

Određivanje kvalitete pšeničnog brašna mjerenjem površine farinografske krivulje

Grubeša, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:261782>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

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

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

Marija Grubeša

**ODREĐIVANJE KVALITETE PŠENIČNOG BRAŠNA MJERENJEM POVRŠINE
FARINOGRAFSKE KRIVULJE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, travanj 2023.

**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 i prerade brašna
Tema rada je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2020./2021. održanoj 27. svibnja 2021.
Mentor: prof. dr. sc. *Marko Jukić*
Pomoć pri izradi: Ana Šušak, dipl. ing., stručni suradnik

Određivanje kvalitete pšeničnog brašna mjerenjem površine farinografske krivulje

Marija Grubeša, 0113135084

Sažetak: Jakost pšeničnog brašna uobičajeno se ispituje pomoću različitih uređaja za određivanje reoloških svojstava, a jedan od najzastupljenijih je Brabenderov farinograf kojim se mjeri otpor tijesta na miješanje i gnječenje u mjesilici uređaja. U svijetu postoji nekoliko standardnih metoda za provođenje farinografskih ispitivanja (ISO, AACC, ICC), ali niti jedna od njih ne predviđa upotrebu površine farinografske krivulje kao parametra za evaluaciju kvalitete brašna. U ovom radu se ispitala povezanost površine farinografske krivulje i ostalih farinografskih parametara, zatim ekstenzografskih pokazatelja kvalitete, kao i udjela proteina te vlažnog i suhog glutena. Ispitivanje je provedeno na 66 različitih sorti ozime pšenice, a površina farinografskih krivulja određena je primjenom računalnog programa za analizu slike ImageJ.

Utvrđeno je da postoji statistički značajna korelacija između površine krivulje i udjela vlažnog glutena, farinografskog kvalitetnog broja i stupnja omekšanja te energije i rastezljivosti tijesta određenima ekstenzografom. S obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da se mjerenjem površine farinografske krivulje mogu uspješno odrediti kvaliteta i pecivna svojstva brašna.

Ključne riječi: reološka svojstva, tijesto, farinograf, ekstenzograf, računalna analiza slike

Rad sadrži: 39 stranica
5 slika
13 tablica
17 literaturnih referenci

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-komentor
4.	izv. prof. dr. sc. Krešimir Mastanjević	zamjena člana

Datum obrane: 21. travnja 2023.

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 20, 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 in academic year 2020/2021 held on May 27, 2020.
Mentor: *Marko Jukić*, PhD, full prof.
Technical assistance: *Ana Šušak*, dipl. ing., expert associate

Evaluation of the Quality of Wheat Flour by Measuring the Area of the Farinograph Curve

Marija Grubeša, 0113135084

Summary: The strength of wheat flour is commonly tested using various devices to determine its rheological properties. One of the most commonly used devices is the Brabender Farinograph, which measures the resistance of the dough during mixing and kneading in the mixer of the device. There are several standard methods for performing farinograph tests worldwide (ISO, AACC, ICC), but none of them provides for the use of the farinograph curve area as a parameter for evaluating flour quality. In this study, the relationship between farinograph curve area and other farinograph parameters as well as extensographic quality indicators, protein content, and wet and dry gluten content was investigated. The study was conducted on 66 different winter wheat cultivars and the area of the farinograph curves was determined using the ImageJ computer program for image analysis. It was found that there was a statistically significant correlation between the curve area and wet gluten content, farinograph quality number, degree of softening, and energy and extensibility of the dough, which were determined using the extensograph. The results suggest that by measuring the farinograph curve area, the quality and baking properties of flour can be successfully determined.

Key words: rheological properties, dough, farinograph, extensograph, digital image analysis

Thesis contains: 39 pages
5 figures
13 table
17 references

Original in: Croatian

Defence committee:

- | | | |
|----|---|------------------------|
| 1. | <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, full prof. | chair person |
| 2. | <i>Marko Jukić</i> , PhD, full prof. | supervisor |
| 3. | <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> , PhD, assistant prof. | member – co-supervisor |
| 4. | <i>Krešimir Mastanjević</i> , PhD, assistant prof. | stand-in |

Defence date:

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

Zahvala:

Zahvaljujem svome mentoru prof.dr.sc. Marku Jukiću na razumijevanju i velikoj pomoći pri izradi ovog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem svim svojim prijateljima i prijateljicama koji su uvijek bili uz mene i pomagali mi tokom studiranja.

Posebno hvala mojoj obitelji na podršci, strpljenju i što su mi omogućili sve ovo.

I na kraju, hvala mom suprugu, bez čije podrške i ljubavi ne bih ovo uspjela.

Hvala vam za sve.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. PŠENICA	4
2.1.1. <i>Kemijski sastav pšeničnog zrna i brašna.....</i>	<i>4</i>
2.2. REOLOGIJA	5
2.2.1. <i>Reologija tijesta.....</i>	<i>7</i>
3. EKSPERIMENTALNI DIO	15
3.1. ZADATAK.....	16
3.2. MATERIJALI	16
3.3. METODE.....	16
3.3.1. <i>Ispitivanje kvalitete brašna standardnim metodama</i>	<i>16</i>
3.3.2. <i>Određivanje površine farinografske krivulje računalnom analizom slike.....</i>	<i>16</i>
3.3.3. <i>Statistička obrada rezultata.....</i>	<i>17</i>
4. REZULTATI.....	18
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA BRAŠNA OZIME PŠENICE URODA 2017	19
4.2. REZULTATI ISPITIVANJA BRAŠNA OZIME PŠENICE URODA 2018	23
4.3. REZULTATI ISPITIVANJA BRAŠNA OZIME PŠENICE URODA 2019	27
5. RASPRAVA.....	32
6. ZAKLJUČCI	36
6. LITERATURA	38

1. UVOD

Kvaliteta tijesta, a samim tim i pekarskih proizvoda uvelike ovise o kemijskom sastavu pšenice od kojeg je dobiveno brašno, a naročito je značajan udio proteina, a poglavito proteina koje čine gluten (glijadin i glutenin). Oni tvore glutensku mrežu koja tijestu, ali i samim pekarskim proizvodima daje elastičnu strukturu i teksturu. Tijesto od pšeničnog brašna se danas često podvrgava reološkim ispitivanjima kako bi se odredila njegova kvaliteta i utvrdilo koje vrste i sorte pšenice su prikladne za određene namjene. Reologija omogućuje ispitivanje tijesta i brašna kroz promatranje kvalitete tijekom mjesenja ili rastezanja formiranog tijesta. Jedan od najupotrebljavanijih reoloških uređaja u analitici brašna je Brabenderov farinograf kojim se određuju konzistencija tijesta te otpor tijesta na miješanje i gnječenje.

U svijetu postoji nekoliko standardnih metoda za provođenje farinografskih ispitivanja (ISO, AACC, ICC) pri čemu se iz dobivenih farinografskih krivulja očitava čitav niz različitih kvalitativnih parametara, ali niti jedna od standardnih metoda ne predviđa korištenje površine farinografske krivulje kao parametra za ocjenu kvalitete pšeničnog brašna odnosno tijesta.

U ovom radu pokušala se utvrditi eventualna povezanost površine farinografske krivulje s ostalim farinografskim pokazateljima kvalitete (upijanje vode, razvoj tijesta, stabilnost, stupanj omekšivosti, broj kvalitete), zatim ekstenzografskim pokazateljima (rastezljivost tijesta, otpornost, energija), kao i s udjelom proteina i vlažnog glutena. Ispitivanje je provedeno na 66 uzoraka različitih sorata ozime pšenice uroda 2017., 2018., i 2019. godine na način da se računalnim programom za analizu slike (ImageJ ver.1.59a) odredila površina farinografskih krivulja, a dobiveni rezultati uspoređeni su s prethodno navedenim parametrima kvalitete pšeničnog brašna.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. PŠENICA

Pšenica (*Triticum species*), biljka koja pripada porodici trava (*Poaceae*), raste kao jednogodišnja zeljasta biljka. Kao iznimno važna kultura, pšenica se koristi za prehranu ljudi i domaćih životinja već od pradavnih vremena. Prvi zapisi o korištenju pšenice za prehranu ljudi datiraju još od 10 000 godina prije Krista (Halverson i Zelenyj, 1988). Uz svoj vrlo visok prinos i hranjivost, pšenica se uzgaja širom svijeta, što je olakšano današnjim razvojem biotehnologije i genetskog inženjeringa koji su omogućili stvaranje novih, otpornijih sorti pšenice (Šramková i sur., 2009).

Najpoznatije i najčešće uzgajane su tri vrste pšenice: *Triticum aestivum*, koja se uzgaja kao krušna pšenica za proizvodnju kruha, *Triticum durum*, koja se koristi za proizvodnju krupice za izradu tjestenine, te *Triticum compactum*, koja se zbog niskog udjela proteina koristi u proizvodnji finih pekarskih proizvoda, kao što su keksi i čajna peciva (Halverson i Zeleny, 1988; Kent-Jones i Singh, 2010). S obzirom na vrijeme sjetve razlikujemo ozime, jare i fakultativne sorte pšenice. Ozime pšenice uspijevaju u blagim zimama i toplim ljetima, dok su jare sorte pogodne za uzgoj u područjima s oštrijim zimama i sušnijim uvjetima. U Hrvatskoj se pšenica uzgaja na oko 180 000 hektara, s prosječnim prinosom od oko 5 t/ha (Rapčan, 2014).

2.1.1. Kemijski sastav pšeničnog zrna i brašna

Pšenično zrno sastoji se od tri dijela: omotača, endosperma i klice. Omotač pšeničnog zrna sadrži najvrijednije nutrijente, vitamine, mineralne tvari i vlakna, no izdvaja se tokom mljevenja u obliku posija. Složeni ugljikohidrati poput celuloze i hemiceluloze prevladavaju u sastavu omotača zrna, s udjelima od 20 do 26 %. Mineralne tvari su također značajno zastupljenije u omotaču zrna nego u endospermu, i njihov udio iznosi oko 6 %. Klica sadrži najviše lipida, koji hrane novu mladu biljku tijekom klijanja, a vlaženjem zrna prije mljevenja postiže se bolja plastičnost klice i olakšava izdvajanje od ostalih dijelova. Klica je osim lipida bogata i jednostavnim ugljikohidratima (10 %) i proteinima (29 %). Endosperm se melje do brašna, a kvantitativno najznačajniji kemijski sastojak endosperma je škrob (oko 70 %). Pored škroba, endosperm sadrži i proteine, te mineralne tvari i lipide, ali u manjim udjelima (Žeželj, 1995, Hosenay, 1994, Pomeranz, 1988).

Udio i različita zastupljenost proteina u pšenici su važni iz nutritivnog i tehnološkog stajališta. Količina proteina određuje klasu pšenice, a sorte s različitim količinama proteina su prikladne za različite namjene. Na primjer, pšenica s visokim udjelom proteina i staklastom strukturom zrna

je prikladna za proizvodnju tjestenine, dok se pšenica s manjim udjelom proteina koristi za proizvodnju finih pekarskih proizvoda (Khan i Shewry, 2009). Proteini su različito raspoređeni u dijelovima zrna, pri čemu aleuronski sloj ima najveći udio proteina i nutritivno su najvrijedniji. Endosperm može sadržavati od 5 do 16 % proteina, s najmanjim udjelom u središnjem dijelu, ali su ti proteini tehnološki najkvalitetniji. Proteini pšenice su albumini, globulini, prolamini (glijadini) i glutelini (glutenini). Albumini i globulini se nalaze u omotaču zrna i aleuronskom sloju, dok su prolamin i glutenin proteini koji se nalaze u endospermu zrna. Glijadin i glutenin su proteini velike molekulske mase i imaju važnu ulogu u tehnologiji proizvodnje brašna jer s vodom omogućuju stvaranje glutena i zadržavaju plinove tijekom pečenja tijesta dobivenog od brašna pšenice.

Glutenin je visoko molekularni protein koji sadrži brojne molekule povezane disulfidnim vezama. Kada se razvlači, glutenin se lako vraća u svoj prvobitni položaj. S druge strane, glijadin je mekši i rastezljiviji u odnosu na glutenin i nakon hidratacije postaje viskozozan i ljepljiv. Budući da su glijadin i glutenin netopljivi u vodi, moguće ih je isprati i izdvojiti iz tijesta. To se može učiniti ispiranjem tijesta 2 %-tnom otopinom NaCl-a te se na taj način ispituje kvaliteta i količina glutena u brašnu, te kvaliteta brašna, odnosno mogućnost zadržavanja plinova prilikom fermentacije tijesta (Žeželj, 2005; Pomeranz, 1988; Šramková i sur. 2009).

2.2. REOLOGIJA

Reologija proučava deformaciju i tečenje materijala pod utjecajem sile ili naprezanja. Materijali se mogu podijeliti na Newtonske i ne-Newtonske fluide, ovisno o tome kako se ponašaju pod djelovanjem sile. U stvarnosti, mnogi materijali u prehrambenoj industriji imaju složena svojstva zbog različitih tvari koje se u njima nalaze, što ih svrstava u ne-Newtonske fluide (Lovrić, 1991; Dapčević Hadnađev i sur., 2011; Hosenej, 1986).

Čvrstoća, elastičnost, plastičnost i viskoznost su osnovna reološka svojstva koja opisuju materijale. Za utvrđivanje ovih svojstava, reometrija - poddisciplina reologije koristi silu deformacije i mjeri učinak te sile na materijalu. Sila deformacije može biti velika ili mala, a mjerenje će varirati prema tome. Čvrstoću kao svojstvo materijala lako je odrediti. Viskozno tijelo ili tekućina teče pomoću vlastite gravitacije i nije dimenzionalno stabilna. Viskoznost se odnosi na trenje u tekućim materijalima i trenje koje nastaje između pokretnih slojeva unutar materijala. Suprotno tome, čvrsto tijelo zadržava oblik i može teći samo pod utjecajem sile deformacije.

Čvrsto tijelo može biti plastično, elastično ili viskoelastično, ovisno o strukturi. Viskoznost je važno svojstvo bilo kojeg materijala, a sastavljena je od komponenti elastičnosti i tzv. čiste viskozности ili plastičnosti. U slučaju tekućine, viskoznost se može opisati kao unutarnje trenje između molekula i molekulskih agregata. U slučaju krute tvari, kao posljedica njene strukture nastaje kohezija. Kod određivanja osnovnih svojstava moguće je mjeriti viskoznost i elastičnost, dok se plastičnost mora izračunati kao nevidljivi dio viskozности i razlika između izmjerene viskozности i elastičnosti. Tijelo se naziva elastičnim, ako se teško deformira i vraća se u prvotni oblik kada sila deformacije prestane djelovati na njega. Deformacija je u tom slučaju reverzibilna te je energija deformacije pohranjena. Ako se tijelo lako deformira i ostaje deformirano nakon što je sila deformacije prestala djelovati, tijelo je ireverzibilno plastično i energija deformacije se gubi. Viskoznost i elastičnost, koje je moguće direktno izmjeriti i odrediti, su stoga najvažnija svojstva za opisivanje materijala i njegovog ponašanja, bilo kao sirovine, bilo kao gotovog proizvoda. Zato se u određivanju reoloških svojstava tijesta daje posebna pozornost na ova dva svojstva. Većina materijala, uključujući hranu, imaju uglavnom viskoelastična svojstva, a elastičnost i plastičnost se pojavljuju u međusobno različitim omjerima (Weipert, 2006; Dapčević Hadnađev i sur., 2011).

Reologija ima mnogo primjena i svugdje je oko nas. U proizvodnji hrane koristi se za ocjenjivanje kvalitete sirovina i krajnjih produkata, te je postala važna i snažna pomoć prehrambenim tehnologizima. Reologija ima poddisciplinu, reometriju, čiji je zadatak provesti i objasniti mjerenja. Razlikujemo empirijsku (deskriptivnu ili imitativnu) reometriju i temeljnu (apsolutnu) reometriju, ovisno o principu mjerenja i mogućnostima instrumenata. Obje grupe instrumenata i mjernih tehnika imaju prednosti i nedostatke od kojih je većina rezultat dizajna uređaja i principa mjerenja.

Većina uređaja korištenih u empirijskoj reometriji su ostaci ranijih dana reologije tijesta i do danas su jedva modificirani. Uobičajeni su i jednostavni za korištenje, a njihovi rezultati su našli trajno mjesto u tehnologiji žitarica. Posljednjih desetljeća prošlog stoljeća, reologija je doživjela značajan uzlet razvojem novih, svestranih, osjetljivih, preciznih i učinkovitih mjernih instrumenata (Weipert, 2006).

2.2.1. Reologija tijesta

Tijesto od pšeničnog brašna objedinjuje viskozna i elastična svojstva. Kao Newtonova tekućina, tijesto ima viskoznost koja zahtijeva energiju za zaustavljanje tečenja, koja se raspršuje u toplinu. Kao elastično tijelo, tijesto posjeduje svojstva Hookeovog tijela gdje je potrebna energija da bi se tijelo deformiralo, a nakon prestanka djelovanja sile, tijesto se vraća u svoj prvobitni položaj, skladišteći energiju. Oba svojstva su važna kod pečenja kruha i drugih pekarskih proizvoda jer pomažu zadržavanju plinova i razvoju strukture proizvoda. Gluten je odgovoran za viskoelastična svojstva tijesta, jer su njegovoj mreži uklopljena škrobna zrnca (Menjivar, 1990).

Pšenično brašno ima složen biokemijski sastav s različitim veličinama čestica, što predstavlja izazov u proučavanju svojstava i kvalitete brašna i tijesta. U pekarstvu, procjena svojstava brašna je ključna kako bi se osiguralo pravilno miješanje, fermentacija i pečenje, što rezultira kvalitetnim pekarskim proizvodima sa željenim svojstvima. Na ovaj način, proizvođači mogu optimizirati parametre proizvodnje i osigurati kvalitetu proizvoda. Određivanje reoloških svojstava tijesta od pšeničnog brašna omogućuje procjenu učinkovitosti različitih aditiva, konzervansa, enzimskih pripravaka i drugih dodataka, kao i korištenje drugih vrsta brašna u proizvodnji pekarskih proizvoda. Procjenu kvalitete tijesta i njegove funkcionalnosti omogućuju empirijska mehanička ispitivanja brašna i tijesta, te fizikalna ispitivanja na određenim uređajima, kako bi se dobili rezultati i pokazali najvažniji parametri za određivanje kvalitete brašna i tijesta (Menjivar, 1990; Oliver i Allen, 1991).

2.2.1.1. Povijest

Opisi prvih pokušaja mjerenja fizičkih svojstava hrane općenito i tijesta za kruh potječu iz 18. stoljeća kada Beccari 1728. ocjenjuje senzorsku kvalitetu i strukturu pšeničnog tijesta, a Bolland i Kunis su kasnije 1836. i 1885. godine proveli testove s tzv. aleurometrom kojim se prati ekspanzija glutena. Reologija tijesta kakvu danas poznajemo nastala je tek početkom 20. stoljeća. Mađarska se smatrala žitnicom Austro-Ugarskog carstva i izvozila je pšenicu u ostatak Europe. Mađarske sorte pšenice bile su popularne i u Sjevernoj Americi, a neke su zapravo bile povezane s američkim sortama, odnosno imale su zajedničke roditelje. Zbog svoje kvalitete mađarska pšenica bila je vrlo tražena. Dakle, uzgajivači su uložili sav napor kako bi uzgojili visoko prinodne sorte. Kako bi procijenili pekarska svojstva sorte pšenice bez obavljanja skupih i dugotrajnih

procesa probnih pečenja, početkom 20. stoljeća konstruirana je prva mjesilica za određivanje reoloških svojstava (Hankoczy), kao i prvi uređaji za određivanje rastezljivosti tijesta (Hankoczy, Rejtö, Gruzl). Ovi uređaji se smatraju pretečama uređajima poput Swansonovog miksografa u Americi, kao i Brabenderovog farinografa i ekstenzografa te Chopinovog alveografa u Europi. Ovi uređaji se koriste i danas koriste gotovo nepromijenjeni. Međutim, oni koriste relativno jake deformacijske sile kao princip mjerenja, a opisuju samo svojstva tijesta u hladnoj fazi pripreme kruha, odnosno tijekom zamjesa što se može smatrati određenim nedostatkom. Praćenje želatinizacije škroba žitarica kao funkcije aktivnosti α -amilaze pri visokim temperaturama simuliraju se uvjeti slični onima iz pećnice, a mjerenje se provodi Brabenderovim amilografom i uređajem za određivanje broja padanja po Hagberg-Pertenu te u novije vrijeme Newport Scientific Rapid-Visco analizatorom. Zbog tehničkih razloga ova mjerenja mogu biti provedena samo u suspenzijama brašna i vode (Weipert, 2006).

Tijekom 70-tih i 80-tih godina prošlog stoljeća reologija postiže veliki uspon izgradnjom novih, preciznih i osjetljivih instrumenata čija mjerenja omogućuju uvid u strukturu i svojstva hrane. Novi reometri primjenjuju dinamički, oscilirajući način principa mjerenja, s kojim mogu istovremeno snimati kompleksne viskoznosti i njegove komponente elastičnosti i plastičnosti (tzv. čista viskoznost). Štoviše, sile deformacije koje se primjenjuju su izrazito male; one ne narušavaju strukturu uzoraka, a dopuštaju kontinuirano praćenje viskoelastičnih svojstava tijesta kao funkcije vremena i temperature. Ovo je zapravo osnova simulacije „snimanja pokusa pečenja“ koja omogućuje praćenje promjena viskoelastičnih svojstava tijesta u pekarskoj peći. Pečenje kruha je proces upijanja i vezanja vode bubrenjem tvari (kao što su protein i pentozani) u tijestu i ponovno vezanje vode iz zagrijane škrobne paste u pečeno tijesto, odnosno strukturu sredine kruha. Drugim riječima, općenito reologija i posebno reometrija predstavljaju dobre alate za proučavanje, tumačenje, predviđanje i provjeru pecivnih svojstava nekog brašna (Weipert, 2006).

2.2.1.2. Viskoelastična svojstva tijesta

Kada se voda i brašno pomiješaju nastaje tijesto, kohezivna masa u kojoj gluten tvori trodimenzionalnu mrežu u koju su ugrađene škrobne granule. Viskoznost ili konzistencija tijesta ovisi o količini vode i drugih dodanih sastojaka, ali i o intenzitetu miješanja. Ekspanzija i volumen pekarskih proizvoda kao atributa kvalitete brašna su rezultat stvaranja i zadržavanja plina. U tom

kontekstu, viskoznost ili konzistencija tijesta je glavno svojstvo koje određuje zadržavanje plina potrebno za pretvorbu brašna, odnosno tijesta u kruh i ostale pekarske proizvode. Pekar nastoji postići optimalnu konzistenciju koja bi trebala biti dovoljno čvrsta da se tijesto može obrađivati (miješanje, kalupljenje) i zadržavati oblik, a s druge strane dovoljno tečna kako bi dopustila širenje ugljikovom dioksidu što rezultira željenim dizanjem tijesta i adekvatnim volumenom proizvoda. Ako pretpostavimo da zadržavanje plinova ovisi o konzistenciji tijesta, možemo očekivati da će se zadržavanje plinova povećavati proporcionalno konzistenciji. Čvrsta tijesta s visokom sposobnosti zadržavanja plinova u kombinaciji s dobrom proizvodnjom plinova rezultira i visokim volumnim prinosom. Suprotno tome, nisko zadržavanje plinova tijesta niske viskoznosti (konzistencije) rezultira niskim volumnim prinosom. Zbog strukture glutena meka i ponekad slaba tijesta propusna su za plin. Također je logično da su vrlo čvrsta ili kratka tijesta prejaka za rastezanje prilikom razvijanja ugljikovog dioksida, a rezultat toga je nizak volumni prinos. To znači da je optimalna viskoznost ili konzistencija tijesta poželjna kako bi se osigurao najveći mogući volumni prinos (Weipert, 2006).

Viskoelastična svojstva tijesta variraju od mekog i slabog do čvrstog i kratkog. Volumen pekarskih proizvoda funkcija je viskoznosti i elastičnosti. Ako se viskoznost može prilagođavati (dodatkom vode) može se smatrati konstantnim čimbenikom, to je u konačnici elastičnost ili reološka ravnoteža između rastezljivosti i elastičnosti koja određuje pogodnost pšeničnog brašna za pečenje. Previše elastičnosti rezultira kratkim, čvrstim tijestom, a premalo elastičnosti tijesto čini premekanim i „tankim“. Reologijom tijesta moguće je brzo i pouzdano identificirati ove raznolikosti između viskoznosti i elastičnosti. Također, postoje načini i sredstva kojima se viskoelastična svojstva mogu mijenjati i optimizirati u određenoj mjeri pri čemu reometrija služi kao dobar alat pri kontroli doziranja različitih aditiva (Weipert, 2006).

2.2.1.3. Metode određivanja reoloških svojstava tijesta

Senzorsko ispitivanje

Nema sumnje da je senzorsko ispitivanje procjene svojstava tijesta jedna od klasičnih i najstarijih upotreba empirijske reometrije. Pekari koriste svoju ruku i stečeno iskustvo za procjenu svojstava viskoznosti i elastičnosti tijesta i gotovog proizvoda. Iskusan pekar pouzdan je gotovo kao i

instrument te procjenjuje svojstva tijesta prema elastičnosti. Ocjene dobivene senzorskim ispitivanjem objektivno se potvrđuju mjerenjima na farinografu i ekstenzografu.

Instrumentalno određivanje reoloških svojstava tijesta

Proces proizvodnje kruha sastoji se od dvije faze: hladne faze u kojoj se miješanjem pripremi tijesto i ostavi da fermentira i vruća faza u kojoj se tijesto transformira u kruh u pećnici. Praćenje procesa podrazumijeva provjeru svojstava viskoznosti i viskoelastičnosti u obje faze. Zbog tehničkih razloga empirijska reometrija može provoditi mjerenja samo odvojeno.

Pečenje kruha počinje miješanjem brašna i vode do oblikovanja tijesta nakon čega slijedi fermentacija u komori za fermentaciju pri kontroliranoj, blago povišenoj temperature. Miješanje i gnječenje je simulirano miješalicama za ispitivanje u laboratorijskim uvjetima; a stanje tijesta nakon fermentacije određuje se pomoću testova razvlačenja. Iskustvo pekara (radnika laboratorija, voditelja proizvodnje, voditelja smjene) omogućuje mu očitavanje mjerenja i dobivanje krivulja u svrhu određivanja optimalnog tijesta za određeni proizvod te prilagođavanje recepture.

Općenito govoreći, moderni laboratoriji koriste dvije vrste uređaja za miješanje: Brabenderov farinograf i Swansonov miksograf. Ova dva uređaja razlikuju se po načinu miješanja i mehaničkog naprezanja kojemu se izlaže tijesto, tj. u omjeru brašna i vode i količini dodane vode na početku miješanja. Lopatice farinografa sigma oblika relativno malo stisnu i napregnu tijesto u odnosu na druge vrste miješalica. Količina vode koju treba dodati da bi se postigla konstantna konzistencija tijesta se određuje prije glavnog testa preliminarnim testom. Radni dijelovi miksografa su okomite igle koje stvaraju planetarno, rotirajuće kretanje i istezanje te stiskanje i savijanje tijesta. Miješanje ove vrste tijesta zahtjeva veće mehaničko naprezanje od farinografske miješalice. Tijesta se pripremaju s dodavanjem iste količine vode bez obzira na sposobnost brašna za upijanje vode. To znači da se evaluacija i interpretacija farinografske i miksografske krivulje razlikuju (Weipert, 2006).

Tijekom farinografskog mjerenja, brašno se stavlja u zdjelu farinografa te se miješa s vodom kako bi se formiralo tijesto. Nakon toga, tijesto se mehanički razvija i prekomjerno mijesi kako bi se uništila njegova struktura. Ovaj postupak bilježi se i snima kao otpor gnječanju pomoću dinamometra. Snimljena krivulja predstavlja dijagram sila-vrijeme iz kojeg se može očitati rad ili

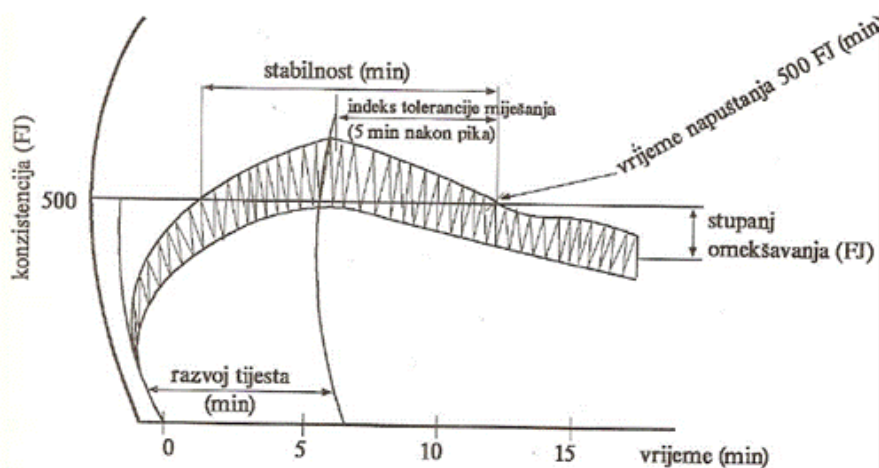
unos energije te izračunati otpor gnječenju. Iako se pretpostavlja da je otpor gnječenju povezan s viskoznošću tijesta, i ostala svojstva tijesta poput površinske ljepljivosti i prijanjanja za rubove miješalice i lopaticu također doprinose otpornosti gnječenju. Primjerice, sorte pšenice koje proizvode tijesta s ljepljivom površinom imaju visok kapacitet za upijanje vode, što tijesto čini mekšim i ljepljivijim. U laboratorijima za žitarice, viskoznost tijesta se često naziva konzistencijom i izražava se u relativnim jedinicama (FU) specifičnim za farinograf, u vrijednosti od 0 do 1000 FU. U praktičnom pekarstvu, određivanje viskoznosti u farinografu služi za utvrđivanje upijanja vode od strane brašna. To se odnosi na količinu vode koja se mora dodati kako bi se postigla viskoznost od 500 FU. Upijanje vode brašna ovisi o kapacitetu vezanja vode, a predstavlja količinu vode koju je potrebno dodati za pripremu tijesta. Međutim, tvari koje u pšenici bubre (proteini i pentozani) i mehanički oštećeni škrob također doprinose sposobnosti vezanja vode u brašnu. Tijesto s konzistencijom od 500 FU predstavlja empirijsku vrijednost koja se postiže kako bi se osigurala najbolja obradivost tijesta. Osim upijanja vode, farinograf opisuje i druga kvalitativna svojstva tijesta kao što su vrijeme razvoja tijesta (dostizanje vrijednosti od 500 FU), stabilnost (nepromijenjena struktura tijesta bez pada viskoznosti) i omekšavanje (pad viskoznosti) i omekšanje (pad viskoznosti pri kraju vremena miješanja), a svaka od njih sadrži u sebi važne informacije te zajedno daju mnogo korisnih podataka (Weipert, 2006, Đaković, 1980).



Slika 1 Farinograf

Širina farinografske krivulje prikazuje elastična svojstva tijesta. Ovo empirijski utemeljeno mišljenje treba uzeti s rezervom jer se širina krivulje na samom farinografu može podešavati te sama širina krivulje nije potpuno usporediva između različitih uređaja. Krivulja viskoznosti farinografa daje informacije o strukturi tijesta i njegovoj toleranciji na mjesenje/gnječenje te daje podatke o intenzitetu i vremenu miješanja koji je potreban u praksi.

Pšenično brašno koje pekari opisuju kao „slabo“ brzo dostiže 500 FU i pokazuje vrlo malu stabilnost prije nego dođe do značajnog pada viskoznosti. Kod „jakih“ brašna potrebno je više vremena za razvoj prije postizanja 500 FU, gdje ostaju stabilna neko vrijeme nakon čega pokazuje manji pad viskoznosti. Širina krivulje za ova dva brašna se razlikuje. Nakon očitavanja vremena razvoja tijesta i stabilnosti moguće je odrediti koliko je potrebno utrošiti mehaničkog rada i energije za zamijes tijesta. Takvo mjerenje daje potporu teoriji o specifičnom energetskom unosu brašna, što omogućuje proizvodnju kvalitetnog kruha od slabog brašna ako se uzmu u obzir zahtjevi za miješanjem (Weipert, 2006; Žeželj, 2005).



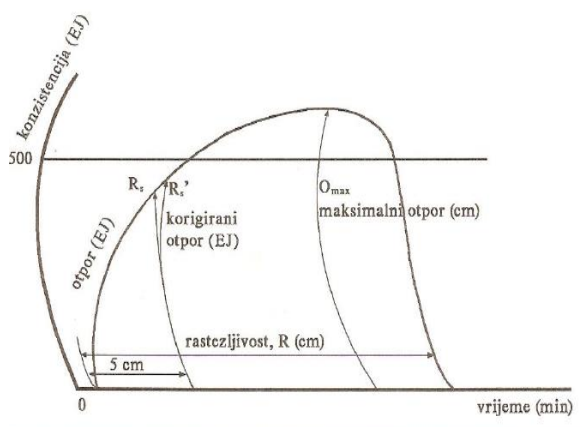
Slika 2 Farinogram (Izvor slike: Web 1)

Netopljiva frakcija glutenin stvara oblike slične nitima nazvane fibrili koje daju glutenu čvrstoću i elastičnost, a frakcija glijadina, koja je topiva u alkoholu, pojavljuje se kao ljepljiva masa i punilo između fibrila te doprinosi viskoznosti glutena. Viskoelastično ponašanje glutena i tijesta povezano je omjerom ovih dviju komponenti. Slabo u kojemu će funkcionalna svojstva frakcije glijadina brzo vezati vodu, ali u manjim količinama, brže će formirati tijesto, ali brži je i pad

viskoznosti. Jako brašno u kojemu prevladavaju funkcionalna svojstva frakcije glutenina omogućuje dulje vrijeme razvoja i stabilnosti. Kako bi se pojednostavila mjerenja predloženo je korištenje valorigrafa koji integrira farinografska svojstva u jedan broj. Čitanje vrijednosti s farinografa pomoću posebnog podloška može biti između 0 (za izrazito slaba brašna) i 100 (za izrazito jaka brašna). Ove vrijednosti se rijetko mogu postići u praksi, a metoda nije široko prihvaćena usprkos pozitivnim aspektima. S druge strane prijedlog čitanja kvalitetnog broja (QN) s farinografa kao vrijeme koje je potrebno da nakon stabilnosti viskoznost tijesta padne za 30 FU prihvaćen je i uvedena u nekoliko standardnih protokola kao jedna od karakteristika kvalitete. Ova vrijednost integrira vrijeme razvoja i stabilnost tijesta te ukazuje na omekšavanje tijesta (Weipert, 2006; Žeželj, 2005; Đaković, 1980).



Slika 3 Ekstenzograf



Slika 4 Ekstenzogram (Izvor slike: Web 1)

Tijekom fermentacije tijesto prolazi kroz proces inflacije u kojem se ugljikov dioksid širi u pore i povećava volumen tijesta. Kapacitet tijesta da zadrži plin smatra se svojstvom kvalitete te se

može prikazati u obliku ekstenzijskih krivulja. Načelo testova rastezanja je da se pripremljeno tijesto rasteže pri čemu se bilježi ekstenzijska krivulja s koje se direktno očitava viskoznost, a indirektno viskoelastičnost. Trenutno postoje dvije metode istezanja u upotrebi, koje se provode različitim postupcima i mjernim instrumentima, a to su francuski Chopinov alveograf i njemački Brabenderov ekstenzograf. Krivulje rastezanja ekstenzografa (ekstenzogrami) i alveografa (alveogrami) opisuju rad, odnosno energiju potrebnu za rastezanje, a taj parametar služi za procjenu kapaciteta zadržavanja plina. U daljnjoj interpretaciji visina krivulje se shvaća kao otpor prema rastezanju, a duljina krivulje na apscisi predstavlja rastezljivost tijesta. Promatrani odnosi otpora i rastezljivosti opisuju viskoelastična svojstva tijesta (Weipert, 2006; Žeželj, 2005; Đaković, 1980).

Dok je pažnja u hladnoj fazi proizvodnje kruha na bubrenju tvari u brašnu, posebno proteina, to u vrućoj fazi, tj. tijekom pečenja, naglasak je na škrobnoj komponenti. Škrob počinje intenzivno bubriti na povišenim temperaturama, veže vodu i želatinizira gubeći svoju kristalnu strukturu. Želatinizirani škrob izložen je enzimskoj razgradnji djelovanjem α -amilaze. U brzom procesu enzimске razgradnje, škrob gubi sposobnost vezanja i zadržavanja vode što čini kruh vrlo slabe kvalitete, odnosno neelastičnim, mekim i vlažnim. S druge strane, optimalna aktivnost enzima neophodna je za pečenje proizvoda te je bitno odrediti aktivnost α -amilaze u brašnu. Ako je aktivnost enzima previsoka dodaju se sredstva koja inhibiraju aktivnost ili se poduzimaju druge mjere, a ako je aktivnost preniska može se optimizirati dodatkom enzimskih preparata. Za procjenu želatinizacijskih svojstava škroba i amilolitičke aktivnosti u nekom brašnu koriste se uređaji poput Brabenderovog amilografa i uređaja za određivanje broja padanja po Hagberg-Pertenu. Amilograf je rotacijski viskozimetar sastavljen od cilindrične posude u kojoj se suspenzija brašna i vode zagrijava pod kontroliranim uvjetima te senzora koji bilježi promjene viskoznosti tijekom miješanja suspenzije. Podaci koji se mogu očitati uključuju temperaturu i viskoznost pri početnoj i maksimalnoj želatinizaciji. Određivanje broja padanja je jednostavna i brza metoda u kojoj se viskoznost suspenzije brašna i vode navodi kao broj sekundi za koji miješalica propadne kroz škrobni gel. Mjerenje viskoznosti započinje nakon 60 sekundi miješanja, kada su svojstva viskoznosti paste želatiniziranog škroba promijenjena djelovanjem α -amilaze prisutne u brašnu. Broj padanja je mjerenje rezidualne viskoznosti škrobnog gela u jednoj točki, nije kontinuirano mjerenje kao u amilografu (Weipert, 2006; Žeželj, 2005; Đaković, 1980).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati reološka svojstva tijesta na 66 uzoraka različitih sorti ozime pšenice te utvrditi povezanost površine farinografske krivulje s ostalim parametrima kvalitete pšeničnog brašna (farinografski i ekstenzografski pokazatelji, sadržaj proteina, vlažni gluten).

3.2. MATERIJALI

U istraživanju su korištene farinografske krivulje različitih sorti ozime pšenice uroda 2017., 2018. i 2019. godine zasijanih na dvije lokacije (osječko i zagrebačko područje). Za dobivanje uzoraka brašna ispitivanih pšenica korišten je laboratorijski mlin MLU-202 (Bühler, Njemačka) prema metodama AACC 26-10A, 26-21A i 26-31.

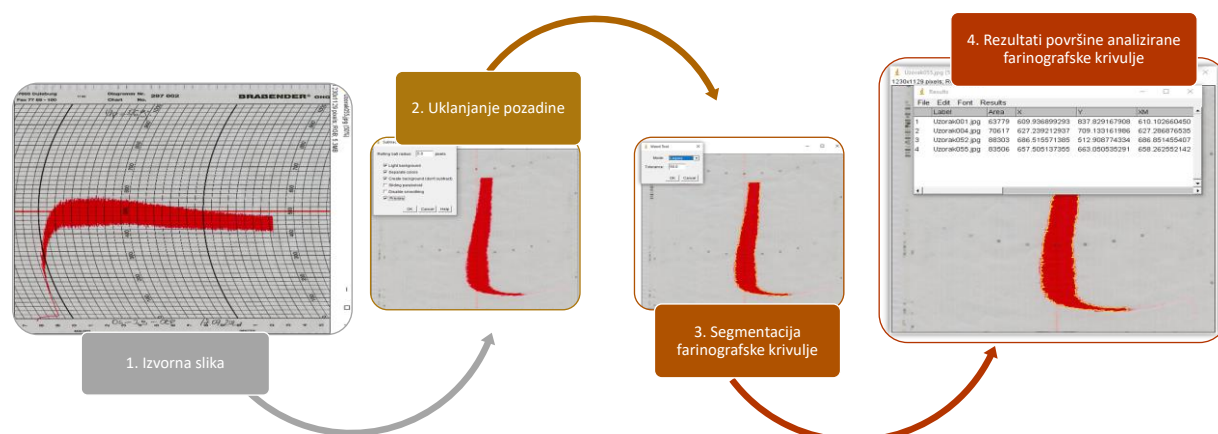
3.3. METODE

3.3.1. Ispitivanje kvalitete brašna standardnim metodama

Na pripremljenim uzorcima brašna određeni su udjeli proteina (HRN EN ISO 5983-2:2010) te vlažnog i suhog glutena (HRN EN ISO 21415-2:2015). Osim toga provedena su farinografska (HRN EN ISO 5530-1:2015) i ekstenzografska ispitivanja (HRN EN ISO 5530-2:2015.)

3.3.2. Određivanje površine farinografske krivulje računalnom analizom slike

Digitalizacija farinografskih krivulja uzoraka provedena je pomoću stolnog skenera u boji EPSON Perfection® V500 Photo (SEIKO EPSON, Japan) s programom EPSON Scan (Ver. 3.74EN). Farinografske krivulje su skenirane u rezoluciji od 150 dpi, 24-bitnoj dubini boje i 3,4 dinamičkom rasponu, u RGB modelu boja i pohranjene u TIFF formatu. Nakon digitalizacije slike su obrađene i analizirane pomoću programa ImageJ ver.1.59a (Wayne Rasband, National Institute of Health, Maryland, USA). Analiza slike provedena je u nekoliko koraka (**Slika 5**), a prvi je korak uključivao segmentaciju farinografske krivulje i uklanjanje pozadine sa slike. Zatim je na slici odabrana farinografska krivulja pomoću *Wand (tracing)* alata, a iz slike je dobiven podatak o površini farinografske krivulje (*Area*) koji je kasnije korišten za statističku obradu podataka.



Slika 5 Postupak računalne obrade i analize slike farinografske krivulje

3.3.3. Statistička obrada rezultata

Dobiveni rezultati prikazani su kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija. Utvrđivanje eventualne povezanosti između površine farinografske krivulje s ostalim parametrima kvalitete pšeničnog brašna provedeno je korištenjem Pearsonove korelacijske analize ($p < 0,05$) upotrebom programa XLSTAT (Addinsoft, New York, NY, USA).

4. REZULTATI

4.1. REZULTATI ISPITIVANJA BRAŠNA OZIME PŠENICE URODA 2017.

Tablica 1. Rezultati mjerenja površine farinografske krivulje računalnom analizom slike različitih sorti ozime pšenice uroda 2017.

UZORAK	Površina farinografske krivulje (cm²)
OZP 2017_01	15,3
OZP 2017_02	14,1
OZP 2017_03	11,3
OZP 2017_04	15,5
OZP 2017_05	13,2
OZP 2017_06	12,8
OZP 2017_07	15,5
OZP 2017_08	13,7
OZP 2017_09	13,6
OZP 2017_10	17,8
OZP 2017_11	13,5
OZP 2017_12	16,0
OZP 2017_13	11,3
OZP 2017_14	16,8
OZP 2017_15	17,1
OZP 2017_16	14,8
OZP 2017_17	13,7
OZP 2017_18	8,0
OZP 2017_19	13,5
OZP 2017_20	13,2
OZP 2017_21	12,4
OZP 2017_22	15,8
OZP 2017_23	13,6
OZP 2017_24	13,6
OZP 2017_25	14,4
OZP 2017_26	13,9
OZP 2017_27	14,2
Prosjek	14,0
SD	1,9
MIN	8,0
MAX	17,8

Tablica 2. Rezultati mjerenja udjela proteina, vlažnog i suhog glutena različitih sorti ozime pšenice uroda 2017. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Proteini (% na ST)	Vlažni gluten (% na 14% vlage)	Suhi gluten (%)
OZP 2017_01	13,9	25,3	9,0
OZP 2017_02	12,3	24,0	9,0
OZP 2017_03	13,8	27,2	10,4
OZP 2017_04	11,1	20,0	7,0
OZP 2017_05	13,0	27,4	10,8
OZP 2017_06	12,1	22,8	8,6
OZP 2017_07	12,6	24,2	8,4
OZP 2017_08	11,7	24,3	9,5
OZP 2017_09	11,7	20,9	7,4
OZP 2017_10	14,3	27,5	10,5
OZP 2017_11	13,0	23,5	8,8
OZP 2017_12	14,5	33,6	11,8
OZP 2017_13	13,8	26,2	9,1
OZP 2017_14	14,1	26,6	9,5
OZP 2017_15	12,2	24,0	7,9
OZP 2017_16	14,6	30,5	11,4
OZP 2017_17	11,7	22,3	7,9
OZP 2017_18	12,6	30,3	8,9
OZP 2017_19	11,4	19,3	6,9
OZP 2017_20	13,7	25,9	9,3
OZP 2017_21	11,9	21,7	8,1
OZP 2017_22	11,9	18,0	6,2
OZP 2017_23	12,4	20,2	7,2
OZP 2017_24	12,2	26,9	9,9
OZP 2017_25	13,2	26,1	9,4
OZP 2017_26	11,4	19,1	7,0
OZP 2017_27	13,4	25,1	9,2
Prosjek	12,8	24,6	8,9
SD	1,0	3,7	1,4
MIN	11,1	18,0	6,2
MAX	14,6	33,6	11,8
<i>r</i>	0,162	-0,082	0,025
<i>p</i>	0,419	0,685	0,903

Tablica 3. Rezultati farinografskih ispitivanja kvalitete brašna različitih sorti ozime pšenice uroda 2017. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Upijanje vode (%)	Razvoj tijesta (min)	Stabilnost (min)	Rezistencija (min)	Stupanj omekušanja (FJ)	Kvalitetni broj	Grupa kvalitete
OZP 2017_01	61,1	1,6	1,2	2,8	60	57,5	B1
OZP 2017_02	58,9	1,6	0,6	2,2	105	43,2	C1
OZP 2017_03	64,6	1,6	0,8	2,4	95	47,4	B2
OZP 2017_04	54,9	1,1	0,7	1,8	120	38,3	C1
OZP 2017_05	60,9	1,3	1,0	2,3	90	49,8	B2
OZP 2017_06	56,9	1,2	0,6	1,8	90	41,3	C1
OZP 2017_07	58,6	1,7	0,7	2,4	80	52,4	B2
OZP 2017_08	58,7	1,4	0,6	2,0	90	44,4	C1
OZP 2017_09	56,5	1,2	0,6	1,8	115	41,2	C1
OZP 2017_10	62,9	1,8	1,2	3,0	75	57,3	B1
OZP 2017_11	62,8	1,9	0,6	2,5	95	46,8	B2
OZP 2017_12	63,8	1,9	1,3	3,2	75	56,4	B1
OZP 2017_13	63,0	1,7	0,7	2,4	130	45,6	B2
OZP 2017_14	62,6	1,8	0,6	2,4	50	65,2	B1
OZP 2017_15	59,9	1,3	1,0	2,3	95	44,0	C1
OZP 2017_16	65,5	1,5	1,3	2,8	70	56,8	B1
OZP 2017_17	62,5	1,5	0,6	2,1	110	44,6	C1
OZP 2017_18	65,0	1,8	0,7	2,5	145	43,4	C1
OZP 2017_19	58,4	1,2	0,5	1,7	115	31,7	C1
OZP 2017_20	64,7	1,2	0,4	1,6	120	33,5	C1
OZP 2017_21	61,3	1,4	0,5	1,9	115	40,5	C1
OZP 2017_22	53,2	1,1	0,3	1,4	140	33,8	C1
OZP 2017_23	59,3	1,6	0,8	2,4	115	39,8	C1
OZP 2017_24	61,2	1,8	0,8	2,6	105	44,4	C1
OZP 2017_25	63,7	0,4	0,5	0,9	95	50,8	B2
OZP 2017_26	56,3	1,2	0,5	1,7	115	31,7	C1
OZP 2017_27	65,8	1,5	1,2	2,7	85	46,0	B2
Prosjek	60,9	1,5	0,8	2,2	99,8	45,5	
SD	3,3	0,3	0,3	0,5	22,7	8,3	
MIN	53,2	0,4	0,3	0,9	50,0	31,7	
MAX	65,8	1,9	1,3	3,2	145,0	65,2	
r	-0,235	-0,054	0,305	0,133	-0,574*	0,369	
p	0,238	0,791	0,122	0,510	0,002	0,058	

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije r su statistički značajne ($p < 0,05$)

Tablica 4. Rezultati ekstenzografskih ispitivanja kvalitete brašna različitih sorti ozime pšenice uroda 2017. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Energija (cm ²)	Rastezljivost (mm)	Otpor (EJ)	Maksimalni otpor (EJ)	Omjer (EJ/mm)
OZP 2017_01	103	125	500	635	4,0
OZP 2017_02	89	104	590	665	5,7
OZP 2017_03	104	115	595	685	5,2
OZP 2017_04	74	95	560	615	5,9
OZP 2017_05	100	138	430	545	3,2
OZP 2017_06	92	106	605	670	5,7
OZP 2017_07	80	99	520	635	5,3
OZP 2017_08	67	93	540	555	5,8
OZP 2017_09	80	104	495	625	4,8
OZP 2017_10	125	143	475	655	3,3
OZP 2017_11	101	110	575	700	5,2
OZP 2017_12	109	152	350	555	2,3
OZP 2017_13	31	105	215	265	2,1
OZP 2017_14	107	94	615	920	6,5
OZP 2017_15	98	114	515	665	4,5
OZP 2017_16	130	143	510	675	3,6
OZP 2017_17	65	96	520	540	5,4
OZP 2017_18	17	98	140	140	1,4
OZP 2017_19	93	119	460	565	3,9
OZP 2017_20	97	129	405	540	3,1
OZP 2017_21	109	97	800	890	8,3
OZP 2017_22	76	95	575	650	6,1
OZP 2017_23	88	93	695	755	7,5
OZP 2017_24	102	111	600	715	5,4
OZP 2017_25	87	121	445	560	3,7
OZP 2017_26	109	106	615	755	5,8
OZP 2017_27	110	127	475	615	3,7
Prosjek	90,5	112,3	511,9	621,9	4,7
SD	24,4	16,9	130,5	151,7	1,6
MIN	17,0	93,0	140,0	140,0	1,4
MAX	130,0	152,0	800,0	920,0	8,3
r	0,582*	0,265	0,326	0,539*	0,197
p	0,001	0,182	0,097	0,004	0,325

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije r su statistički značajne ($p < 0,05$)

4.2. REZULTATI ISPITIVANJA BRAŠNA OZIME PŠENICE URODA 2018.

Tablica 5. Rezultati mjerenja površine farinografske krivulje računalnom analizom slike različitih sorti ozime pšenice uroda 2018. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Površina farinografske krivulje (cm²)
OZP 2018_01	12,7
OZP 2018_02	11,2
OZP 2018_03	13,0
OZP 2018_04	12,9
OZP 2018_05	9,9
OZP 2018_06	15,1
OZP 2018_07	17,7
OZP 2018_08	15,6
OZP 2018_09	13,3
OZP 2018_10	10,7
OZP 2018_11	17,3
OZP 2018_12	15,3
OZP 2018_13	14,7
OZP 2018_14	10,5
OZP 2018_15	15,2
OZP 2018_16	17,4
OZP 2018_17	14,4
OZP 2018_18	13,6
OZP 2018_19	15,1
OZP 2018_20	14,9
Prosjek	14,0
SD	2,2
MIN	9,9
MAX	17,7

Tablica 6. Rezultati mjerenja udjela proteina, vlažnog i suhog glutena različitih sorti ozime pšenice uroda 2018. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Proteini (% na ST)	Vlažni gluten (% na 14% vlage)	Suhi gluten (%)
OZP 2018_01	10,5	23,0	8,2
OZP 2018_02	8,8	18,3	6,5
OZP 2018_03	11,2	25,2	9,2
OZP 2018_04	8,8	15,9	5,7
OZP 2018_05	8,5	14,6	5,0
OZP 2018_06	10,7	28,5	9,5
OZP 2018_07	11,0	27,3	9,6
OZP 2018_08	8,6	16,1	5,5
OZP 2018_09	10,2	25,0	9,1
OZP 2018_10	8,8	18,3	6,5
OZP 2018_11	12,7	36,2	13,5
OZP 2018_12	10,7	24,5	8,8
OZP 2018_13	9,0	16,9	6,0
OZP 2018_14	9,2	22,1	7,9
OZP 2018_15	9,8	23,6	8,6
OZP 2018_16	10,3	27,4	10,5
OZP 2018_17	10,3	23,0	8,4
OZP 2018_18	10,3	23,8	8,7
OZP 2018_19	9,0	16,3	5,8
OZP 2018_20	8,7	19,1	6,6
Prosjek	9,9	22,3	8,0
SD	1,1	5,3	2,0
MIN	8,5	14,6	5,0
MAX	12,7	36,2	13,5
<i>r</i>	0,529*	0,547*	0,545*
<i>p</i>	0,017	0,013	0,013

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije *r* su statistički značajne ($p < 0,05$)

Tablica 7. Rezultati farinografskih ispitivanja kvalitete brašna različitih sorti ozime pšenice uroda 2018. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Upijanje vode (%)	Razvoj tijesta (min)	Stabilnost (min)	Rezistencija (min)	Stupanj omekšanja (FJ)	Kvalitetni broj	Grupa kvalitete
OZP 2018_01	60,0	1,8	0,6	2,4	70	53,3	B2
OZP 2018_02	59,0	1,2	0,4	1,6	135	38,5	C1
OZP 2018_03	64,1	1,7	0,4	2,1	110	37,5	C1
OZP 2018_04	55,2	1,5	0,2	1,7	130	35,0	C1
OZP 2018_05	60,0	1,7	0,2	1,9	135	33,4	C1
OZP 2018_06	57,9	1,6	0,4	2,0	110	43,3	C1
OZP 2018_07	59,1	1,8	0,5	2,3	95	46,0	B2
OZP 2018_08	55,1	1,5	0,5	2,0	125	36,3	C1
OZP 2018_09	63,9	1,9	0,4	2,3	95	47,8	B2
OZP 2018_10	57,2	1,7	0,1	1,8	135	32,8	C1
OZP 2018_11	65,0	1,9	0,8	2,7	50	64,8	B1
OZP 2018_12	59,2	1,6	0,5	2,1	125	35,5	C1
OZP 2018_13	56,8	1,7	0,3	2,0	130	38,3	C1
OZP 2018_14	62,7	1,5	0,2	1,7	150	26,3	C2
OZP 2018_15	61,9	1,8	0,3	2,1	100	44,1	C1
OZP 2018_16	58,4	1,7	0,7	2,4	85	48,8	B2
OZP 2018_17	60,7	1,6	0,4	2,0	95	47,1	B2
OZP 2018_18	60,5	1,7	0,3	2,0	115	43,6	C1
OZP 2018_19	57,2	1,2	0,4	1,6	135	31,1	C1
OZP 2018_20	56,2	1,4	0,5	1,9	130	38,7	C1
Prosjek	59,5	1,6	0,4	2,0	112,8	41,1	
SD	2,8	0,2	0,2	0,3	24,7	8,7	
MIN	55,1	1,2	0,1	1,6	50,0	26,3	
MAX	65,0	1,9	0,8	2,7	150,0	64,8	
<i>r</i>	-0,067	0,216	0,725*	0,586*	-0,561*	0,551*	
<i>p</i>	0,779	0,361	< 0,001	0,007	0,010	0,012	

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije r su statistički značajne ($p < 0,05$)

Tablica 8. Rezultati ekstenzografskih ispitivanja kvalitete brašna različitih sorti ozime pšenice uroda 2018. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Energija (cm²)	Rastezljivost (mm)	Otpor (EJ)	Maksimalni otpor (EJ)	Omjer (EJ/mm)
OZP 2018_01	103	174	300	455	1,72
OZP 2018_02	69	160	240	295	1,50
OZP 2018_03	91	202	250	350	1,24
OZP 2018_04	64	168	220	280	1,31
OZP 2018_05	75	149	285	390	1,91
OZP 2018_06	83	186	215	315	1,16
OZP 2018_07	112	168	345	515	2,05
OZP 2018_08	94	145	370	480	2,55
OZP 2018_09	66	172	220	285	1,28
OZP 2018_10	58	157	220	265	1,40
OZP 2018_11	128	248	250	415	1,01
OZP 2018_12	78	158	260	350	1,65
OZP 2018_13	91	143	355	470	2,48
OZP 2018_14	85	163	280	400	1,72
OZP 2018_15	98	181	280	400	1,55
OZP 2018_16	79	202	210	280	1,04
OZP 2018_17	100	182	270	420	1,48
OZP 2018_18	95	186	255	390	1,37
OZP 2018_19	50	158	205	240	1,30
OZP 2018_20	48	154	200	220	1,30
Prosjek	83,4	172,8	261,5	360,8	1,55
SD	20,1	23,9	49,0	83,4	0,42
MIN	48,0	143,00	200,0	220,0	1,01
MAX	128,0	248,00	370,0	515,0	2,55
<i>r</i>	0,406	0,409	0,125	0,206	-0,057
<i>p</i>	0,076	0,073	0,599	0,384	0,811

4.3. REZULTATI ISPITIVANJA BRAŠNA OZIME PŠENICE URODA 2019.

Tablica 9. Rezultati mjerenja površine farinografske krivulje računalnom analizom slike različitih sorti ozime pšenice uroda 2019.

Uzorak	Površina farinografske krivulje (cm²)
OZP 2019_01	18,9
OZP 2019_02	20,9
OZP 2019_03	17,2
OZP 2019_04	14,7
OZP 2019_05	22,0
OZP 2019_06	15,8
OZP 2019_07	15,1
OZP 2019_08	16,9
OZP 2019_09	18,9
OZP 2019_10	18,6
OZP 2019_11	18,6
OZP 2019_12	25,3
OZP 2019_13	21,7
OZP 2019_14	20,8
OZP 2019_15	17,6
OZP 2019_16	23,6
OZP 2019_17	18,8
OZP 2019_18	26,1
OZP 2019_19	24,3
Prosjek	19,8
SD	3,3
MIN	14,7
MAX	26,1

Tablica 10. Rezultati mjerenja udjela proteina, vlažnog i suhog glutena različitih sorti ozime pšenice uroda 2019. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Proteini (% na ST)	Vlažni gluten (% na 14% vlage)	Suhi gluten (%)
OZP 2019_01	13,5	30,0	10,3
OZP 2019_02	12,2	27,8	9,8
OZP 2019_03	13,1	28,0	9,9
OZP 2019_04	12,6	27,4	9,3
OZP 2019_05	13,6	31,7	11,2
OZP 2019_06	12,0	24,1	8,6
OZP 2019_07	11,2	24,4	8,1
OZP 2019_08	13,0	25,1	9,2
OZP 2019_09	10,9	22,8	8,2
OZP 2019_10	13,2	27,3	9,9
OZP 2019_11	11,4	27,4	9,4
OZP 2019_12	11,8	25,6	9,3
OZP 2019_13	12,5	26,6	9,4
OZP 2019_14	12,2	25,6	8,9
OZP 2019_15	14,0	31,4	11,1
OZP 2019_16	12,7	32,3	11,0
OZP 2019_17	12,2	26,2	9,8
OZP 2019_18	12,0	27,7	8,7
OZP 2019_19	12,2	27,6	10,0
Prosjeak	12,4	27,3	9,6
SD	0,8	2,5	0,9
MIN	10,9	22,8	8,1
MAX	14,0	32,3	11,2
<i>r</i>	-0,062	0,286	0,225
<i>p</i>	0,800	0,235	0,354

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije *r* su statistički značajne ($p < 0,05$)

Tablica 11. Rezultati farinografskih ispitivanja kvalitete brašna različitih sorti ozime pšenice uroda 2019. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Upijanje vode (%)	Razvoj tijesta (min)	Stabilnost (min)	Rezistencija (min)	Stupanj omekušanja (FJ)	Kvalitetni broj	Grupa kvalitete
OZP 2019_01	61,0	9,2	2,7	11,9	10	88,8	A1
OZP 2019_02	60,6	1,8	0,6	2,4	55	60,2	B1
OZP 2019_03	64,2	2,3	0,4	2,7	60	60,4	B1
OZP 2019_04	60,5	2,5	0,5	3,0	20	77,4	A2
OZP 2019_05	62,4	2,5	0,7	3,2	30	71,3	A2
OZP 2019_06	60,8	1,8	0,5	2,3	80	53,9	B2
OZP 2019_07	62,1	1,9	0,5	2,4	35	71,0	A2
OZP 2019_08	59,5	1,7	0,5	2,2	75	52,4	B2
OZP 2019_09	56,4	1,7	0,6	2,3	55	61,7	B1
OZP 2019_10	62,9	1,7	0,8	2,5	35	68,8	B1
OZP 2019_11	58,3	2,3	0,6	2,9	60	62,6	B1
OZP 2019_12	57,5	1,8	0,7	2,5	30	70,5	A2
OZP 2019_13	58,7	2,0	0,4	2,4	65	58,5	B1
OZP 2019_14	58,7	2,1	0,6	2,7	40	67,8	B1
OZP 2019_15	62,7	2,3	1,0	3,3	75	59,8	B1
OZP 2019_16	61,1	1,9	0,7	2,6	45	66,4	B1
OZP 2019_17	63,3	2,0	0,3	2,3	75	52,4	B2
OZP 2019_18	57,1	1,6	0,8	2,4	75	52,4	B2
OZP 2019_19	56,9	3,8	2,4	6,2	55	70,7	A2
Prosjek	60,2	2,5	0,8	3,3	51,3	64,6	
SD	2,3	1,7	0,6	2,2	20,2	9,2	
MIN	56,4	1,6	0,3	2,2	10,0	52,4	
MAX	64,2	9,2	2,7	11,9	80,0	88,8	
<i>r</i>	-0,509*	-0,030	0,247	0,047	-0,006	-0,024	
<i>p</i>	0,026	0,903	0,307	0,848	0,980	0,922	

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije r su statistički značajne ($p < 0,05$)

Tablica 12. Rezultati ekstenzografskih ispitivanja kvalitete brašna različitih sorti ozime pšenice uroda 2019. i korelacija s površinom farinografske krivulje

Uzorak	Energija (cm ²)	Rastezljivost (mm)	Otpor (EJ)	Maksimalni otpor (EJ)	Omjer (EJ/mm)
OZP 2019_01	101	178	255	420	1,43
OZP 2019_02	95	167	270	420	1,62
OZP 2019_03	94	184	225	360	1,22
OZP 2019_04	73	162	230	330	1,42
OZP 2019_05	140	222	270	450	1,22
OZP 2019_06	97	183	250	385	1,37
OZP 2019_07	61	177	170	260	0,96
OZP 2019_08	104	175	280	440	1,60
OZP 2019_09	101	178	260	415	1,46
OZP 2019_10	84	189	210	315	1,11
OZP 2019_11	91	180	250	370	1,39
OZP 2019_12	125	235	215	395	0,91
OZP 2019_13	127	195	275	470	1,41
OZP 2019_14	110	193	255	410	1,32
OZP 2019_15	88	188	230	335	1,22
OZP 2019_16	115	200	260	420	1,30
OZP 2019_17	96	174	265	395	1,52
OZP 2019_18	129	198	275	455	1,39
OZP 2019_19	109	197	240	405	1,22
Prosjek	102,1	188,2	246,6	392,1	1,3
SD	19,1	17,3	27,1	51,9	0,2
MIN	61,0	162,0	170,0	260,0	0,9
MAX	140,0	235,0	280,0	470,0	1,6
r	0,800*	0,714*	0,349	0,617*	-0,147
p	< 0,001	0,001	0,143	0,005	0,548

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije r su statistički značajne ($p < 0,05$)

Tablica 13. Korelacija između površine farinografske krivulje i ostalih parametara kvalitete brašna svih ispitivanih sorti ozime pšenice (uroda 2017., 2018. i 2019.)

	Parametar kvalitete	<i>r</i>	<i>p</i>
	Proteini (% na ST)	0,265*	0,031
	Vlažni gluten (% na 14% vlage)	0,428*	< 0,001
	Suhi gluten (%)	0,387*	0,001
FARINOGRAM	Upijanje vode (%)	-0,180	0,149
	Razvoj tijesta (min)	0,295*	0,016
	Stabilnost (min)	0,348*	0,004
	Rezistencija (min)	0,333*	0,006
	Stupanj omekšanja (FJ)	-0,688*	< 0,001
	Kvalitetni broj	0,646*	< 0,001
EKSTENZOGRAM	Energija (cm ²)	0,590*	< 0,001
	Rastezljivost (mm)	0,575*	< 0,001
	Otpor (EJ)	-0,251*	0,042
	Maksimalni otpor (EJ)	-0,055	0,658
	Omjer (EJ/mm)	-0,319*	0,009

* istaknute vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije *r* su statistički značajne (*p* < 0,05)

5. RASPRAVA

REZULTATI ISPITIVANJA KVALITETE RAZLIČITIH SORTI OZIME PŠENICE URODA 2017.

Rezultati određivanja površine farinografskih krivulja pomoću računalne analize slike prikazani su u **Tablici 1**. Prosječna vrijednost površine bila je 14,0 cm², a raspon je bio od 8,0 cm² za uzorak OZP 2017_18 do 17,8 cm² za uzorak OZP 2017_10. Udio proteina bio je najmanji u uzorku OZP 2017_04 (11,8 %), a najveći u uzorku OZP 2017_16 (14,6 %) dok je prosječna vrijednost udjela proteina u uzorcima uroda 2017. godine iznosio 12,8 %. Uzorak OZP 2017_12 imao je najveći sadržaj vlažnog (33,6 %) i suhog glutena (11,8 %), a uzorak OZP 2017_22 najmanji (18,0 % i 6,2 %). Prosječna vrijednost vlažnog glutena iznosila je 24,6 %, a suhog 8,9 %. Nisu utvrđene statistički značajne korelacije udjela proteina i glutena s površinom farinografskih krivulja uzoraka uroda 2017. (**Tablica 2**).

Prema farinografskim pokazateljima kvalitete 5 uzoraka (18,5 %) je svrstano u B1, 7 uzoraka (25,9 %) u B2, a 15 (55,6 %) u C1 kvalitetnu skupinu. Niti jedan uzorak se nije mogao klasificirati u A1 i A2 kvalitetne skupine. Srednja vrijednost za sposobnost upijanja vode za sorte uroda 2017. iznosila je 60,9 %, za razvoj tijesta 1,5 min, stabilnost 0,8 min i rezistenciju 2,2 min. Prosječni stupanj omekšanja bio je 99,8 FJ, a kvalitetni broj 45,5 što bi odgovaralo kvalitetnoj skupini B2. Utvrđena je statistički značajna negativna korelacija ($p < 0,05$) između površine farinografskih krivulja i stupnja omekšanja tijesta ($r = -0,574$). To se može objasniti činjenicom da slaba brašna daju tijesta s većim stupnjem omekšanja, a u isto vrijeme širina farinografske krivulje, a samim tim i njena površina, su manje (**Tablica 3**).

Prosječne vrijednosti ekstenzografskih pokazatelja kvalitete iznosile su 90,5 cm² za energiju, 112,3 mm za rastezljivost, 511,9 EJ za otpor te 4,7 EJ/mm za omjer otpora i rastezljivosti (**Tablica 4**). Površina farinografskih krivulja statistički značajno je korelirala ($p < 0,05$) s energijom ($r = 0,582$) i otporom ($r = 0,539$).

REZULTATI ISPITIVANJA KVALITETE RAZLIČITIH SORTI OZIME PŠENICE URODA 2018.

U **Tablici 5** prikazani su rezultati određivanja površine farinografskih krivulja uzoraka brašna ozime pšenice uroda 2018. godine. Prosječna vrijednost površine je kao i kod uzoraka pšenice uroda 2017. iznosila 14,0 cm², a raspon je bio od 9,9 cm² za uzorak OZP 2018_05 do 17,7 cm² za uzorak OZP 2018_07. Uzorak OZP 2018_05 je uz najmanju površinu farinografske krivulje imao i najmanje udjele proteina (8,5 %) te vlažnog (14,6 %) i suhog glutena (5,0 %) dok je uzorak OZP

2018_11 imao najveće udjele proteina (12,7 %) te vlažnog (36,2 %) i suhog glutena (13,5 %). Prosječna vrijednost udjela proteina iznosila je 9,9 %. Uzorak OZP 2017_12 imao je najveći sadržaj vlažnog (33,6 %) i suhog glutena (11,8 %), a uzorak OZP 2017_22 najmanji (18,0 % i 6,2 %). Prosječna vrijednost vlažnog glutena iznosila je 24,6 %, a suhog 8,9 %. Utvrđene su statistički značajne korelacije između površine farinografskih krivulja i udjela proteina ($r = 0,529$) te vlažnog ($r = 0,547$) i suhog glutena ($r = 0,545$) (**Tablica 6**).

Prema farinografskim pokazateljima uzorci brašna pšenice uroda iz 2018. bile su nešto lošije kvalitete od uzoraka iz 2017. godine što je vidljivo iz manjeg kvalitetnog broja (41,1 u 2018. u odnosu na 45,5 u 2018. godini). Samo 1 uzorak (5,0 %) svrstan je u B1, 5 uzoraka (25,0 %) u B2, 13 uzoraka (65,0 %) u C1 te 1 uzorak u C2 kvalitetnu skupinu (5,0 %). Kao i 2017., niti jedan uzorak se nije svrstan u A1 i A2 kvalitetne skupine. Srednja vrijednost za sposobnost upijanja vode iznosila je 59,5 %, za razvoj tijesta 1,6 min, stabilnost 0,4 min i rezistenciju 2,0 min, a prosječni stupanj omekšanja bio je 112,8 FJ. Utvrđena je statistički značajna korelacija ($p < 0,05$) između površine farinografskih krivulja i stabilnosti ($r = 0,725$), rezistencije ($r = 0,586$) i stupnja omekšanja tijesta ($r = -0,561$) te kvalitetnog broja ($r = 0,551$) (**Tablica 7**).

Prosječne vrijednosti ekstenzografskih pokazatelja kvalitete iznosile su 83,4 cm² za energiju, 172,8 mm za rastezljivost, 261,5 EJ za otpor te 1,6 EJ/mm za omjer otpora i rastezljivosti (**Tablica 8**). Nisu utvrđene statistički značajne korelacije ekstenzografskih pokazatelja kvalitete s površinom farinografskih krivulja uzoraka uroda 2018.

REZULTATI ISPITIVANJA KVALITETE RAZLIČITIH SORTI OZIME PŠENICE URODA 2019.

Prosječna vrijednost površine farinografskih krivulja uzoraka pšenice uroda 2019. je bila veća nego kod uzoraka u prethodne dvije godine i iznosila je 19,8 cm². Analogno tomu primijećeno je i povećanje prosječne vrijednosti udjela proteina (12,4 %), vlažnog (27,3 %) i suhog glutena (9,6 %), iako nisu utvrđene statistički značajne korelacije udjela proteina i glutena s površinom farinografskih krivulja uzoraka uroda 2017. (**Tablica 10**).

Povećani sadržaj proteina u ovim uzorcima očitovao se i u boljim farinografskim pokazateljima kvalitete pa je 1 uzorak (5,3 %) svrstan u A1 kvalitetnu skupinu, 5 uzoraka u A2 (26,3 %), 9 u B1 skupinu (47,4 %) te 4 uzorka u B2 skupinu (21,1 %). Srednja vrijednost za sposobnost upijanja vode za sorte uroda 2019. iznosila je 60,2 %, za razvoj tijesta 2,5 min, stabilnost 0,8 min i

rezistenciju 3,3 min. Prosječni stupanj omekšanja bio je 51,3 FJ, a kvalitetni broj 64,6 što bi odgovaralo kvalitetnoj skupini B1. Utvrđena je statistički značajna negativna korelacija ($p < 0,05$) između površine farinografskih krivulja i sposobnosti upijanja vode ($r = -0,509$) (**Tablica 11**).

Prosječne vrijednosti ekstenzografskih pokazatelja kvalitete također su pokazale da su uzorci brašna pšenice uroda 2019. godine bili najbolje kvalitete, a iznosile su 102,1 cm² za energiju, 188,2 mm za rastezljivost, 246,6 EJ za otpor te 1,3 EJ/mm za omjer otpora i rastezljivosti (**Tablica 12**). Površina farinografskih krivulja statistički je značajno korelirala ($p < 0,05$) s energijom ($r = 0,800$), rastezljivošću ($r = 0,714$) i maksimalnim otporom ($r = 0,617$).

KORELACIJSKA ANALIZA POVEZANOSTI POVRŠINE FARINOGRAFSKE KRIVULJE I PARAMETARA KVALITETE PŠENIČNOG BRAŠNA ISPITIVANIH SORTI OZIME PŠENICE (URODA 2017., 2018. I 2019.)

U **Tablici 13** prikazani su rezultati korelacijske analize za koju su korišteni objedinjeni rezultati ispitivanja svih 66 uzoraka pšeničnog brašna dobivenih kroz tri godine praćenja kvalitete. Rezultati su pokazali da postoji statistički značajna korelacija između površine farinografskih krivulja određenih pomoću računalne analize slike i većine pokazatelja kvalitete. Površine krivulja najznačajnije su korelirale s udjelom vlažnog glutena ($r = 0,428$), farinografskim kvalitetnim brojem ($r = 0,646$) i stupnjem omekšanja ($r = -0,688$) te s energijom ($r = 0,590$) i rastezljivošću tijesta ($r = 0,575$) određenima pomoću ekstenzografa. Na temelju korelacijske analize može se zaključiti da se mjerenjem površine farinografske krivulje može uspješno odrediti kvaliteta brašna, odnosno predvidjeti njena pecivna svojstva. Da bi rezultati određivanja površine farinografskih krivulja bili usporedivi u međulaboratorijskom ispitivanju potrebno je dodatan naglasak staviti na kalibraciju širine farinografske krivulje jer se u praksi često događa da su uređaji različito podešeni u različitim laboratorijima. Prema standardnim metodama (ISO, AACC, ICC) regulacija širine krivulje provodi se na način da se krak poluge dinamometra podigne do linije od 1000 FJ te se mjeri vrijeme koje je potrebno da se spusti do linije od 100 FJ. Kod pravilno kalibriranog uređaja to vrijeme će iznositi $1,0 \pm 0,2$ s, a širina krivulje u maksimumu 70-80 FJ. Podešavanje se vrši zakretanjem vijka za prigušivanje. Stoga je preduvjet za korištenje površine farinografske krivulje za procjenu kvalitete pšeničnog brašna u međulaboratorijskim ispitivanjima pravilno kalibriran uređaj.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata određivanja površine farinografskih krivulja dobivenih pomoću računalne analize slike i njihove usporedbe s ostalim pokazateljima kvalitete pšeničnog brašna utvrđeno je da postoji statistički značajna korelacija između površine krivulje i udjela vlažnog glutena, farinografskog kvalitetnog broja i stupnja omekšanja te energije i rastezljivosti tijesta određenima ekstenzografom. S obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da se mjerenjem površine farinografske krivulje mogu uspješno odrediti kvaliteta i pecivna svojstva brašna.

6. LITERATURA

AACC: *Approved Methods of Analysis*. 11. izd. AACC International, ST. Paul, 2010.

Dapčević Hadnađev T, Pojić M, Hadnađev M, Torbica A: The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control. U *Wide Spectra of Quality Control*. IntechOpen, Isin Akyar, 2011.

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

Halverson J, Zeleny L: Criteria of wheat quality. U *Wheat: Chemistry and technology I*. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, 1988.

Hoseney RC: *Principles of Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, 1994.

ISO: *Standard Methods*. International Organization for Standardization (ISO), Geneve, 2015.

Kent-Jones DW, Singh RP: *Cereal processing*. Encyclopedia Britannica, 2010.
<https://www.britannica.com/technology/cereal-processing#ref501133> (3.9.2021.)

Khan K, Shewry PR: *Wheat- Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, 2009.

Lovrić T: *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*. Sveučilište u Zagrebu, HINUS Zagreb, 1991.

Menjivar J.: Fundamental Aspects of Dough Rheology. U *Dough rheology and Baked Product Texture*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.

Oliver JR, Allen HM: The Prediction of Bread Baking Performance Using the Farinograph and Extenzograph. *Journal of Cereal Science* 15:79- 89, 1992.

Pomeranz Y: Chemical composition of kernel structure. U *Wheat: Chemistry and technology I*, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, 1988.

Rapčan I: *Priručnik za module „Bilinogojstvo“ i „Bilinogojstvo-praksa“*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2014.

Šramková Z, Gregová E, Štrudík E: Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2:115 - 138, 2009.

Web 1: http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Prehrambeno_inzenjerstvo/Nastavni%20materijali [5. 9.2021.]

Weipert D: Fundamentals of Rheology and Spectrometry. U *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*, Verlag Agrimedia, Clenze, 2006.

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