Određivanje oksidacijske gelacijske sposobnosti pšeničnog brašna pomoću Mikro Visko-Amilografa

Dubovski, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:109:869342

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar

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

Ana Dubovski

ODREĐIVANJE OKSIDACIJSKE GELACIJSKE SPOSOBNOSTI PŠENIČNOG BRAŠNA POMOĆU MIKRO VISKO-AMILOGRAFA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad, 2020.

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 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna
Tema rada je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2019./2020. održanoj 25. lipnja 2020.
Mentor: prof. dr. sc. *Marko Jukić*

ODREĐIVANJE OKSIDACIJSKE GELACIJSKE SPOSOBNOSTI PŠENIČNOG BRAŠNA POMOĆU MIKRO VISKO-AMILOGRAFA

Ana Dubovski, 0113137757

Sažetak: Cilj ovog istraživanja bio je ispitati mogućnost primjene Mikro Visko-Amilografa (Brabender, Njemačka) u određivanju oksidacijke gelacijske sposobnosti (OGS) pšeničnog brašna kao i utvrđivanje eventualne korelacije s rezultatima ispitivanja retencijske sposobnosti brašna prema različitim otapalima (SRC) i s rezultatima kemijsko-reoloških analiza. U istraživanju je korišteno 12 uzoraka pšeničnog brašna T-550. Amilografska ispitivanja provedena su na suspenzijama brašna (40 g) i vode (80 ml) pri konstantnoj temperaturi (30 °C), a kako bi se odredio OGS nakon 20 min miješanja u suspenziju je dodavano 65 µL 3%-tnog H_2O_2, a mjerenje je nastavljeno još 10 min.
Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da se amilografsko ispitivanje bez klasične primjene zagrijavanja, odnosno bez praćenja želatinizacije škroba, može uspješno primijeniti u određivanju viskoznosti suspenzija brašna. Primjenom amilografskih ispitivanja pri konstantnoj temperaturi (30 °C) i određivanjem retencijske sposobnosti brašna (SRC) može se predvidjeti jakost brašna i steći dublji uvid u kvalitativni profil uzoraka pšeničnog brašna. Dodatkom 3%-tne otopine H2O2 može se odrediti oksidacijka gelacijska sposobnost, odnosno utvrditi potencijalni doprinos arabinoksilanske komponente viskoznosti suspenzije ili tijesta od pšeničnog brašna.

Ključne riječi: Pšenično brašno, oksidacijska gelacijska sposobnost, broj padanja, retencijska sposobnost brašna

Rad sadrži: 31 stranica
8 tablica
8 slika
34 literaturne reference

Jezik izvornika: Hrvatski

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

1.	prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*	predsjednik
2.	prof. dr. sc. *Marko Jukić*	član-mentor
3.	izv. prof. dr. sc. *Jasmina Lukinac Čačić*	član
4.	doc. dr. sc. *Kristina Mastanjević*	zamjena člana

Datum obrane: 30. listopada 2020.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, 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 18, HR-31000 Osijek, Croatia

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. VIII held on June 25, 2020.
Mentor:	*Marko Jukić*, PhD, full prof.

DETERMINATION OF OXIDATIVE GELATION CAPACITY OF WHEAT FLOUR USING MICRO VISCO-AMYLO-GRAPH

Ana Dubovski, 0113137757

Summary: The aim of this study was to investigate the possibility of using Micro Visco-Amylograph (Brabender, Germany) in determining the oxidative gelation capacity (OGC) of wheat flour, as well as to determine the possible correlation with the results of the solvent retention capacity (SRC) test and chemical and rheological analyses. Twelve samples of T-550 wheat flour were used in the study. Amylographic tests were performed on suspensions of flour (40 g) and water (80 ml) at constant temperature (30 ° C). After 20 min 65 µL of 3% H_2O_2 were added to the suspension to determine the OGS.
Based on the obtained results, it can be concluded that amylographic testing, without the classical application of heating, can be successfully applied in determining the viscosity of flour suspensions. By applying amylographic tests at constant temperature (30 ° C) and determining the retention capacity of flour (SRC), the strength of the flour can be predicted and a deeper insight into the qualitative profile of wheat flour samples can be obtained. By addition of 3% H_2O_2 solution the oxidation gelation capacity can be determined, as well as the potential contribution of the arabinoxylan component to the viscosity of suspension or wheat dough.

Key words: Wheat Flour, Oxidative Gelation Capacity, Solvent Retention Capacity

Thesis contains:
31 pages
8 table
8 figures
34 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1.	*Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, full prof.	chair person
2.	*Marko Jukić*, PhD, full prof.	supervisor
3.	*Jasmina Lukinac Čačić,* PhD, assoc. prof.	member
4.	*Kristina Mastanjević,* PhD, assist. prof.	stand-in

Defense date: October 30, 2020

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

ZAHVALA

Najprije se zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Marku Jukiću na nesebičnoj pomoći, brojnim savjetima i strpljenju tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se svojim roditeljima i sestri na pomoći i pružanju bezuvjetne podrške kako tijekom studiranja tako i kroz život. Također se zahvaljujem svojim prijateljicama što su uvijek bile uz mene i bodrile me.

Sadržaj

1. UVOD **1**
2. TEORIJSKI DIO **3**
2.1. PŠENICA 4
2.2. KEMIJSKI SASTAV PŠENIČNOG ZRNA I BRAŠNA 4
2.2.1. Proteini *5*
2.2.2. Ugljikohidrati *6*
2.2.3. Lipidi *8*
2.2.4. Mineralne tvari *8*
2.3. OKSIDACIJSKO GELACIJSKA SPOSOBNOST BRAŠNA (OGS) 9
2.4. AMILOGRAFSKO ISPITIVANJE BRAŠNA 10
2.4. RETENCIJSKA SPOSOBNOST BRAŠNA PREMA RAZLIČITIM OTAPALIMA (SRC) 14
3. EKSPERIMENTALNI DIO **15**
3.1. ZADATAK *16*
3.2. MATERIJALI *16*
3.3. METODE *17*
3.3.1. Određivanje oksidacijske gelacijske sposobnosti (OGS) *17*
3.3.2. Određivanje retencijske sposobnosti brašna (SRC) *18*
3.3.3. Statistička obrada rezultata *19*
4. REZULTATI I RASPRAVA **20**
5. ZAKLJUČCI **26**
6. LITERATURA **28**

1. UVOD

Pšenica (*Triticum species*) je jednogodišnja zeljasta biljka koja spada u porodicu trava (*Poaceae*) i ima vrlo značajnu ulogu u prehrani ljudi i ishrani životinja. Pšenično zrno se sastoji od klice, endosperma i omotača, a za proizvodnju brašna se koristi endosperm. Glavne komponente pšeničnog brašna su škrob i proteini, a vrlo važnu ulogu u kvaliteti brašna i proizvoda na bazi brašna imaju još lipidi, enzimi, naročito amilaze te neškrobni polisaharidi. Najrašireniji neškrobni polisharidi u pšenici su celuloza i arabinoksilani (AX).

Za procjenu kvalitete pšeničnog brašna koriste se različite fizikalno-kemijske metode, a često se provode i reološke metode ispitivanja tijesta te metode probnog pečenja. Jedna od često korištenih reoloških metoda je ispitivanje brašna pomoću amilografa. Amilografsko ispitivanje brašna uobičajeno se koristi za indirektno određivanje amililotičke aktivnosti uzoraka brašna praćenjem promjene viskoznosti tijekom želatinizacije. Međutim, iako nisu uobičajene, postoje i različite metode ispitivanja koje se provode pomoću amilografa (ili njemu sličnih uređaja), a ne uključuju želatinizaciju, odnosno zagrijavanje uzorka. Jedna od njih je i metoda određivanja oksidacijske gelacijske sposobnosti (OGS) brašna. Ovom metodom procjenjuje se sposobnost geliranja, odnosno umrežavanja, AX-a u prisutnosti oksidacijskih sredstava, npr. vodikovog peroksida (H_2O_2) (Bettge i Morris, 2007.). Također, postoje i tzv. brze metode određivanja kvalitativnih svojstava brašna, poput ispitivanja retencijske sposobnosti brašna prema različitim otapalima SRC (engl. *Solvent Retention Capacity*).

Istraživanjem u okviru ovog diplomskog rada ispitana je mogućnost primjene Mikro Visko-Amilografa (Brabender, Njemačka) u određivanju OGS pšeničnog brašna kao i utvrđivanje eventualne korelacije s rezultatima SRC metode.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. PŠENICA

Pšenica (*Triticum species*) je jednogodišnja zeljasta biljka koja spada u red *Poales*, porodicu trava *Poaceae*, potporodicu *Pooideae*. Vrlo je značajna jer se koristi za prehranu ljudi i ishranu životinja još od davnina. Ona potječe iz Azije i južne Europe, odakle se širi na ostale dijelove svijeta. Smatra se da se uzgaja već 10 000 godina (Halverson i Zeleny, 1988.). Prema arheološkim otkrićima smatra se da se pšenica u području Srednje Europe i Balkana uzgajala 4-5 tisuća godina pr.n.e. (Miljević, 2015.). Tri najpoznatije vrste pšenice su *Triticum aestivum*, *Triticum durum* i *Triticum compactum*. *Triricum aestivum* se najčešće uzgaja kao krušarica, odnosno za proizvodnju kruha, *Triticum durum* se koristi za proizvodnju krupice za izradu tjestenine, a *Triticum compactum* ima mali sadržaj proteina te je pogodan za proizvodnju finih pekarskih proizvoda, kao što su čajno pecivo i keksi (Halverson i Zeleny, 1988.). Životni ciklus pšenice dijeli se u osam faza rasta i razvoja, a to su klijanje, nicanje, busanje, vlatanje, klasanje, cvatnja i oplodnja, formiranje i nalijevanje zrna i zrioba (Miljević, 2015.).

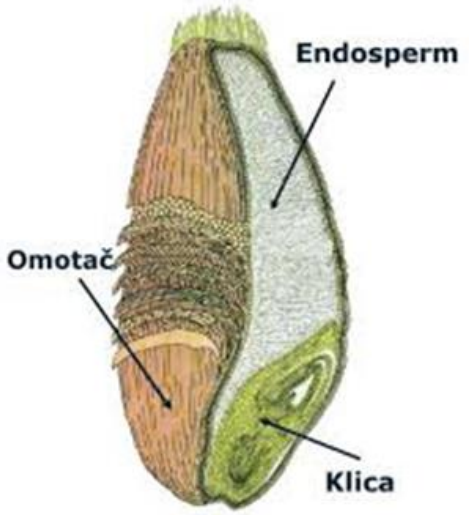


Slika 1 Pšenica (Web 1)

2.2. KEMIJSKI SASTAV PŠENIČNOG ZRNA I BRAŠNA

Pšenično zrno se sastoji od klice, endosperma i omotača. Za proizvodnju brašna se koristi endosperm, dok se klica i omotač izdvajaju kao posebne frakcije. Klica je bogata lipidima, jednostavnim ugljikohidratima (10%) i proteinima (29%). Tijekom vlaženja zrna prije meljave postiže se bolja plastičnost klice pri čemu se olakšava njeno izdvajanje od ostalih dijelova što dovodi do manje mogućnosti kvarenja brašna. Omotač pšeničnog zrna je nutritivno najvrjedniji.

Sadrži vitamine, minerale, prehrambena vlakna te obojene tvari, no izdvaja se u obliku posija tijekom mljevenja. U sastavu omotača prevladavaju složeni ugljikohidrati poput celuloze i hemiceluloze s udjelima od 20 do 26 %. Također je značajno veći udio mineralnih tvari u omotaču zrna nego u endospermu te iznosi oko 6 % (Pomeranz, 1988.).



Slika 2 Anatomska građa zrna pšenice (Causgrove.,2004.)

Tablica 1 Prosječan kemijski sastav pšeničnog zrna

Kemijska komponenta		Udio (%)
Ugljikohidrati	Škrob	62-72
	Celuloza	2-3
	Pentozani	2-6
Lipidi		2-2.5
Proteini		10-15
Pepeo		1,5-2,5

2.2.1. Proteini

Pšenično brašno obično sadrži od 6-20% proteina, ovisno o sorti i uvjetima uzgoja. Proteini pšenice mogu se podijeliti u dvije skupine: neglutenski i glutenski. Neglutenski proteini topljivi su u vodi (albumini) i razrijeđenim otopinama NaCl-a (globulini) (Delcour i Hoseney, 2010.). Neglutenski proteini čine 10-15% ukupnih proteina pšeničnog brašna (Swanson, 2004.).

Proteini glutena topljivi su u 70%-tnoj otopini etanola (prolamini) i razrijeđenim kiselinama ili bazama (glutelini). Proteini glutena čine 80-85% ukupnih proteina pšeničnog brašna. Prolamini u pšenici su gliajdini, a glutelini glutenini. Kada se ove dvije klase proteina hidratiziraju i mehanički obrade, stvara se trodimenzionalna viskoelastična mreža. Ova mreža poznata je kao gluten. Glijadini doprinose viskoznosti (rastezljivosti) glutena, a glutenini njegovoj elastičnosti. Gluten može stvoriti filmove koji tijekom fermentacije omogućuju zadržavanje plina u tijestu (Swanson, 2004.).

2.2.2. Ugljikohidrati

U ugljikohidrate pšenice i pšeničnog brašna ubrajamo: škrob, arabinoksilane, β-glukane i celulozu, a zauzimaju do dvije trećine mase zrna.

Škrob

Škrob je najzastupljeniji ugljikohidrat u pšenici i čini 60-75% suhe mase. U endospermu pšenice škrob se nalazi u obliku škrobnig granula. Veće granule su oblika diska i promjera su 15 30 μm, a manje su sferne i imaju promjer koji je obično manji od 10 μm (Mattson, 2014.; Stone i Morell, 2009.).

Škrobne granule su kristalaste strukture, odnosno imaju naizmjenična kristalna i amorfna područja. Jedinice glukoze u polimerima povezane su α-1,4- i α-1,6- vezama. Alfa-1,4- veze rezultiraju linearnim lancem, dok α-1,6- veze u škrobu rezultiraju grananjem (Stoddard, 2004). Točna učestalost i raspored ovih veza određuje stvara li se amiloza ili amilopektin. Tipična granula pšeničnog škroba sadrži 25% amiloze i 75% amilopektina. Amiloza je linearni polimer s približno 500-200 000 jedinica glukoze. Amilopektin je jako razgranat (4-6% α-1,6- veza) i sadrži približno 300 000-3 000 000 jedinica glukoze (Edwards, 2007.). Amiloza postoji prvenstveno u neorganiziranom obliku unutar amorfnih područja granule škroba. U otopini, amiloza može biti prisutna u spiralnoj konformaciji. Krajnji lanci amilopektina mogu tvoriti kristalne dvostruke zavojnice (Delcour i Hoseney, 2010.).

Normalni pšenični škrob ima kristalnost od 23-30%. Budući da granule škroba imaju visok stupanj molekularnog poretka, sposobne su savijati ravninski polariziranu svjetlost, pokazujući dvolomnost u obliku križa (Delcour i Hoseney, 2010.). Škrobne granule koje su oštećene

mljevenjem mogu vezati približno 7x veću količinu vode od vlastite mase uz istodobno povećanje apsorpcije vode od 170% u odnosu na neoštećene škrobne granule.

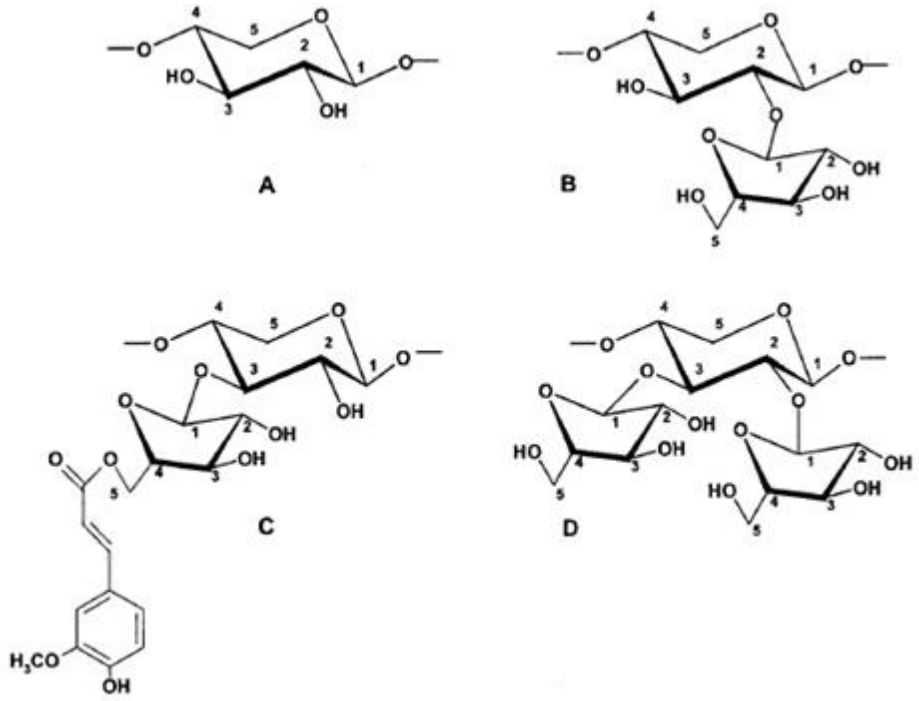
Kad se škrobne granule zagriju u suvišku vode podvrgavaju se nepovratnom endotermnom procesu koji se naziva želatinizacija. Zagrijavanjem u dovoljno vode granule počinju postepeno bubriti, prvo bubre amorfna područja i dolazi do narušavanja radijalne organizacije granula i narušavanja kristalnih područja. Dio amiloze prelazi iz granule u vodu i povećava se viskoznost škrobne suspenzije, stvara se gel sve dok se ne postigne maksimalni volumen nabubrenih granula. Daljnjim povećanjem temperature granule pucaju i dezintegriraju se, dolazi do likvefakcije suspenzije i suspenzija postiže svoju konačnu viskoznost.

Hlađenjem želatiniziranog sustava škrob/voda sustav spontano prelazi u stanje s manjim sadržajem energije. Povezivanje molekula škroba vodikovim vezama nakon hlađenja želatinizirane škrobne paste naziva se retrogradacija (proces koji se javlja kada molekule škroba započinju međusobno udruživanje u uređeniju strukturu) (Pomeranz, 1988.).

Arabinoksilani

Znanstveni radovi provedeni tijekom 50 godina od otkrića arabinoksilana u pšenici i ostalim žitaricama znatno su povećali naše znanje o strukturi, svojstvima i funkcionalnosti ove posebne i svojevrsne skupine molekula. Neškrobni polisaharidi u staničnim stjenkama endosperma pšenice čine do 75% mase suhe tvari stanične stjenke. Od njih su AX daleko najistaknutija skupina (85%) (Courtin; Delcour, 2001.). Sadržaj i struktura AX polimera pokazuje velike razlike između anatomskih dijelova zrna i između sorti pšenice koje utječu na krajnja svojstva i kvalitetu zrna. Sa strukturne, ali i botaničke točke gledišta, bitno je razlikovati AX iz tkiva endosperma (škrobni endosperm i aleuronski sloj) od onih pronađenih u vanjskom dijelu zrna. Omotač sadrži značajno više razine AX-a od endosperma, 23-32% u omotaču u odnosu na 4% u endospermu (Pomeranz, 1988.). Budući da se AX sastoje uglavnom od pentoznih šećera (arabinoza i ksiloza), oni se često nazivaju pentozanima. Odnos arabinoze/ksiloze (A/X) je važan za određivanje topljivosti i konformacije AX-a. Prosječni omjer A/X je obično 0,5 – 0,6. Ostali čimbenici kao što su molekularna težina i interakcije s drugim komponentama staničnog tkiva (protein, celuloza, lignin) također utječu na topljivost AX-a (Mattson, 2014.). Arabinoksilani sedijele prema topljivosti na one koji se mogu ekstrahirati u vodi (WEAX) i one koje se ne mogu (WUAX) (Saulnier

i sur., 2007.). Bez obzira na ekstrakciju, AX su hidrofilni i natječu se s ostalim sastojcima za vodu. WEAX i WUAX mogu zadržati 4-6, odnosno 7-10 puta veću masu vode od vlastite težine.



Slika 3 Strukturni elementi arabinoksilana (Courtin; Delcour, 2001.)

2.2.3. Lipidi

Lipidi pšenice prisutni su u obliku kapljica ulja ili sferosoma. Lipidi u zrnu pšenice sastoje se od ~70% nepolarnih lipida, 20% glikolipida i 10% fosfolipida. Otprilike 30% ukupnih lipida u zrnu pšenice nalazi se u klici. Lipidi klice sadrže 77-85% nepolarnih i 13-17% polarnih lipida, a trigliceridni fosfolipidi su glavne komponente. Nasuprot tome, endosperm pšenice sadrži 1-2,2% lipida (Delcour i Hoseney, 2010.).

2.2.4. Mineralne tvari

Mineralne tvari potpomažu mnogobrojne vitalne funkcije u organizmu, a 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. Mineralne tvari su najviše zastupljene u omotaču zrna. U pepelu (ostatku nakon spaljivanja) od mineralnih tvari je najviše zastupljen fosfor (50%), kalij (30%), magnezij (10%), zatim silicij, sumpor, natrij, kalcij i dr.

2.3. OKSIDACIJSKO GELACIJSKA SPOSOBNOST BRAŠNA (OGS)

Oksidacijsko geliranje je postupak pri kojem se slabi polimerni gel oblikuje u hidratizirani sustav pod oksidacijskim uvjetima i smatra se da je u velikoj mjeri u funkciji reaktivnosti ostatka ferullinske kiseline esterificirane u AX, iako su u to uključeni i proteini (Mattson, 2014.). Fenomen oksidacijskog geliranja u suspenziji vodenog pšeničnog brašna je prepoznat već desetljećima (Ross i sur., 2014.). Durham (1925) je naznačio da neidentificirani dio pšeničnog brašna koji se može ekstrahirati vodom tvori gel s dodatkom vodikovog peroksida. Oksidansi se koriste za obradu brašna kako bi se poboljšala kvaliteta gotovog proizvoda. Uobičajeno, oksidansi koji se koriste su vodikov peroksid, amonijev persulfat, formamidin disulfat, kalijev bromat, kalijev jodat, askorbinska kiselina i azodikarbonamid (ADA). Općenito je prihvaćeno da vodikov peroksid (u prisutnosti peroksidaze) stvara slobodne radikale potrebne za oksidacijsko geliranje. Poznato je i da amonijev persulfat i formamidin disulfid stvaraju slobodne radikale. Kalijev bromat i askorbinska kiselina se ne smatraju jakim generatorima radikala. Kalijev jodat je opisan kao neradikalni stvaratelj, što ne utječe na OGS (Mattson, 2014.). Nakon uvođenja oksidacijskih sredstava (zrak, svjetlost, vodikov peroksid…) u sustav brašno-voda, ostaci ferulinske kiseline WEAX-a mogu međusobno stvarati kovalentne križne veze. To tvori trodimenzionalnu mrežu koja može vezati vodu do 100 puta veću od težine WEAX-a (Courtin i Delcour, 2002.).

Za određivanje OGK mogu se koristiti amilografske metode, ali bez zagrijavanja suspenzije brašna i vode pri konstantnoj brzini smicanja. Oksidirani gelovi nastaju umrežavanjem AX kroz dimerizaciju ostataka ferulinske kiseline esterificiranih do polisaharidne strukture, između AX i molekule proteina kondenzacijom ferul-tirozina, a potencijalno i preko umrežavanja ditirozina između proteina. Za sposobnost geliranja odgovorni su AX koji se mogu ekstrahirati vodom, što su prvi put dokumentirali Baker i suradnici (1943). U posljednje vrijeme istraživanja se fokusiraju na utjecaj oksidativnog geliranja na funkcionalnost pšeničnog brašna i prepoznavanje njegovog potencijalnog utjecaja na viskoznost tijesta (Bettge i Morris, 2007.; Kweon i sur., 2009.) U novije

vrijeme za mjerenje OGK uspješno se koristi Rapid Visco Analyzer (RVA) uz dodatak vodikovog peroksida kao oksidacijskog sredstva.

Proteini također značajno utječu na viskoznost. Kada u sustav dodamo peroksid za poticanje pojačanog kapaciteta geliranja, čini se da dvije skupine spojeva pokazuju utjecaj na promjenu viskoznosti. Jedna je skupina u korelaciji sa sadržajem proteina, dok se dodatni porast viskoznosti pripisuje gelacijskoj sposobnosti AX-a. Povećanu viskoznost zbog oksidacijskog geliranja je teško predvidjeti putem konvencionalnih metoda kao što su retencijska sposobnost zadržavanja otapala (SRC) ili SDS-sedimentacijski testovi.

Ukupna viskoznost tijesta rezultat je interakcija proteina i WEAX-a. Mjerenje viskoznosti tijesta (suspenzije) uz dodatak peroksida pruža informacije o potencijalu ukupnog oksidacijskog geliranja. Oksidacijsko geliranje ima učinak i na krajnju kvalitetu proizvoda, naročito kada su u pitanju keksarski proizvodi (Kweon i sur., 2009.).

2.4. AMILOGRAFSKO ISPITIVANJE BRAŠNA

Jedna od važnijih stavki pekarske industrije je određivanje svojstava brašna, tj. praćenje ponašanja tijesta prilikom zamjesa, fermentacije i pečenja. 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. Ova svojstva brašna mogu se određivati različitim uređajima za određivanje reoloških svojstava brašna. Uređaji koji se najčešće koriste su: farinograf, ekstenzograf, amilograf i alveograf (Žeželj, 2005.).

Amilograf

Obilježja želatinizacije škroba i proizvoda koji sadrže škrob je prvi prepoznao Ceasar (1932) koristeći konzistometar (XU i sur., 1992). Brzi amilografski testovi za pšenično i raženo brašno razvijeni su pomoću posebnih dodataka i postupaka. Sharp (1986) je opisao postupak brzog

amilografa i matematičke pretvorbe podataka za brzu procjenu kvalitete rižinog brašna. Ostale procedure koje se danas koriste su razvili Shuey i Tipples (1980). Anker i Geddes (1944.) su preporučili mjerenje temperature prvog primjetnog povećanja viskoznosti i temperature pri maksimalnoj viskoznosti iz amilografskih krivulja. Svojstva želatinizacije su ispitivali Sandstedt i Abbott (1961) na koja je izrazito utjecala koncentracija škroba. Mazurs i suradnici (1957) su razvili grafički prikaz amilografskih podataka za usporedbu svojstava u ovisnosti o koncentraciji škroba. Ovu tehniku su dalje usavršavali Bhattcharya and Sowbhagya (1978), a koristila se za procjenu karakteristika kvalitete rižinog brašna iz amilografskih profila. Također, opisane su i izmjene amilografa koje povećavaju svestranost instrumenta. Sandstedt i Abbott (1961) su dizajnirali adaptiranu posudu od 70ml za amilograf što je učinilo instrument korisnijim za ispitivanje malih eksperimentalnih uzoraka. Voisey i Nunes (1968) su razvili amilograf s elektroničkim snimanjem s povećanom preciznošću i širim rasponom osjetljivosti od standardnog modela.

Amilograf (**Slika 4**) je rotacijski viskozimetar kojim se prati promjena viskoznosti tijekom zagrijavanja suspenzije brašna i vode pri čemu se odvija želatinizacija. Amilograf se originalno koristio za ocjenu kvalitete raženog brašna i kontrolu aktivnosti α-amilaze u pšeničnom brašnu s dodatkom slada. Anker i Geddes (1944) su pokazali korisnost amilografa u tehnologiji brašna i škroba. Postupak analize se sasoji u tome da se suspenzija brašna i vode zagrijava se od početne temperature od 30 °C uz miješanje i konstantno podizanje temperature svake minute za 1,5 °C sve do krajnje temperature od 95 °C. Pritom se mjeri otpor miješača tijekom nastajanja škrobnog gela. Veći otpor ukazuje na veću viskoznost, odnosno manju aktivnost enzima što upućuje da je brašno pogodno za izradu tijesta, a kruh će imati optimalnu i kompaktnu sredinu, no ako je amilolitička aktivnost visoka, kruh od takvog brašna bit će ljepljive sredine i malog volumena (Causgrove, 2004.; Crossland i Favor, 1948.).

Općenito je prepoznato šest značajnih točaka na krivulji amilografa, a to su:

- Temperatura početka želatinizacije - označava pokretanje stvaranja paste; varira ovisno o vrsti i modifikaciji škroba te o aditivima koji su prisutni u suspenziji;
- Maksimalna viskoznost. -općenito, zagrijavanje suspenzije mora proći kroz ovu fazu da bi se dobila upotrebljiva pasta;
- Viskoznost na 95 °C - odražava lakoću kuhanja škroba;
- Viskoznost nakon 1 sata na 95 °C - označava stabilnost paste;

- Viskoznost na 50 °C - mjeri se sniženje koje se javlja hlađenjem vruće paste;
- Viskoznost nakon 1 h na 50 °. - označava stabilnost kuhane paste u simuliranim uvjetima upotrebe (Zobel, 1984.)



Slika 4 Amilograf (Web 2)

Viskograf E

Viskograf E ima elektroničke komande koje zamjenjuju mehaničke komande na originalnim modelima. Također su dostupni automatski dodatak za programiranje, elektronička jedinica za kontrolu temperature, platina otporna na kuhanje visoko-amiloznog škroba i posebna amilografska posuda sa senzorskim veslima koja proširuje upotrebu amilografa (Deffenbaugh i Walker, 1989). Viskograf E prvenstveno je namjenjen za ispitivanje uzoraka škroba.



Slika 5 Viscograph-E (Web 3)

Rapid visco analyzer

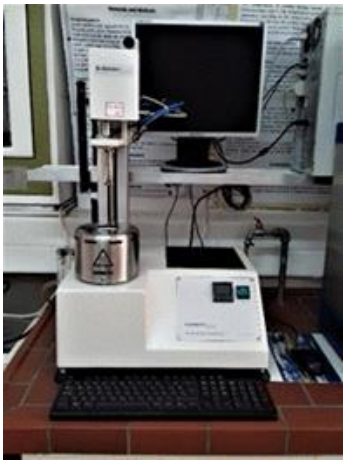
Rapid visco analyzer (RVA) se pokazao vrlo prikladnim jer zahtijeva mali uzorak (4g), jednostavan je za rukovanje, a rezultate može dati za 20 ili manje minuta. Upotrebu modificiranog RVA za proučavanje svojstva želatinizacije škroba prvi su objavili Walker i suradnici 1988. godinev(Deffenbaugh i Walker, 1989).



Slika 6 Rapid visco analyzer (Web 4)

Mikro Visko-Amilograf

Brabenderov Mikro Visko-Amilograf je naprednija verzija poznatijeg amilografa koji za razliku od njega koristi mnogo manju količinu uzorka (15 g), a moguće je i softverski regulirati brzinu zagrijavanja/hlađenja suspenzije.



Slika 7 Mikro visko- amilograf

2.4. RETENCIJSKA SPOSOBNOST BRAŠNA PREMA RAZLIČITIM OTAPALIMA (SRC)

Sposobnost zadržavanja otapala (SRC) je metoda kojom se određuje količina otapala koju brašno zadržava nakon centrifugiranja suspenzije. Kod ove metode koriste se četiri otapala: deionizirana voda, 5 % -tna otopina natrijevog karbonata, 50 % -tna otopina šećera i 5 %-tna otopina mliječne kiseline. Na osnovu dobivenih rezultata moguće je predvidjeti kvalitetu ispitivanog brašna. Sposobnost zadržavanja mliječne kiseline vežemo za karakteristike glutenina, natrij karbonata za količinu oštećenog škroba, šećernu otopinu za svojstva pentozana dok se vodena otopina veže za sve navedene komponente brašna(AACC Method 56-11.02).

Sposobnost zadržavanja otapala (SRC) metoda je razvijena za procjenu funkcionalnosti mekog pšeničnog brašna, ali pokazala se primjenjivom i za procjenu funkcionalnosti brašna tvrđih sorti pšenice. SRC je test otapanja brašna koji se temelji na bubrenju različitih komponentni polimernih mreža u pojedinačnim dijagnostičkim otapalima. SRC pruža uvid u tri funkcionalne polimerne komponente: gluten, oštećeni škrob i pentozani (arabinoksilani). SRC omogućuje predviđanje funkcionalnog doprinosa svake od ovih komponenata brašna u ukupnoj funkcionalnosti brašna i rezultirajućoj kvaliteti gotovog proizvoda. Sposobnost analize individualnog funkcionalnog doprinosa svake funkcionalne komponente brašna omogućuje krajnjim korisnicima mogućnost boljeg predviđanja ukupne funkcionalnosti brašna i optimizacije kvalitete proizvoda.

Opseg bubrenja polimera je termodinamički analogan opsegu topljivosti za male molekule. SRC test je razvijen kao novi način istraživanja i procjene vrijednosti parametara topljivosti polimernih komponenata brašna (Slade i Levine, 1994.; Sears i Darby, 1982.).

SRC metoda namjerno izbjegava kinetičke učinke koji bi se pogrešno uveli reološkom metodom poput RVA. Osim, ako se ne želi jednoosnim smicanjem poravnati glutenine ili gluteninske makropolimere visoke molekulske mase (MW), namjerna uporaba smicanja kršila bi princip SRC metode kod koje se ručno tresenje može zamijeniti nježnim mehaničkim potresanjem. Dakle, metoda SRC ne može biti provedena s RVA, usprkos nedavnom sugeriranju suprotnog od strane dobavljača RVA instrumenata (Dang; Bason, 2006). Zbog jednostavnosti SRC metode, varijacije vrijednosti SRC-a u brašnu između laboratorija i između operatera u laboratoriju su općenito mnogo manje od ostalih testova kvalitete, poput reoloških testova i probnih pečenja (Gaines, 2000.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati mogućnost primjene Mikro Visko-Amilografa (Brabender, Njemačka) u određivanju OGS pšeničnog brašna kao i utvrđivanje eventualne korelacije s rezultatima SRC metode.

3.2. MATERIJALI

U istraživanju je korišteno 12 uzoraka pšeničnog brašna T-550. Pokazatelji kvalitete uzoraka (rezultati prijašnjih neobjavljenih istraživanja) dani su u Tablici 2.

Tablica 2 Parametri kvalitete uzoraka pšeničnog brašna

	Parametar	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	U 7	U 8	U 9	U 10	U 11	U 12
	Pepeo (%)	0,56	0,58	0,43	0,46	0,56	0,57	0,61	0,48	0,56	0,65	0,52	0,53
	Proteini (%)	11,21	8,49	10,74	11,0	8,62	10,23	8,77	12,71	9,23	10,3	10,27	8,74
	Vlažni gluten (%)	25,2	14,6	28,5	27,3	16,1	25,0	18,3	36,2	22,1	27,4	23,0	19,1
	Suhi gluten (%)	9,2	5,0	9,5	9,6	5,5	9,1	6,5	13,5	7,9	10,5	8,4	6,6
Farinogram	Upijanje vode (%)	64,1	60,0	57,9	59,1	55,1	63,9	57,2	65,0	62,7	58,4	60,7	56,2
	Razvoj tijesta (min)	1,7	1,7	1,6	1,8	1,5	1,9	1,7	1,9	1,5	1,7	1,6	1,4
	Stabilnost (min)	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,8	0,2	0,7	0,4	0,5
	Rezistencija (min)	2,1	1,9	2,0	2,3	2,0	2,3	1,8	2,7	1,7	2,4	2,0	1,9
	Stupanj omekšanja (FJ)	110	135	110	95	125	95	135	50	150	85	95	130
	Kvalitetni broj	37,5	33,4	43,3	46,0	36,3	47,8	32,8	64,8	26,3	48,8	47,1	38,7
	Grupa kvalitete	C1	C1	C1	B2	C1	B2	C1	B1	C2	B2	B2	C1
Ekstenzogram 90'	Energija (cm^2)	91	75	83,3	112	94	66	58	128	85	79	100	48
	Rastezljivost (mm)	202	149	186	168	145	172	157	248	163	202	182	154
	Otpor (EJ)	250	285	215	345	370	220	220	250	280	210	270	200
	Maksimalni otpor (EJ)	350	390	315	515	480	285	265	415	400	280	420	220
	Omjer (EJ/mm)	1,24	1,91	1,16	2,05	2,55	1,28	1,40	1,01	1,72	1,04	1,48	1,30

U radu su korištene sljedeće otopine:

- deionizirana voda,
- 50 %-tna otopina saharoze,

- 5 %-tna otopina mliječne kiseline,
- 5 %-tna otopina Na_2CO_3,
- 3 %-tna otopina H_2O_2.

3.3. METODE

3.3.1. Određivanje oksidacijske gelacijske sposobnosti (OGS)

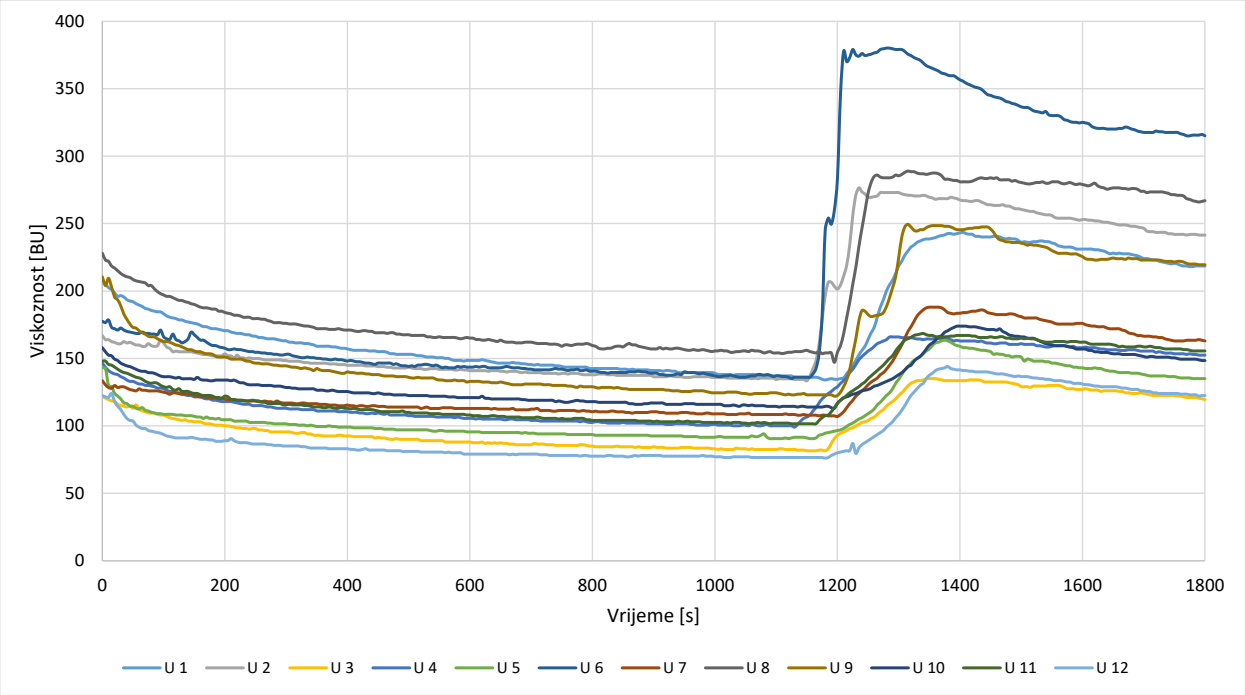
U radu je korišten uređaj Mikro Visko-Amilograf (Brabender OGH, Duisburg, Njemačka). U Erlenmeyer-ovoj tikvici su pripremane suspenzije od 40 g brašna i 80 g otapala (deionizirana voda, 50 %-tna otopina saharoze, 5 %-tna otopina mliječne kiseline, 5 %-tna otopina Na_2CO_3). Uzorci su pripremani tako da su se prvo na osnovi određenog udjela vode u brašnu računale korigirane mase uzoraka brašna i potrebnog dodatka vode (korekcija na 14 %-tni udio vode). Nakon što je dobivena homogena suspenzija, iz tikvice se suspenzija prebacila u mjernu posudu uređaja te u ležište Mikro Visko-Amilografa. Ispitivanje je provedeno prema sljedećim parametrima:

- broj okretaja: 250 min-1
- mjerno područje:300 cmg
- temperatura ispitivanja: 30 °C

Nakon 20 min (1200 s) u suspenziju je dodano 65 µL 3%-tnog H_2O_2, a mjerenje je nastavljeno još 10 min što ukupno daje 30 min (1800 s) ispitivanja. Brabender Visco - Graph softver bilježio je sve promjene viskoznosti te je iz dobivenih podataka dobivena krivulja (amilogram) (**Slika 8**). Za početnu viskoznost suspenzije uzimala se vrijednost nakon 60 s miješanja jer na samom početku miješanja brojni uzorci nisu imali pravilnu krivulju do uspostavljanja homogene suspenzije.

Iz dobivene krivulje očitani su:

- A = viskoznost nakon 60 s (BU)
- B = viskoznost nakon 1200 s (BU)
- B-A = opadanje viskoznosti (BU)
- C - Maksimalna viskoznost nakon dodavanja H_2O_2
- OGS (C-B) - Oksidacijska gelacijska sposobnost
- D = viskoznost nakon 1800 s (BU)
- C-D = opadanje viskoznosti oksidacijskog gela (BU)



Slika 8 Karakteristične amilografske krivulje određivanja OGS

3.3.2. Određivanje retencijske sposobnosti brašna (SRC)

Određivanje retencijske sposobnosti brašna (SRC) provedeno je prema AACC standardnoj metodi 56-11.02. Najprije su izvagane prazne kivete od 50 mL, a potom se u njih dodavalo 25 ±0,05 g otapala (deionizirana voda, 50%-tna otopina saharoze, 5%-tna otopina mliječne kiseline, i 5%-tna otopina Na2CO3) i 5±0,05 g brašna poznatog sadržaja vlage. Nakon pripremljene suspenzije brašna kivete su se protresale ručno svakih 5 minuta, a nakon 20 min su podvrgnute centrifugiraju tijekom 15 minuta na 1000× g pri sobnoj temperaturi. Nakon centrifugiranja supernatant se odekantirao, kivete su se dodatno ocijeđene na papirnatom ručniku kroz 10 minuta pod kutom od 180°, nakon čega je provedeno vaganje i izračun SRC vrijednosti.

Izračun:

$$\%SRC = \left[\frac{m(gela)}{m(brašna)} \times \left(\frac{86}{100-\%vlage\ brašna}\right)\right] \times 100 \quad (1)$$

3.3.3. Statistička obrada rezultata

Statistička obrada rezultata provedena je upotrebom programa Statistica 13.1 (Dell Inc., SAD) i Microsoft Office Excel 2016.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati mogućnost primjene Mikro Visko-Amilografa (Brabender, Njemačka) u određivanju OGS pšeničnog brašna kao i utvrđivanje eventualne korelacije s rezultatima SRC metode. U istraživanju je korišteno 12 uzoraka pšeničnog brašna T-550 čiji su parametri kvalitete bili poznati iz prethodnih istraživanja (**Tablica 2**).

Prosječni udio pepela u uzorcima brašna bio je 0,54% što odgovara brašnu T-550. Najmanji udio pepela (0,43%) imao je Uzorak 3, a najveći (0,65%) Uzorak 10. Količina vlažnog glutena iznosila je u prosjeku 23,6%, a suhog 8,0%. Udio proteina je prosječno iznosio 10,0%. Najmanji udio proteina te vlažnog i suhog glutena imao je Uzorak 2 (8,5%, 14,6% i 5,0%), a najveći Uzorak 8 (12,7%, 36,2% i 13,5%) koji se i prema reološkim pokazateljima pokazao kao najbolji uzorak (imao je najveću sposobnost upijanja vode (65,0% i jedini je svrstan u B1 kvalitetnu grupu).

U **Tablici 3** prikazani su rezultati amilografskog ispitivanja suspenzija brašna i vode te određivanja oksidacijske gelacijske sposobnosti.

Tablica 3 Rezultati amilografskog ispitivanja

Uzorak	A-Viskoznost (60 s) [BU]	B-Viskoznost (1200 s) [BU]	Opadanje v. B-A [BU]	C-Viskoznost (H_2O_2Max) [BU]	OGS (C-B) [BU]	D-Viskoznost (1800 s) [BU]	Opadanje v. (C-D) [BU]
U 1	189,5	133,5	56,0	245,0	111,5	218,5	26,5
U 2	160,0	133,5	26,5	279,5	146,0	241,5	38,0
U 3	112,5	81,5	31,0	135,5	54,0	119,5	16,0
U 4	131,0	99,0	32,0	166,0	67,0	152,5	13,5
U 5	112,5	90,5	22,0	166,5	76,0	135,0	31,5
U 6	168,5	135,0	33,5	382,0	247,0	315,0	67,0
U 7	127,5	107,0	20,5	188,5	81,5	163,0	25,5
U 8	207,0	146,0	61,0	290,0	144,0	267,0	23,0
U 9	170,5	121,0	49,5	250,5	129,5	219,5	31,0
U 10	141,0	111,5	29,5	170,5	59,0	148,5	22,0
U 11	135,5	101,0	34,5	168,5	67,5	155,5	13,0
U 12	99,0	73,0	26,0	144,5	71,5	122,5	22,0
Prosjek	146,2	111,0	35,2	215,6	104,5	188,2	27,4
Minimum	99,0	73,0	20,5	135,5	54,0	119,5	13,0
Maksimum	207,0	146,0	61,0	382,0	247,0	315,0	67,0

Početna A-Viskoznost, odnosno viskoznost nakon 60 s, kretala se u rasponu od 99,0 BU (Uzorak 12) do 207,0 BU (Uzorak 8). Uzorak 8 imao je i najveće vrijednosti za B-Viskoznost nakon 1200 s neposredno prije dodavanja vodikovog peroksida (146,0 BU), kao i najveće opadanje viskoznosti (B-A) u iznosu od 61,0 BU). Upravo je Uzorak 8 pokazao i najbolju kvalitetu prema prethodno provedenim kemijskim i reološkim metodama. Uzorak 12 imao je najmanju B-Viskoznost nakon 1200 s (73,0 BU). Najveću vrijednost za parametar OGS imao je Uzorak 6 (247,0 BU), a najmanju Uzorak 3 (54 BU) te se može pretpostaviti da ovaj uzorak ima najmanji udio arabinoksilana.

Tablica 4 Rezultati ispitivanja SRC

Uzorak	SRC_{H2O} [%]	SRC_{MK} [%]	$SRCN_{a2CO3}$ [%]	SRC_{SAH} [%]
U 1	65,9	126,1	70,9	98,2
U 2	64,4	103,0	72,2	98,6
U 3	58,4	110,4	61,6	85,2
U 4	59,7	126,8	63,4	86,4
U 5	60,4	110,5	68,3	92,3
U 6	67,0	99,5	71,9	96,2
U 7	61,8	111,0	75,2	97,4
U 8	65,6	140,2	67,2	96,6
U 9	65,5	107,4	71,1	95,4
U 10	62,1	115,4	70,7	99,8
U 11	62,0	119,7	66,4	89,4
U 12	58,5	94,9	61,7	86,1
Prosjek	62,6	113,8	68,4	93,5
Minimum	58,4	94,9	61,6	85,2
Maksimum	67,0	140,2	75,2	99,8

MK-mliječna kiselina, SAH-Saharoza

Rezultati određivanja retencijske sposobnosti brašna prema različitim otapalima prikazani su u Tablici 4. Prosječna vrijednost SRC_{H2O} bila je 62,6%, a najveću vrijednost imao je Uzorak 6 (67,0%). Uzorak 8 imao je najveću SRC_{MK} vrijednost (140,2%) što se može objasniti činjenicom da je ovaj uzorak pokazao svojstva jakog brašna s visokim sadržajem proteina. SRC_{Na2CO3} nije bio u velikom

rasponu (61,6-75,2%) što se može objasniti time što su svi uzorci dobiveni mljevenjem pšenice pod istim uvjetima na istom mlinu, a uzimajući u obzir da je upravo ovaj parametar povezan sa stupnjem oštećenosti škroba. Otopina saharoze u SRC metodi povezuje se s udjelom pentozana u brašnu, a prosječna vrijednost za SRC_{SAH} bila je 93,5%. Najmanju vrijednost imao je Uzorak 3 (85,2%) koji je ujedno pokazao i najmanju vrijednost za OGS.

Provedena je i korelacijska analiza svih podataka, a rezultati su prikazani u **Tablicama 5-8**.

Tablica 5 Korelacijska matrica rezultata amilografskih ispitivanja i SRC

Uzorak	SRC_{H2O} [%]	SRC_{MK} [%]	SRC_{Na2CO3} [%]	SRC_{SAH} [%]
A-Viskoznost (60 s) [BU]	**0,907***	0,517	0,461	**0,657***
B-Viskoznost (1200 s) [BU]	**0,940***	0,378	**0,644***	**0,788***
Opadanje v. B-A [BU]	**0,625***	**0,635***	0,025	0,266
C-Viskoznost (H_2O_2Max) [BU]	**0,900***	-0,010	0,551	**0,598***
OGS (C-B) [BU]	**0,810***	-0,171	0,468	0,469
D-Viskoznost (1800 s) [BU]	**0,919***	0,098	0,528	**0,599***
Opadanje v. (C-D) [BU]	**0,625***	-0,475	0,537	0,463

*p<0,05

U **Tablici 5** prikazane su Pearson-ove korelacije između rezultata dobivenih amilografskim ispitivanjem i određivanjem SRC vrijednosti. Svi parametri statistički značajno (p<0,05) koreliraju s rezultatima SRC_{H2O}, a najveću korelaciju pokazao je parametar B-Viskoznosti (1200 s) (r=0.940). Značajna korelacija utvrđena je i između SRC_{SAH} vrijednosti i A-, B-, C- i D-Viskoznosti.

SRC_{MK} je bio u statistički značajnoj korelaciji s udjelima proteina, vlažnog i suhog glutena (**Tablica 6**). To je bilo i očekivano s obzirom da je poznato proteini pšenice bubre u razrijeđenim otopinama organskih kiselina, a naročito se to odnosi na mliječnu kiselinu. Udio pepela bio je u korelaciji sa SRC_{Na2CO3} (r=0,801) i SRC_{SAH} (r=0,774). Od amilografskih pokazatelja statistički značajnu korelaciju je imalo samo opadanje viskoznosti (B-A) s proteinima te vlažnim i suhim glutenom.

Tablica 6 Korelacijska matrica rezultata amilografskih ispitivanja, SRC vrijednosti i udjela pepela, proteina te vlažnog i suhog glutena

Uzorak	Pepeo (%)	Proteini (%)	Vlažni gluten (%)	Suhi gluten (%)
A-Viskoznost (60 s) [BU]	0,105	0,566	0,469	0,525
B-Viskoznost (1200 s) [BU]	0,283	0,396	0,296	0,366
Opadanje v. B-A [BU]	-0,235	**0,726***	**0,657***	**0,675**
C-Viskoznost (H_2O_2Max) [BU]	0,220	0,196	0,142	0,189
OGS (C-B) [BU]	0,175	0,097	0,066	0,100
D-Viskoznost (1800 s) [BU]	0,167	0,285	0,220	0,268
Opadanje v. (C-D) [BU]	0,400	-0,227	-0,225	-0,192
SRC_{H2O} [%]	0,370	0,258	0,175	0,250
SRC_{MK} [%]	-0,324	**0,816***	**0,700***	**0,715***
SRC_{Na2CO3} [%]	**0,801***	-0,269	-0,312	-0,222
SRC_{SAH} [%]	**0,774***	-0,010	-0,051	0,053

*p<0,05

Tablica 7 Korelacijska matrica rezultata amilografskih ispitivanja, SRC vrijednosti i farinografskih pokazatelja kvalitete brašna

Uzorak	Upijanje vode (%)	Razvoj tijesta (min)	Stabilnost (min)	Rezistencija (min)	Stupanj omekšanja (FJ)	Kvalitetni broj
A-Viskoznost (60 s) [BU]	**0,932***	**0,627***	0,152	0,451	-0,404	0,313
B-Viskoznost (1200 s) [BU]	**0,846***	**0,707***	0,035	0,412	-0,334	0,246
Opadanje v. B-A [BU]	**0,853***	0,332	0,321	0,409	-0,428	0,353
C-Viskoznost (H_2O_2Max) [BU]	**0,772***	**0,629***	-0,075	0,291	-0,187	0,164
OGS (C-B) [BU]	**0,678***	0,546	-0,115	0,217	-0,111	0,116
D-Viskoznost (1800 s) [BU]	**0,834***	**0,667***	-0,038	0,339	-0,250	0,220
Opadanje v. (C-D) [BU]	0,341	0,334	-0,224	0,025	0,123	-0,114
SRC_{H2O} [%]	**0,862***	0,532	-0,085	0,231	-0,169	0,083
SRC_{MK} [%]	0,437	0,504	0,510	**0,636***	**-0,699***	**0,602***
SRC_{Na2CO3} [%]	0,287	0,309	-0,440	-0,141	0,226	-0,320
SRC_{SAH} [%]	0,436	0,409	-0,087	0,163	-0,048	-0,054

*p<0,05

Svi amilografski parametri (osim Opadanja viskoznosti (C-D)) bili su u statistički značajnoj korelaciji s farinografskom sposobnošću upijanja vode, a najveću korelaciju pokazala je A-Viskoznost (*r*=0,932) koja je čak bila veća nego korelacija između SRC_{H2O} i sposobnosti upijanja vode (*r*=0,862). A-, B-, C- i D-Viskoznost također su značajno korelirale s razvojem tijesta, dok je SRCMK bio u značajnoj korelaciji s rezistencijom, stupnjem omekšanja i kvalitetnim brojem.

U **Tablici 8** prikazana je korelacijska matrica rezultata amilografskih ispitivanja, SRC vrijednosti i ekstenzografskih pokazatelja kvalitete brašna. A-Viskoznost je značajno korelirala samo s rastezljivošću dok je opadanje viskoznosti (B-A) pokazalo značajnu korelaciju s energijom i rastezljivošću. Od svih SRC parametara samo je SRC_{MK} pokazala statistički značajnu korelaciju (energija i rastezljivost).

Tablica 8 Korelacijska matrica rezultata amilografskih ispitivanja, SRC vrijednosti i ekstenzografskih (90 min) pokazatelja kvalitete brašna

Uzorak	Energija (cm^2)	Rastezljivost (mm)	Otpor (EJ)	Maksimalni otpor (EJ)	Omjer (EJ/mm)
A-Viskoznost (60 s) [BU]	0,463	**0,632***	-0,043	0,179	-0,317
B-Viskoznost (1200 s) [BU]	0,326	0,478	-0,029	0,132	-0,229
Opadanje v. B-A [BU]	**0,589***	**0,747***	-0,057	0,217	-0,393
C-Viskoznost (H_2O_2Max) [BU]	0,047	0,210	-0,097	-0,027	-0,158
OGS (C-B) [BU]	-0,073	0,081	-0,117	-0,091	-0,116
D-Viskoznost (1800 s) [BU]	0,140	0,299	-0,091	0,022	-0,198
Opadanje v. (C-D) [BU]	-0,364	-0,221	-0,103	-0,234	0,045
SRC_{H2O} [%]	0,166	0,347	-0,079	0,033	-0,214
SRC_{MK} [%]	**0,877***	**0,767***	0,251	0,527	-0,165
SRC_{Na2CO3} [%]	-0,224	-0,092	-0,051	-0,140	0,021
SRC_{SAH} [%]	-0,048	0,237	-0,144	-0,153	-0,180

*p<0,05

5. ZAKLJUČCI

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Amilografsko ispitivanje bez klasične primjene zagrijavanja, odnosno bez praćenja želatinizacije škroba, može se uspješno primijeniti u određivanju viskoznosti suspenzija brašna.
- Primjenom amilografskih ispitivanja pri konstantnoj temperaturi (30 °C) i određivanjem retencijske sposobnosti brašna (SRC) može se predvidjeti jakost brašna i steći dublji uvid u kvalitativni profil uzoraka pšeničnog brašna.
- Dodatkom 3%-tne otopine H_2O_2 može se odrediti oksidacijka gelacijska sposobnost, odnosno utvrditi potencijalni doprinos arabinoksilanske komponente viskoznosti suspenzije ili tijesta od pšeničnog brašna.

6. LITERATURA

AACC Aproved Method 56-11.02:Solvent Retention Capacity Profile, , American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, Minnesota, USA, 2009.

Bettge AD, Morris CF: *Oxidative Gelation Measurment and Influence on Soft Wheat Batter Viscosity and End-Use Quality*. Cereal Chemistry, 84(3):237-242, 2007.

Causgrove P: *Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality*, Wheat Marketing Center. Inc, USA 2004.

Courtin CM, Delcour JA: *Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Bread-making.* Journal of Cereal Science, 35: 225-243, 2002.

Crossland LB i Favor HH: *Starch gelatinization studies. II. A method for Showing the stages in swelling of starch during heating in the amylograph.* Cereal Chemistry, 25:213-220, 1948.

Dang JMC, and Bason ML: Assessing solvent retention capacities of flours using the Rapid Visco Analyser, Tech. J. Newport Scientific 7, 2006.

Deffenbaugh LB and Walker CE: *Comparison of Starch Pasting Properties in the Brabender Viscoamylograph and the Rapid Visco-Analyzer*. Cereal Chemistry, 66(6):493-499, 1989.

Đaković Lj: *Pšenično brašno, fizičko-hemijski osnovi određivanja tehnološkog kvaliteta pšeničnog brašna*. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 1980.

Edwards, WP:*The Science of Bakery Products*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 2005.

Guttieri MJ, Bowen D, Gannon D, O'Brien K, and Souza E: *Solvent retention capacities of irrigated soft white spring wheat flours.* Crop Sci., 41:1054-1061, 2001.

Grulke EA: Solubility parameter values. In Polymer Handbook, 3rd Ed. G. Brandrup and E. H. Immergut, eds. Wiley, New York, 1989.

Halverson J, Zeleny L: Criteria of wheat quality. *In: Pomeranz, Y. (Ed.), Wheat: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul Minnesota, USA, 1988.

Jacobs H, Eerlingen RC and Delcour JA: Heverlee (Belgium), *Factors Affecting the Visco-Amylograph and Rapid Visco-Analyzer Evolution of the Impact od Annealing on Starch Pasting Properties.* Starch; Biosynthesis Nutririon Biomedical, 48:266-270, 1996.

Kweon M, Slade L, Levine H: *Solvent Retention Capacity (SRC) Testing of Wheat Flour: Principels and Value in Predicting Flour Functionality in Different Wheat-Based Food Processes and in Wheat Breeding-A Review*. Cereal Chemistry, 88(6): 537-552, 2011.

Leelavathi K, Indrani D, Mysore (India) and Sidhu JS (India): *Amylograph Pasting Behaviour of Cereal and Tuber Starches.* Department of Storage and Food Tecnology, 39:378-381, 1987.

Mariotti M, Sinelli N, Catenacci F, Pagani MA, Lucisano M: *Retrogradation behaviour of milled and brown rice pastes during ageing*. Journal of Cereal Science, 49:171-177, 2009.

Mattson JE: *Oxidative Gelation and Functionality Of Wheat Flour: Effects Of Grain Storage, Flour Aging, And Grain Type (Hard Or Soft).* Food Science and Techology, 2014.

Miljević I: *Utjecaj vremenskih priika na proizvodnju ozime pšenice*. Sveučilište J.J. Strossmayera, 2015.

Pomeranz Y: *Wheat: Chemistry and Technology*. AACC International, 1988.

Ross AS, Bettge AD, Kongrakswech T, Engle DA: *Measuring Oxidative Gelation of Aqueous Flour Suspensions Using the Rapid Visco Analyzer*. Cereal Chemistry, 91(4): 374-377, 2014.

Roach RR (Keebler Company, Elmhurst, AL.); Hoseney RC: *Effect of certain surfacants on the swelling, solubility and amylograph consistency of starch*. Cereal Chemistry, 72:571-577, 1995.

Saulnier L, Sado P, Branlard G, Charmet G, Guillon F: *Wheat arabinoxylans: Exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties.* Journal of Cereal Science, 46:261-281, 2007.

Sears JK, and Darby JR: *Solubility parameter and cohesive energy density, str 105*. The Technology of Plasticizers, New York, 1982.

Sroan BS and Kaur A: Effect of *Antioxidants on Farinograph and Amylograph Characteristics of Wheat Flour*. International journal of food properties, 7:379-391, 2004.

Stoddard FL: Analysis of Quality. In: Wrigley, CW, Corke, H, Walker, CE (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science.* Elsevier Academic Press, Amsterdam, Boston, 2004.

Stone B and Morell MK: Carbohydrates. In: Kahn, K, Shewry, PR (Eds.) *Wheat: chemistry and Technology.* American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minn, 2009.

Web 1: https://www.agroklub.com/ratarstvo/agrotehnika-psenice-u-ekoloskoj-proizvodnji/5902/ [2.9.2020.]

Web 2: https://www.brabender.com/en/food/products/ [2.9.2020.]

Web 3: https://www.pharmaceuticalonline.com/doc/viscograph-e-0002 [2.9.2020.]

Web 4: https://www.ffi.nz/product/rva-rapid-visco-analyser/ [2.9.2020.]

Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF: *Starch: Chemistry and Technology (Second Edition)*. Academic Press, London, 1984.

Xu A, Chung OK, Ponte, Jr. JG: *Bread Crumb Amylograph Studies. I. Effects of Storage Time, Shortening, Flour Lipids, and Surfactants*. Cereal Chemistry, 69(5):495-501, 1992.

Zobel HF: Chapter IX - Gelatinization of Starch and Mechanical Properties of Starch Pastes. *Starch: Chemistry and Technology (Second Edition), str. 285-309.* Food Science and Technology, 1984.

Žeželj M: *Tehnologija žita i brašna*. Knjiga II. NIP Glas javnosti doo, Beograd, 2005.