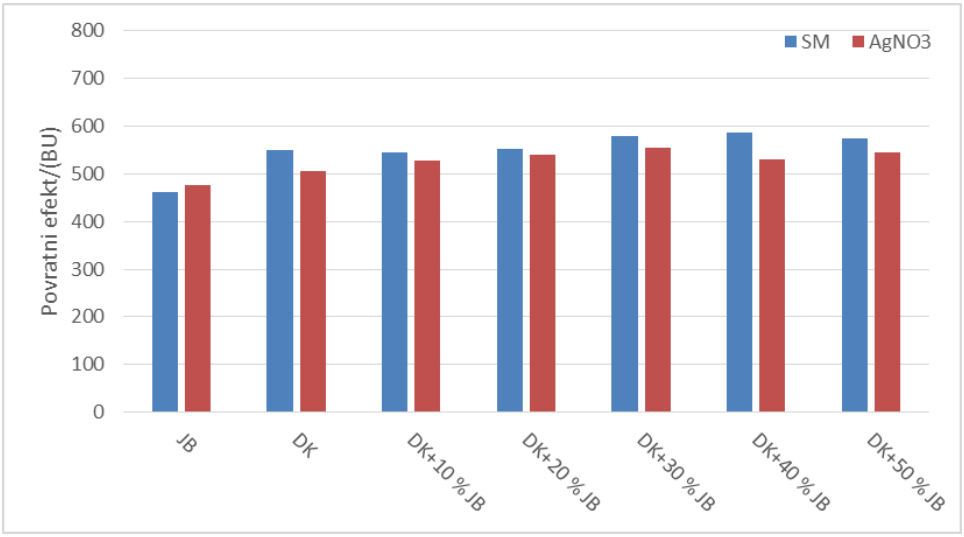
Slika 8. Utjecaj primijenjene amilografske metode na maksimalnu viskoznosti uzoraka smjesa za proizvodnju tjestenine (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p<0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



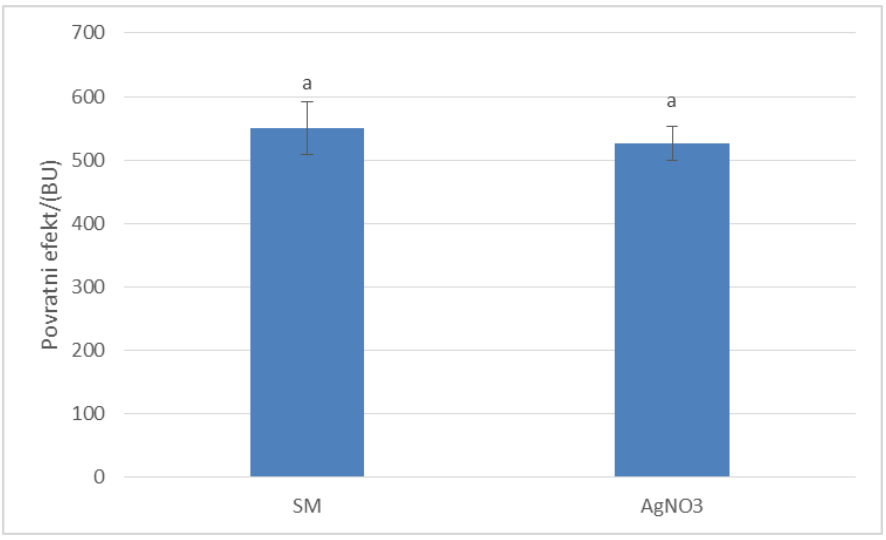
Slika 9. Opadanje viskoznosti uzoraka smjesa za proizvodnju tjestenine (JB-ječmeno brašno; DK-durum krupica; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



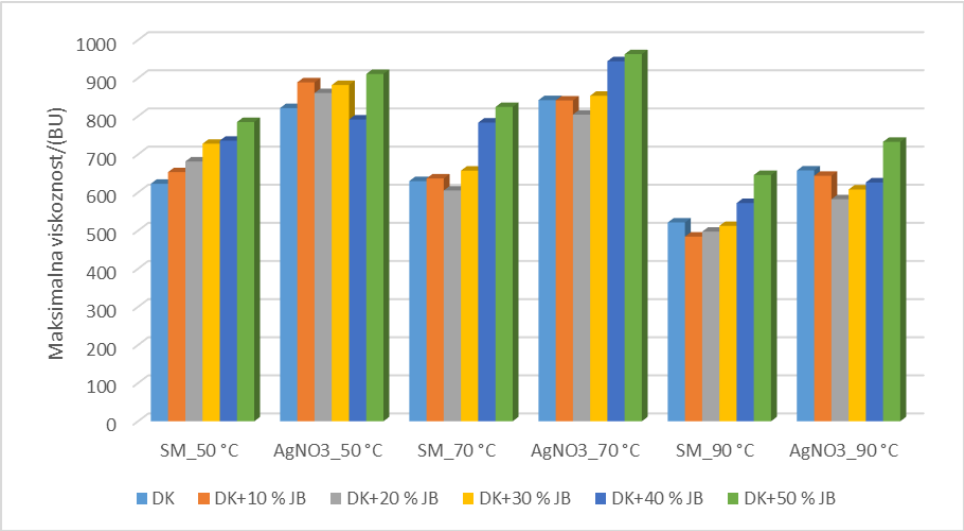
Slika 10. Utjecaj primijenjene amilografske metode na opadanje viskoznosti uzoraka smjesa za proizvodnju tjestenine (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p<0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



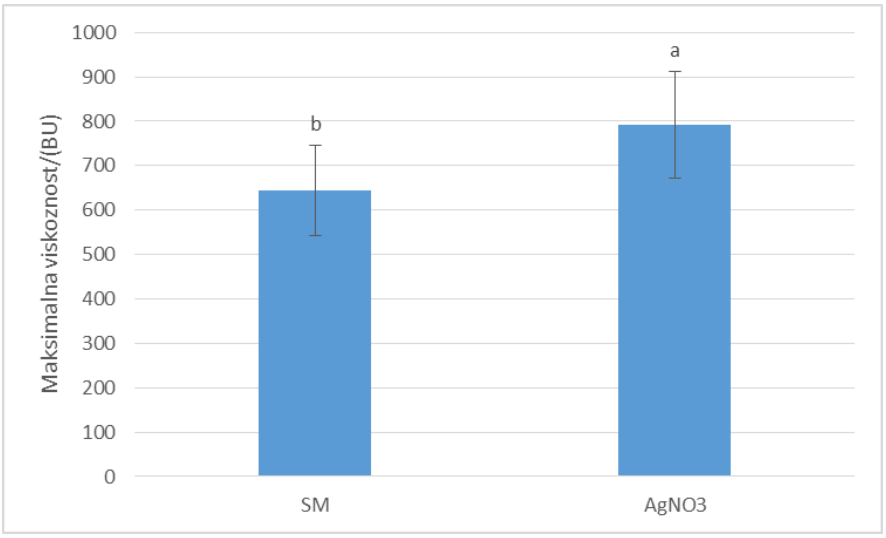
Slika 11. Povratni efekt uzoraka smjesa za proizvodnju tjestenine (JB-ječmeno brašno; DK-durum krupica; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



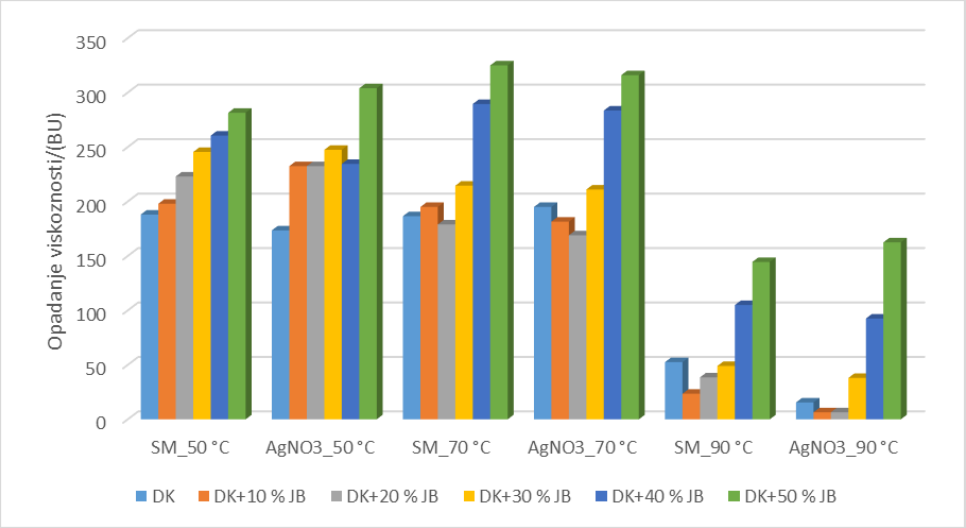
Slika 12. Utjecaj primijenjene amilografske metode na povratni efekt uzoraka smjesa za proizvodnju tjestenine (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p<0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 13. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na maksimalnu viskoznost (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)

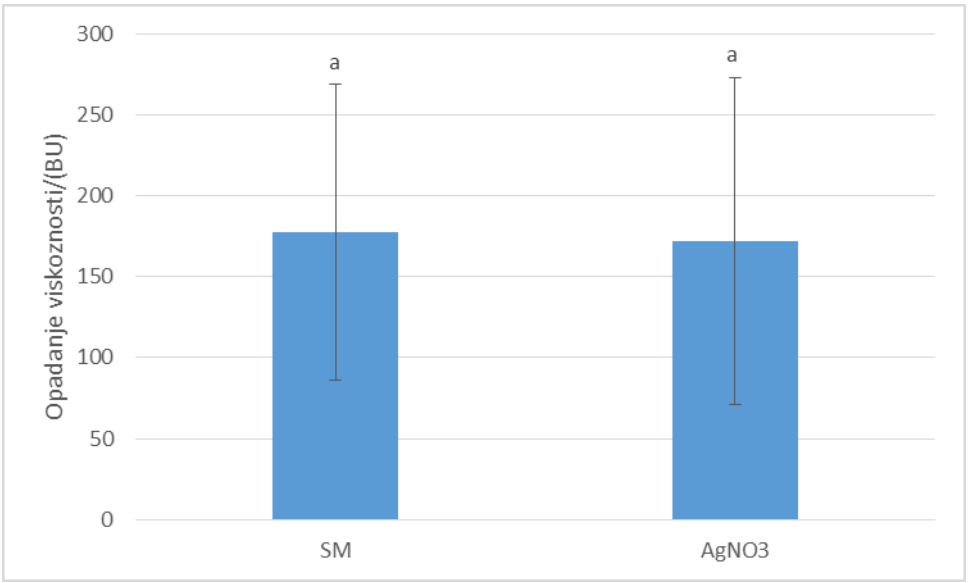


Slika 14. Utjecaj primijenjene amilografske metode na maksimalnu viskoznost uzoraka tjestenine (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p<0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



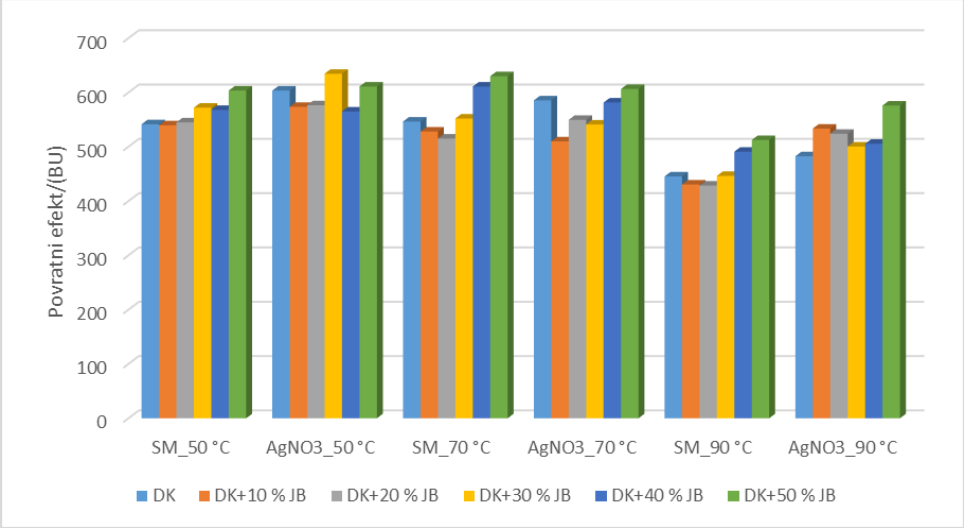
Slika 15. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na opadanje viskoznosti

(DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)

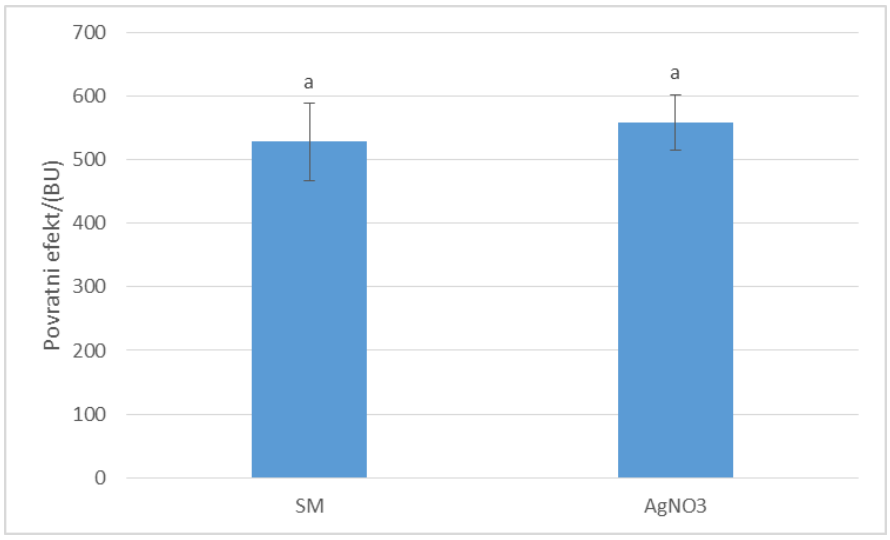


Slika 16. Utjecaj primijenjene amilografske metode na opadanje viskoznosti uzoraka tjestenine

(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; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 17. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na povratni efekt (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 18. Utjecaj primijenjene amilografske metode na povratni efekt uzoraka tjestenine (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; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)

Tablica 2 Rezultati višestruke regresijske analize podataka amilografskih ispitivanja uzoraka tjestenine i Wilk-lambda test značajnosti

	Temperatura sušenja (°C)		**Udio ječmenog brašna (%)**	
	F	***p***	**F**	***p***
Multivarijantna analiza značajnosti				
Wilk-lambda test	12,64	0,0037**	15,25	0,0002**
Test značajnosti pojedinačnih regresorskih varijabli				
Maksimalna viskoznost; SM/(BU)	29,96	< 0,0001**	21,79	0,0003**
Maksimalna viskoznost; $AgNO_3$/(BU)	22,36	0,0002**	1,66	0,2175
Opadanje viskoznosti; SM/(BU)	35,17	< 0,0001**	12,01	0,0035**
Opadanje viskoznosti; $AgNO_3$/(BU)	39,54	< 0,0001**	13,05	0,0026**
Povratni efekt; SM/(BU)	26,21	0,0001**	10,92	0,0048**
Povratni efekt; $AgNO_3$/(BU)	19,35	0,0005**	3,11	0,0983

*statistički značajan utjecaj (p<0,05)
**statistički značajan utjecaj (p<0,01)

Rezultati amilografskog ispitivanja sirovina (smjesa) za proizvodnju tjestenine prikazani su na **Slikama 7-12**. Maksimalna viskoznost durum krupice bila je značajno manja od maksimalne viskoznosti ječmenog brašna što ukazuje na to da ječmeno brašno ima manju amilolitičku aktivnost, ali i na drugačije ponašanje škroba ječma tijekom želatinizacije budući da je maksimalna viskoznost ječmenog brašna bila značajno viša i nakon inaktivacije enzima srebrovim nitratom (**Slika 7**). Kao što je bilo i očekivano, maksimalna viskoznost rasla je povećanjem udjela ječmenog brašna u smjesi. Fisher-ovim testom najmanje značajne razlike (LSD) utvrđeno je da postoji značajna razlika između standardne metode amilografskog ispitivanja i metode sa srebrovim nitratom. Vrijednosti maksimalne viskoznosti dobivene metodom sa srebrovim nitratom bile su značajno veće uslijed inaktivacije amilolitičkih enzima 1(**Slika 8**).

Dodatak ječmenog brašna značajno je utjecao i na povećanje opadanja viskoznosti škrobne paste (**Slika 9**) i u nešto manjoj mjeri na povratni efekt koji se odnosi na retrogradaciju škroba

tijekom hlađenja suspenzije (**Slika 11**). Za ova dva parametra nisu uočene statistički značajne razlike između dvije korištene metode (**Slike 10** i **12**).

Na **Slikama 13-18** i u **Tablici 2** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na amilografske pokazatelje kvalitete tjestenine.

Povećanjem udjela ječmenog brašna maksimalna viskoznost je rasla (manja amilolitička aktivnost) ukoliko se određivala standardnom metodom dok korištenjem metode sa srebrovim nitratom nije uočen značajan porast maksimalne viskoznosti što se može objasniti inaktivacijom enzima tijekom provođenja ove metode. Vidljivo je da temperatura sušenja ima značajan utjecaj na maksimalnu viskoznost i da je najmanja upravo kod uzoraka koji su sušeni pri 90 °C (**Slika 13**). To se može objasniti činjenicom da su ti uzorci sušeni najkraće vrijeme te zbog toga, unatoč višoj temperaturi, nije značajno narušena stabilnost amilolitičkih enzima.

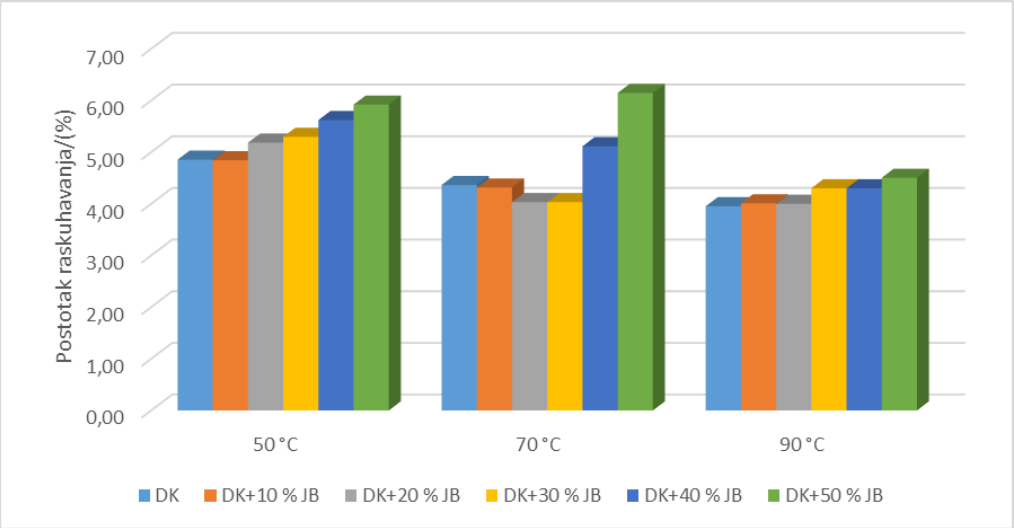
Dodatak ječmenog brašna značajno je utjecao i na povećanje opadanja viskoznosti škrobne paste dok je veća temperatura sušenja uzrokovala njeno smanjenje (**Slika 15**).

Povratni efekt se smanjivao povećanjem temperature sušenja, a primijećen je i njegov mali porast dodatkom ječmenog brašna (**Slika 17**).

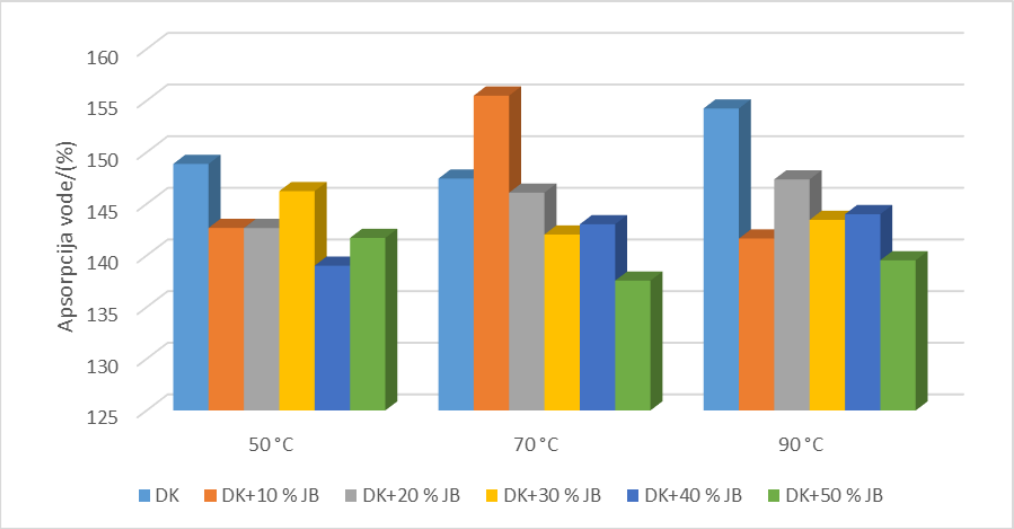
Kao i kod ispitivanja smjesa, tako je i prilikom amilografskog ispitivanja uzoraka tjestenine Fisher-ovim testom najmanje značajne razlike (LSD) utvrđeno da postoji značajna razlika između standardne metode amilografskog ispitivanja i metode sa srebrovim nitratom za maksimalnu viskoznost, a nisu uočene statistički značajne razlike između dvije korištene metode za opadanje viskoznosti i povratni efekt (**Slike 14, 16 i 18**).

Višestrukom regresijskom analizom i Wilk-lambda testom značajnosti utvrđeno je da temperatura sušenja i udio ječmenog brašna imaju statistički značajan utjecaj na amilografske pokazatelje kvalitete tjestenine (**Tablica 2**) s tim da temperatura značajno utječe na sve pojedinačne parametre amilografskog ispitivanja pomoću obje metode dok udio ječmenog brašna nije pokazao značajan utjecaj na maksimalnu viskoznost i povratni efekt kod ispitivanja sa srebrovim nitratom.

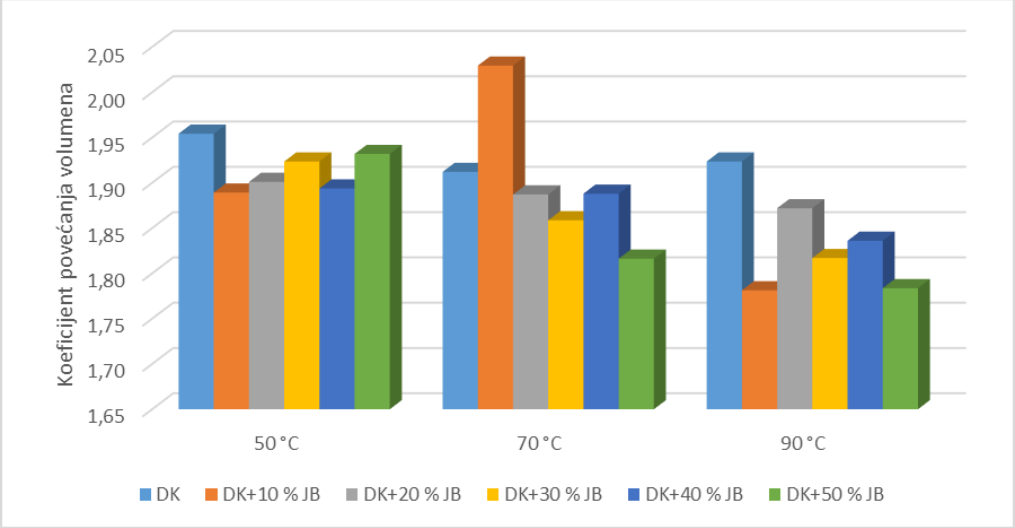
4.2. REZULTATI ISPITIVANJA KAKVOĆE KUHANE TJESTENINE



Slika 19. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na postotak raskuhavanja tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 20. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na apsorpciju vode (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 21. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na koeficijent povećanja volumena tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)

Tablica 3 Rezultati višestruke regresijske analize podataka ispitivanja kvalitete kuhane tjestenine i Wilk-lambda test značajnosti

	Temperatura sušenja (°C)		**Udio ječmenog brašna (%)**	
	F	***p***	**F**	***p***
Multivarijantna analiza značajnosti				
Wilk-lambda test	47,12	< 0,0001**	15,64	0,0001**
Test značajnosti pojedinačnih regresorskih varijabli				
Postotak raskuhavanja/(%)	26,88	0,0001**	18,37	0,0006**
Apsorpcija vode/(%)	6,88	0,4677	16,06	0,0011**
Koeficijent povećanja volumena	8,44	0,0109*	5,343	0,0354*

*statistički značajan utjecaj (p<0,05)
**statistički značajan utjecaj (p<0,01)

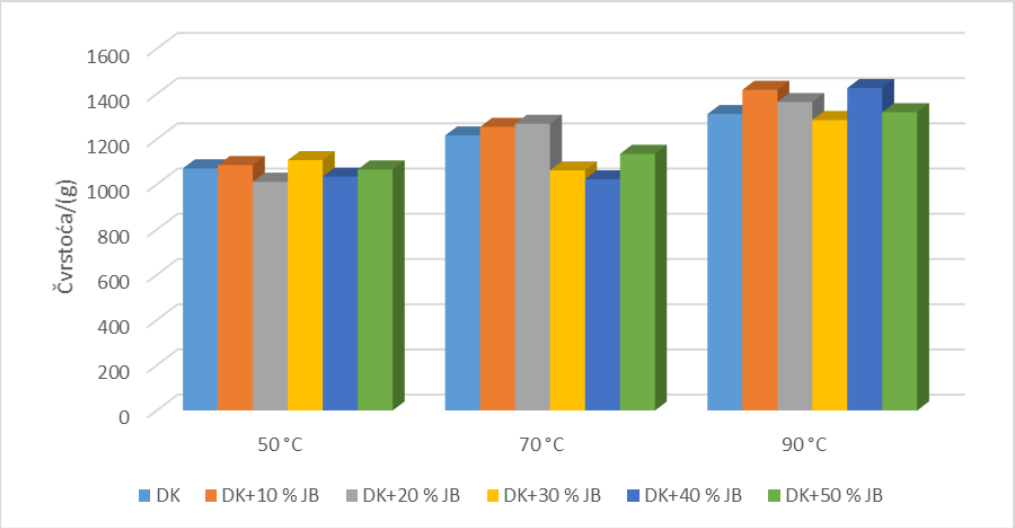
Na **Slikama 19-21** i u **Tablici 3** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na parametre kvalitete kuhane tjestenine.

Povećanje temperature sušenja tjestenine značajno smanjuje postotak raskuhavanja tjestenine dok ga dodatak ječmenog brašna povećava, ali tek u udjelima iznad 30 % (**Slika 19**).

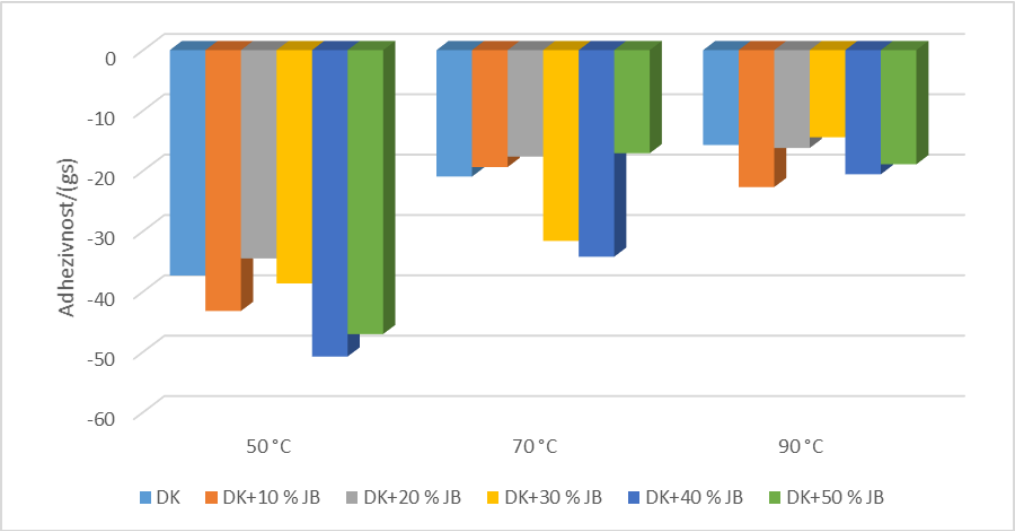
Utjecaj temperature sušenja na apsorpciju vode nije zamijećen, dok ju povećanje udjela ječmenog brašna značajno smanjuje (**Slika 20**).

Utvrđen je i statistički značajan utjecaj (p<0,05) temperature sušenja tjestenine i dodatka ječmenog brašna na smanjenje koeficijenta povećanja volumena kuhane tjestenine (**Slika 21** i **Tablica 3**).

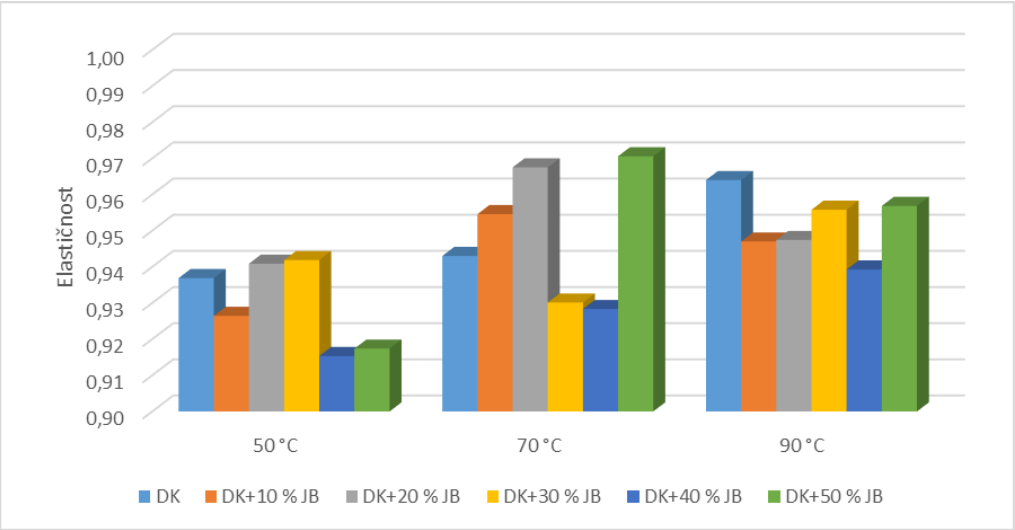
4.3. REZULTATI ISPITIVANJA TEKSTURALNOG PROFILA TJESTENINE



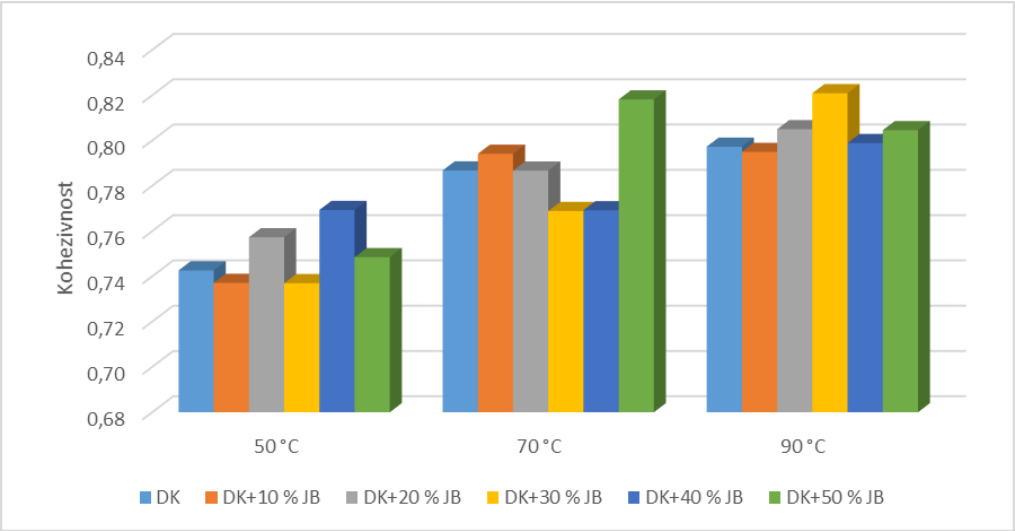
Slika 22. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na čvrstoću tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



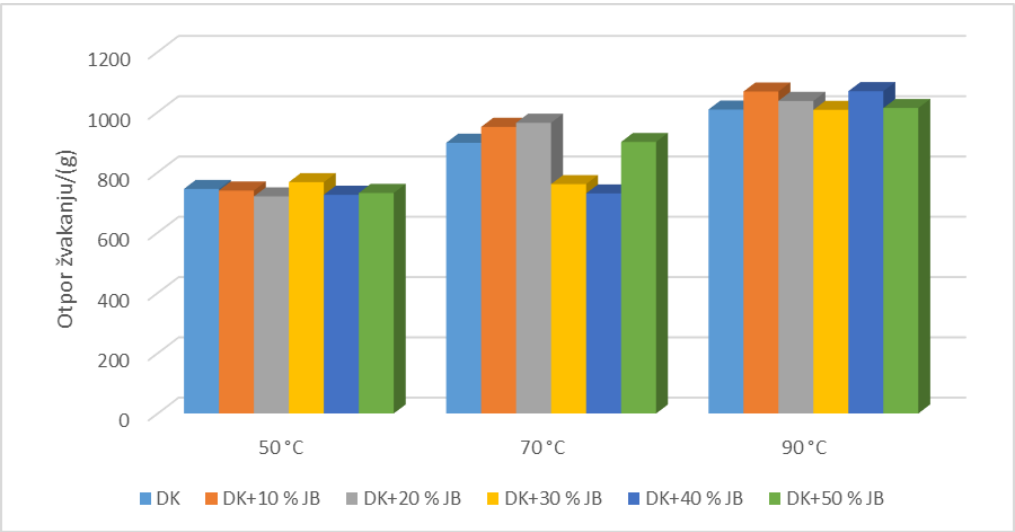
Slika 23. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na adhezivnost tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 24. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na elastičnost tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 25. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na kohezivnost tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)



Slika 26. Utjecaj dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na otpor žvakanju tjestenine (DK-durum krupica; JB-ječmeno brašno; SM-standardna metoda; $AgNO_3$-metoda sa srebrovim nitratom)

Tablica 4 Rezultati višestruke regresijske analize podataka ispitivanja teksturalnog profila kuhane tjestenine i Wilk-lambda test značajnosti

	Temperatura sušenja (°C)		**Udio ječmenog brašna (%)**	
	F	***p***	**F**	***p***
Multivarijantna analiza značajnosti				
Wilk-lambda test	35,4	< 0,0001**	1,6	0,2281
Test značajnosti pojedinačnih regresorskih varijabli				
Čvrstoća/(g)	50,14	< 0,0001**	1,85	0,1935
Adhezivnost/(gs)	41,07	< 0,0001**	1,71	0,2103
Elastičnost	7,48	0,0154*	0,62	0,4429
Kohezivnost	43,14	< 0,0001**	1,24	0,2831
Otpor žvakanju/(g)	76,06	< 0,0001**	1,16	0,2987

*statistički značajan utjecaj (p<0,05)
**statistički značajan utjecaj (p<0,01)

Na **Slikama 22-26** i u **Tablici 4** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja dodatka ječmenog brašna i temperature sušenja na teksturalni profil kuhane tjestenine.

Višestrukom regresijskom analizom i Wilk-lambda testom značajnosti utvrđeno je da samo temperatura sušenja ima statistički značajan utjecaj na ukupna testuralna svojstva kuhane tjestenine i značajno utječe na sve pojedinačne promatrane parametre ispitivanja teksture dok udio ječmenog brašna nije pokazao značajan utjecaj niti na jedno promatrano svojstvo (**Tablica 4**).

Porastom temperature sušenja rastu čvrstoća, elastičnost, kohezivnost i otpor žvakanju, dok se adhezivnost smanjuje.

4.4. KORELACIJSKA MATRICA DOBIVENIH REZULTATA ISPITIVANJA

Tablica 5 Korelacijska matrica rezultata amilografskog ispitivanja tjestenine i kvalitativnih pokazatelja

		Čvrstoća/(g)	Adhezivnost/(gs)	Elastičnost	Kohezivnost	Otpor žvakanju/(g)	Postotak raskuhavanja/(%)	Apsorpcija vode/(%)	Povećanje volumena
Sirovina	MV; SM/(BU)	-0,129	-0,172	-0,164	0,145	-0,084	0,521	-0,718	-0,432
	MV; $AgNO_3$/(BU)	-0,113	-0,177	-0,183	0,123	-0,077	0,446	-0,696	-0,426
	OV; SM/(BU)	-0,145	-0,167	-0,156	0,150	-0,094	0,543	-0,719	-0,432
	OV; $AgNO_3$/(BU)	-0,147	-0,180	-0,180	0,135	-0,101	0,512	-0,717	-0,436
	PE; SM/(BU)	-0,228	-0,232	-0,299	0,062	-0,191	0,423	-0,568	-0,343
	PE; $AgNO_3$/(BU)	-0,111	-0,044	-0,001	0,077	-0,065	0,220	-0,525	-0,385
Tjestenina	MV; SM/(BU)	-0,772	-0,572	-0,353	-0,418	-0,722	0,872	-0,433	0,205
	MV; $AgNO_3$/(BU)	-0,814	-0,533	-0,283	-0,558	-0,778	0,682	-0,215	0,375
	OV; SM/(BU)	-0,823	-0,588	-0,359	-0,485	-0,777	0,809	-0,348	0,314
	OV; $AgNO_3$/(BU)	-0,817	-0,606	-0,385	-0,527	-0,785	0,798	-0,387	0,278
	PE; SM/(BU)	-0,796	-0,567	-0,366	-0,469	-0,754	0,812	-0,370	0,267
	PE; $AgNO_3$/(BU)	-0,657	-0,586	-0,329	-0,605	-0,674	0,741	-0,419	0,104

*osjenčani koeficijenti linearne korelacije (*r*) su statistički značajni ($p<0,05$)
- MV-maksimalna viskoznost; OV-opadanje viskoznosti; PE-povratni efekt; SM-standardna metoda

Iz **Tablice 5** vidljivo je da, neovisno o korištenoj metodi, postoji statistički značajna negativna korelacija između svih amilografskih pokazatelja ispitanih sirovina (smjesa durum krupice i ječmenog brašna) i apsorpcije vode tijekom kuhanja tjestenine, a maksimalna viskoznost i opadanje viskoznosti koreliraju s postotkom raskuhavanja tjestenine.

Rezultati amilografskog ispitivanja uzoraka tjestenine (svi parametri) statistički značajno koreliraju sa svim teksturalnim svojstvima osim elastičnosti, kao i sa postotkom raskuhavanja.

5. ZAKLJUČCI

Temperatura sušenja i udio ječmenog brašna imaju statistički značajan utjecaj na amilografske pokazatelje kvalitete tjestenine.

Dodatak ječmenog brašna utječe na porast maksimalne viskoznosti, opadanja viskoznosti i povratnog efekta dok se povećanjem temperature sušenja tjestenine ovi parametri smanjuju.

Povećanje temperature sušenja tjestenine značajno smanjuje postotak raskuhavanja i koeficijenta povećanja volumena tijekom kuhanja dok dodatak ječmenog brašna povećava postotak raskuhavanja, a smanjuje apsorpciju vode i koeficijent povećanja volumena tjestenine.

Porastom temperature sušenja rastu čvrstoća, elastičnost, kohezivnost i otpor žvakanju kuhane tjestenine, dok se adhezivnost smanjuje. Dodatak ječmenog brašna nema statistički značajan utjecaj na teksturu.

Amilografski pokazatelji kvalitete tjestenine statistički značajno koreliraju sa svim teksturalnim svojstvima osim elastičnosti, kao i sa postotkom raskuhavanja tjestenine te se može zaključiti da se provođenjem ove vrste ispitivanja na uzorcima tjestenine može dobiti kompletnija slika kvalitete gotovog proizvoda.

6. LITERATURA

Ačkar Đ.: *Izoliranje, modificiranje i karakteriziranje škroba pšenice*. Doktorski rad. Prehrambeno–tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2010.

Bonomi F., D'Egidio M.G., Iametti S., Marengo M., Marti A., Pagani M.A., Ragg E.M.: *Structure – quality relationshipin commercial paste: A molecular glimpse*. Food Chemistry, 135, 348-355, 2012.

Cavallero A., Empilli S., Brighenti F., Stanca A.M.: High (1→3, 1→4)-β-Glucan Barley Fractions in Bread Making and their Effects on Human Glycemic Response. J. Cereal Sci, 36, 59-66, 2002.

Ćakarun J.: *Ispitivanje amilolitičke aktivnosti pšeničnog brašna Mikro Visko-amilografom*. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2012.

Grbavac S.: *Kvalitativna svojstva tjestenine uz dodatak golozrnog ječma*. Diplomski rad. Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet, Mostar, 2014.

Grgić I.: *Korelacija reoloških svojstava ječma i kvalitete slada*. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2015.

Haraldsson J.: Development of a Method for Measuring Pasta Quality Parameters. Chemistry, D, 2010.

Krnjak M.: Ispitivanje kvalitete tjestenine s dodatkom brašna ječma sorte " Bingo " uroda 2008./2009. godine. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2010.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama fizikalnih i kemijskih analiza za kontrolu kvalitete žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, tjestenina i brzo smrznutih tijesta. Narodne novine 53/91, 1991.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta. Narodne novine 78/05, 2005.

Novaković A.: *Škrob*. 29.2.2008. URL: http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/skrob (23.6.2015.)

Popović T.: *Određivanje β-glukana u domaćim sortama ječma*. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2012.

Pozderović A.: *Prehrambeno inženjerstvo*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2012.

Sermek-Marčec I.: Utjecaj inaktivacije amilolitiških enzima i stupnja oštećenosti škroba na amilografski profil pšeničnog brašna. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2015.

Šimić G.: Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (Horeum vulgare L.). Doktorski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2009.

Šimonji K.: Ispitivanje kvalitete tjestenine proizvedene od mješavina krupica pšenica Triticum durum i Triticum aestivum. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2011.

Šubarić D., Babić J., Ačkar Đ.: *Tehnologija škroba*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Interna skripta

Web prikaz 1: URL: http://www.cwbrabender.com/Starch_viscosity.html (23.6.2015.)