



Dipl. inž. Dragan Živančev

ANALIZA UTICAJA GENETSKIH,  
MIKROKLIMATSKIH I EKOLOŠKIH  
FAKTORA NA SASTAV GLUTENA I  
TEHNOLOŠKI KVALITET SORTI PŠENICE

---

- DOKTORSKA DISERTACIJA -

Novi Sad, 2014

**Univerzitet u Novom Sadu**

**Tehnološki fakultet**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Dragan Živančev, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Dr Eva Lončar, redovni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad Dr Jasna Mastilović, naučni savetnik, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad
Naslov rada: NR	Analiza uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na sastav glutena i tehnološki kvalitet sorti pšenice
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srp. / engl.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina
Godina: GO	2014.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1

Fizički opis rada: FO	6 poglavlja, skraćenice i literatura, 131 stranica, 21 slika, 99 tabela, 275 referenci, prilog
Naučna oblast: NO	Tehnološko inženjerstvo
Naučna disciplina: ND	Kvalitet i bezbednost hrane biljnog porekla
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Gluten, tehnološki kvalitet, sorte pšenice, genetski faktori, klimatski faktori, ekološki faktori
UDK	633.11:664.236(043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, Bulevar cara Lazara 1, 21 000 Novi Sad, Srbija
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	<p>U okviru disertacije analiziran je uticaj genetskih, ekoloških i mikroklimatskih faktora tokom tri proizvodne godine na sastav glutena i tehnološki kvalitet 16 sorti pšenica koje su godinama zastupljene u sortimentu Srbije, a koje su bile proizvedene na istom lokalitetu. Da bi se ispitao tehnološki kvalitet i sastav glutena, upotrebljene su, kako tradicionalne, tako i savremene metode; urađena je elektroforetska analiza gluteninskih i glijadinskih podjedinica, sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa, probno pečenje i objektivno je ocenjen kvalitet dobijenog hleba u cilju formiranja baze podataka za statističku analizu. Zbog obimnosti rezultata i činjenice da su pokazatelji određeni u različitom broju ponavljanja uslovljenim potrebnom količinom uzorka, uobičajenim brojem ponavljanja, reproduktivnošću metoda, urađena je PCA analiza na osnovu koje je izvršen odabir najvažnijih pokazatelja. Dodatno, primenjena je Analiza značajnosti u odnosu na: klimatske faktore koji su uslovljeni proizvodnom godinom, genetske faktore koji su uslovljeni genetskom sličnošću ispitivanog sortimenta pšenice, kao i ekološkim faktorima koji se ogledaju preko različitog nivoa neodvojivih primesa koji su definisani frekvencionom analizom. Ciljevi istraživanja omogućili su da se:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–utvrdi kako i na koji način mikroklimatski uslovi koji su vladali u tri proizvodne godine, a pogotovo kišno i nestabilno vreme u periodu od cvetanja pšenice pa sve do pune zrelosti, utiču na sastav glutena i tehnološki kvalitet ispitivanih sorti pšenice,</li><li>–utvrdi kako i na koji način ekološki faktori, definisani prisutvom tri različita nivoa prokljalih, steničavih, fuzarioznih i tamnokličnih zrna, utiču na sastav glutena i tehnološki kvalitet ispitivanih sorti pšenice</li><li>–utvrdi kako genetski faktori, definisani preko razlika u HMW–GS koje ispitivane sorte sadrže, odnosno ne sadrže na Glu A1, Glu D1 lokusu i identičnom HMW–GS sastavu, utiču na sastav glutena i tehnološki kvalitet ispitivanih sorti pšenice.</li></ul> <p>Dobijeni rezultati predstavljaju jednu kompleksnu analizu koja je obuhvatila veliku bazu ispitivanih pokazatelja i bliže odredila kako pojedinačni genetski, mikroklimatski i ekološki faktori utiču na sastav glutena i tehnološki kvalitet pšenice.</p>

Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	25. 06. 2012.
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	predsednik: dr Radomir Malbaša, vanredni profesor, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu mentor: dr Eva Lončar, redovni profesor, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu mentor: dr Jasna Mastilović, naučni savetnik, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad član: dr Nikola Hristov, viši naučni saradnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad član: dr Aleksandra Torbica, naučni savetnik, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad

**University of Novi Sad**

**Faculty of Technology**

**KEY WORD DOCUMENTATION**

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph.D. Thesis
Author: AU	Dragan Živančev, Istitute for Food technology in Novi Sad, Novi Sad
Mentor: MN	Dr Eva Lončar, Full professor, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia Dr Jasna Mastilović, Principal research fellow Istitute for Food technology in Novi Sad, Novi Sad
Title: TI	Analysis of the impact of genetic, microclimatic and environmental factors on the composition of gluten and technological quality of wheat
Language of text: LT	Serbian (latin)
Language of abstract: LA	engl. / srp.
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina Province
Publication year: PY	2014.
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	21 000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1

Physical description: PD	6 chapters, abbreviation and references, 131 pages, 21 figures, 99 tables, 275 references, annex
Scientific field SF	Technological engineering
Scientific discipline SD	The quality and safety of plant food
Subject, Key words SKW	Gluten, technological quality, wheat varieties, genetic factors, climatic factors, environmental factors
UC	633.11:664.236(043.3)
Holding data: HD	Library of Faculty of Technology Novi Sad, 21 000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Serbia
Note: N	No notes
Abstract: AB	<p>In the Ph. D. Thesis was analyzed the impact of genetic, environmental and microclimatic factors that prevailed during the three production years on gluten composition and technological quality of 16 wheat varieties that are present in the assortment of Serbia. Also, all wheat varieties were produced at the same location. The traditional and sophisticated methods are used, electrophoretic analysis of glutenin and gliadin subunits was performed, the content of free –SH and –NH groups are determined, baking test and objective quality of the obtained bread are evaluated to examine the technological quality of wheat and composition of the gluten. The obtained results are used to established a database for statistical analysis. Due to the numerous data and the fact that the properties measured in different number of repetitions which are qualified by sample amount, the usual number of repetitions, reproductivity method PCA was performed toward the selection of the most important properties. Afterwards was done ANOVA in the respective to climatic factors that charatcterized the production year, the genetic factors that are caused by genetic similarity of the exmined cultivars of wheat and environmental factors that are reflected through the different levels of inseparable impurities, which are defined by frequency analysis. Specific objectives of the study enable to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–determine how microclimatic conditions that prevailed in the three production years, especially the rainy and instable weather that prevailed from wheat flowering until full maturity of wheat kernel influence on the composition of gluten and wheat processing quality tested,</li> <li>–determine how environmental factors that are defined by the presence of three different levels of germinate kernels, kernels damaged by wheat bug, kernels infested by <i>Fussarium</i> molds and kernels infested by <i>Alternaria alternata</i> molds affect on the composition of gluten and technological quality of wheat cultivar and</li> <li>–determine how genetic factors which are defined through differences in HMW–GS on the Glu A1 and Glu D1 locus that cultivars contain or do not contain and identical HMW–GS composition which examined cultivars possess affect on the gluten composition and technological quality of tested wheat varieties.</li> </ul>

<p>The achieved results represent a complex analysis of the impact of various factors on the composition of gluten and technological quality of wheat, which included a enormous database of properites and closely determine how individual microclimatic, genetic and environmental factors influence on the gluten composition and technological quality of wheat.</p>	
Accepted on Scientific Board on: AS	25. 06. 2012.
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	<p>president: dr Radomir Malbaša, associate professor, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia</p> <p>mentor: dr Eva Lončar, Full professor, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia</p> <p>mentor: dr Jasna Mastilović, Principal research fellow, Istitute for Food technology in Novi Sad, Novi Sad, Serbia</p> <p>member: dr Nikola Hristov, senior research associate, Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia</p> <p>member: dr Aleksandra Torbica, Principal research fellow, Istitute for Food technology in Novi Sad, Novi Sad, Serbia</p>

Ova doktorska disertacija je urađena pod mentorstvom dr Jasne Mastilović, naučnog savetnika, i dr Eve Lončar, redovnog profesora, kojima dugujem najveću zahvalnost na stručnom i strpljivom rukovođenju celokupnog rada na disertaciji.

Prvenstveno želim da izrazim duboku zahvalnost dr Jasni Mastilović na ukazanom poverenju, nesebičnom zalaganju i velikom trudu, ne samo tokom izrade ove doktorske disertacije, već od samog početka mog profesionalnog rada; svoj entuzijizam, posvećenost naučnom radu i snažnu energiju koju poseduje, uspeła je da prenese na mene tokom izrade ove disertacije.

Izuzetnu zahvalnost dugujem prof. dr Evi Lončar na velikoj pažnji koju je posvetila ovoj doktorskoj disertaciji, svim njenim sugestijama i korekcijama bez kojih disertacija ne bi imala ovakav izgled.

Velika zahvalnost pripada i dr Nikoli Hristovu, višem naučnom saradniku, sa Instituta za ratarsvo i povrtarstvo u Novom Sadu, članu komisije, koji je pre svega obezbedio uzorke sorti pšenice za eksperimentalni rad, a potom uložio svoje dragoceno vreme i znanje tokom iščitavanja i korigovanja ovog rada.

Isto tako, zahvaljujem se prof. dr Radomiru Malbaši, vanrednom profesoru, na korisnim sugestijama i kolegijalnosti.

Iskrenu zahvalnost dugujem dr Aleksandri Torbici, naučnom savetniku, sa kojom sam zajedno ušao u svet elektroforeze proteina pšenice bez koje ne bi bio moguć deo disertacije posvećen genetici.

Želim da se zahvalim i tehničkim saradnicima laboratorije FINS-a, a prvenstveno odeljenju za prometni kvalitet, kao i farinološkom i pekarskom odeljenju na pomoći koju su mi pružili tokom izvođenja eksperimentalnog dela ovog rada.

Zahvalnost upućujem i Zlatici Popov iz meteorološke stanice Novi Sad i Republičkom Hidrometeorološkom Zavodu Srbije za obezbeđivanje meteoroloških podataka.

Posebno se zahvaljujem prof. dr Desimiru Kneževiću, redovnom profesoru, pre svega na nesebičnom prenošenju znanja iz oblasti elektrofetskih tehnika, kao i na izuzetnom prijateljskom odnosu.

Ipak, najveću zahvalnost dugujem mojoj supruzi Jeleni koja me je bodrila u trenucima kada mi je bilo najteže i koja nije dozvolila da klonem duhom i da se predam, nego mi je svojom pažnjom i ljubavlju pomogla da istrajem i sa uspehom završim pisanje disertacije.

Poslednja, ali ne i manje važna, je velika zahvalnost koju dugujem mojim roditeljima i bratu na izuzetnom razumevanju, podršci i veri koje su mi pružili od početka mog školovanja pa sve do danas. Hvala vam na svemu što ste učinili za mene!



*Disertacija predstavlja deo rezultata postignutih na projektu "Vrednovanje kvaliteta i optimizacija prerade pšenice u svetlu klimatskih promena" TR br. 31007 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u periodu od 2011-2014, pod rukovodstvom dr Aleksandre Torbice, naučnog savetnika.*

## Sadržaj

SKRAĆENICE.....	1
1. UVOD.....	5
2. PREGLED LITERATURE .....	6
2.1. Pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice .....	7
2.1.1. Fizički pokazatelji kvaliteta pšenice.....	8
2.1.2. Hemijski pokazatelji kvaliteta pšenice .....	8
2.1.2.1. Pšenični skrob .....	9
2.1.2.2. Prehrambena vlakna pšenice .....	9
2.1.2.3. Masti pšenice.....	10
2.1.2.4. Proteini pšenice .....	10
2.1.2.4.1. Glijadini .....	11
2.1.2.4.2. Glutenini .....	12
2.1.3. Reološki pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice .....	18
2.1.4. Pokazatelji pecivnih osobina pšenice .....	21
2.2. Uticaj klimatskih faktora na razvoj zrna, sastav glutena i kvalitet pšenice.....	22
2.2.1. Uticaj klimatskih faktora na razvoj zrna.....	24
2.2.2. Uticaj klimatskih faktora na sastav glutena.....	25
2.2.3. Uticaj klimatskih uslova na tehnološki kvalitet pšenice.....	27
2.3. Uticaj ekoloških faktora na razvoj zrna, sastav glutena i kvalitet pšenice .....	30
2.3.1. Uticaj žitnih stenica ( <i>Aelia</i> i <i>Eurigaster spp.</i> ) na strukturu glutena i tehnološki kvalitet pšenice .....	30
2.3.2. Uticaj fuzarioznih zrna ( <i>Fusarium spp.</i> ) na tehnološki kvalitet pšenice .....	31
2.3.3. Uticaj tamnokličnih zrna na tehnološki kvalitet pšenice.....	32
2.3.4. Uticaj prokljalih zrna na tehnološki kvalitet pšenice .....	32
2.4. Uticaj proteina glutenskog kompleksa na tehnološki kvalitet pšenice .....	33
2.4.1. Uticaj glutenina .....	34
2.4.1.1. Uticaj HMW–GS.....	34
2.4.1.2. Uticaj LMW–GS .....	37

2.4.1.3.	Zajednički uticaj HMW–GS i LMW–GS .....	37
2.4.2.	Uticaj glijadina .....	38
2.4.3.	Zajednički uticaj glutenina i glijadina .....	38
3.	MATERIJAL I METODE .....	40
3.1.	Materijal .....	40
3.1.1.	Struktura materijala sa aspekta genetskih faktora .....	41
3.1.2.	Struktura materijala sa aspekta mikroklimatskih uslova .....	42
3.2.	Ekološki faktori .....	48
3.3.	Metode .....	49
3.3.1.	Ispitivanja pšenice .....	49
3.3.1.1.	Sadržaj vlage, proteina i zapreminska masa pšenice .....	49
3.3.1.2.	Sadržaj primesa u pšenici .....	50
3.3.1.3.	Broj padanja .....	51
3.3.1.4.	Laboratorijsko mlevenje pšenice .....	51
3.3.2.	Reološke osobine brašna .....	51
3.3.2.1.	Farinografska analiza .....	51
3.3.2.2.	Ekstenzografska analiza .....	52
3.3.2.3.	Amilografska analiza .....	52
3.3.2.4.	Alveografska analiza .....	52
3.3.2.5.	Mixolab analiza .....	52
3.3.2.6.	Sadržaj vlažnog i suvog glutena .....	52
3.3.2.7.	Gluten indeks .....	53
3.3.2.8.	Gluten indeks (nakon temperiranja testa na 37°C) .....	53
3.3.3.	Hemijski sastav brašna .....	53
3.3.3.1.	Sadržaj proteina brašna .....	53
3.3.3.2.	Sadržaj slobodnih sulfhidrilnih grupa .....	53
3.3.3.3.	Sadržaj slobodnih amino grupa .....	54
3.3.3.4.	Lab–on–a–chip kapilarna elektroforeza glijadinskih i gluteninnskih podjedinica .....	54
3.3.3.5.	Sadržaj oštećenog skroba .....	58
3.3.4.	Metode ocene kvaliteta hleba .....	58
3.3.4.1.	Laboratorijsko probno pečenje .....	58
3.3.4.2.	Određivanje boje gornje površine kore hleba .....	59
3.3.4.3.	Određivanje teksture sredine hleba .....	59
3.3.4.4.	Određivanje zapremine hleba .....	61
3.3.5.	Statistička obrada podataka .....	61
4.	Rezultati i diskusija .....	63

4.1.	Prikaz rezultata .....	63
4.2.	Strukturiranje rezultata .....	64
4.3.	Odabir pokazatelja .....	68
4.4.	Uticaj genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na pokazatelje tehnološkog kvaliteta i sastav glutena pšenice .....	74
4.4.1.	Uticaj genetskih faktora .....	75
4.4.1.1.	Podjedinice Glu–A1 lokusa .....	75
4.4.1.2.	Podjedinice Glu–D1 lokusa .....	79
4.4.1.3.	Sorte različitog sastava podjedinica glutenina visokih molekulskih masa .....	82
4.4.2.	Uticaj mikroklimatskih faktora .....	86
4.4.3.	Uticaj ekoloških faktora .....	92
4.4.3.1.	Uticaj proklijalih zrna .....	92
4.4.3.2.	Uticaj steničavih zrna .....	96
4.4.3.3.	Uticaj fuzarioznih zrna .....	101
4.4.3.4.	Uticaj tamnokličnih zrna .....	105
5.	Zaključci .....	110
	Literatura .....	113

## SKRAĆENICE

MW – *molecular weight* – molekulska masa

kDa – kilo dalton

Da – dalton

LMW – *low molecular weight* – male molekulske mase

HMW – *high molecular weight* – velike molekulske mase

HMW-GS – *high molecular weight – glutenin subunits* – gluteninske podjedinice velikih molekulskih masa

LMW-GS – *low molecular weight – glutenin subunits* – gluteninske podjedinice malih molekulskih masa

SDS-PAGE – *sodium dodecyl sulfate – polyacrylamide gel electrophoresis* – natrijum dodecil sulfat poliakrilamid elektroforeza

A – *acid* – kisela

PAGE – *polyacrylamide gel electrophoresis* – poliakrilamid gel elektroforeza

SDS – *sodium dodecyl sulfate* – natrijum dodecil sulfat

LoaC – *Lab-on-a-Chip*

RP-HPLC – *reverse phase – high pressure liquid chromatography* – visoko pritisna tečna hromatografija na obrnutim fazama

DH – *degree of hydrolysis* – stepen hidrolize

OPA – o-ftalaldehid

RVA – *rapid visco analyzer* – brzi visko analizator

L\* – svetloća

a\* – udeo crvenog pigmenta

b\* – udeo žutog pigmenta

AACC – *American Association of Cereal Chemistry*

HPLC – *high pressure liquid chromatography* – visoko pritisna tečna hromatografija

DON – deoksivalenol

ICC – *International Cereal Chemistry*

FJ – farinografske jedinice

AJ – amilografska jedinica

Nm – njujn metar

AOAC – *Association of Official Analytical Chemists*

–SH – sulfhidrilna grupa

–NH – amino grupa

AI – apsorpcija joda

UCD – sadržaj oštećenog skroba u *Chopin* jedinicama

UCDc – sadržaj oštećenog skroba u *Chopin* jedinicama preračunate na 14,0% vlage i 12,0% proteina

AACC\* – sadržaj oštećenog skroba preračunat na AACC metodu 76–31

Farr – sadržaj oštećenog skroba preračunat na metodu prema Farrand–u

Vabs – brzina apsorpcije joda

TPA – *Texture Profile Analysis*

PCA – *Principal Component Analysis*

ANOVA – *Analysis of Variance*

E–E – ekstenzografska energija

A–IE – alveografska elastičnost otpora testa

A–W – alveografski rad

A–G – alveografska zapremina vazduha za formiranje balona testa

FQN – farinografski kvalitetni broj

F–WA – farinografska moć upijanja vode brašna

F–DDT – farinografski razvoj testa

M–WA – *mixolabska* moć upijanja vode brašna

M–DDT – *mixolabski* razvoj testa

M–ST – *mixolabski* stabilitet testa

O/R – ekstenzografski odnos otpora i rastegljivosti testa

E–EX – ekstenzografska rastegljivost testa

A–P – alveografski maksimalan otpor testa

A–L – alveografska rastegljivost testa

M–EL – *mixolabska* elastičnost testa

BVr – računska zapremina hleba

Vcal – zapremina polovine kalote (elipsastog dela) hleba

Hb – visina zarubljene piramide hleba

h – visina polovine kalote (elipsastog dela) hleba

a – širina kalote (elipsastog dela) hleba

delta h – narastanje testa u peći

hf – narastanje testa tokom završne fermentacije

b – dužina kalote hleba

HA-ss – *hardness* – tvrdoća sredine hleba

CH-ss – *chewiness* – žvakljivost sredine hleba

GU-ss – *gumminess* – gumivost sredine hleba

AD-ss – *adhesiveness* – adhezivnost sredine hleba

Res – *resilience* – otpor sredine hleba

SP-ss – *springiness* – elastičnost sredine hleba

Co-ss – *cohesiveness* – kohezivnost sredine hleba

h\* – nijansa boje

C\* – zasićenost – intenzitet boje

DW – *dominant wavelength* – dominantna talasna dužina (nm)

Glu SLMW – udeli gluteninskih podjedinica jako niskih molekulskih masa (13 – 29 kDa)

Glu HLMW – udeli gluteninskih podjedinica niskih molekulskih masa (30 – 130 kDa)

Glu HMW – udeli gluteninskih podjedinica visokih molekulskih masa (131 – 240 kDa)

Gli LMW – udeli glijadinskih podjedinica jako niskih molekulskih masa (13 – 28 kDa)

Glimain – udeli glijadinskih podjedinica koje predstavljaju njihov najveći deo (29 – 79 kDa)

Gliom – udeli glijadinskih podjedinica koje su prema veličini najbliže omega glijadinima (80 – 130 kDa)

GliHM – udeli glijadinskih podjedinica visokih molekulskih masa (131 – 240 kDa)

G – sadržaj vlažnog glutena

PR – sadržaj proteina na s.m.

F-DS – farinografski stepen omekšanja testa

M-alfa – *mixolabska* brzina slabljenja proteinske mreže

GI – gluten indeks

GI37 – gluten indeks određen nakon temperiranja testa na 37°C

SH30-0f – sadržaj slobodnih –SH grupa preračunat na brašno

SH30–135f – sadržaj slobodnih –SH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na brašno

SH30–0d – sadržaj slobodnih –SH grupa preračunat na testo

SH30–135d – sadržaj slobodnih –SH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na testo

SH30–0g – sadržaj slobodnih –SH grupa preračunat na gluten

SH30–135g – sadržaj slobodnih –SH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na gluten

Am30–0f – sadržaj slobodnih –NH grupa preračunat na brašno

Am30–135f – sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na brašno

Am37–135f – sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 37°C preračunat na brašno

Am30–0d – sadržaj slobodnih –NH grupa preračunat na testo

Am30–135d – sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na testo

Am37–135d – sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 37°C preračunat na testo

Am30–0g – sadržaj slobodnih –NH grupa preračunat na gluten

Am30–135g – sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na gluten

Am37–135g – sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 37°C preračunat na gluten

FN – *falling number* – broj padanja

A–MV – amilografski maksimalni viskozitet

M–C3 – *mixolabski* maksimalni viskozitet

M–C3–C4 – *mixolabska* stabilnost tople paste

M–C5–C4 – *mixolabska* mera retrogradacije skroba

M–beta – *mixolabska* brzina želatinizacije skroba

M–gamma – *mixolabska* brzina enzimske razgradnje skroba



## 1. UVOD

Tehnološki kvalitet pšenice uvek je povezan sa sposobnošću da se od njenog brašna i vode formira testo koje ima jedinstvene reološke osobine, što nije slučaj sa brašnima ostalih žitarica. Tokom proizvodnog procesa brašno i voda se mešaju, pri čemu brašno hidratiše i unosi se mehanička energija, tako da dolazi do transformisanja glutenskih proteina u kontinualnu kohezivnu viskoelastičnu glutensku mrežu (Singh i MacRitchie, 2001b). Posledica ovog procesa je formiranje testa, a njegove osobine i ponašanje u procesu obrade definisano je indirektnim, odnosno reološkim pokazateljima kojima se može pratiti razvoj glutenske mreže tokom mešenja testa, što je dokazano u istraživanjima Walkera i Hazeltona (1996) i Catoa i Millsa (2008), kao i snage testa tj. merenja njegovog otpora i rastegljivosti (Zhang i sar., 2007). Pojedina istraživanja bila su usmerena na utvrđivanje postojanja korelacija sa indirektnim pokazateljima kvaliteta, kao što je sadržaj proteina (Aitken i Geddes, 1934) i poboljšanje kvaliteta pšenice sa niskim sadržajem proteina (Aitken i Geddes, 1939), jer se na osnovu njihovog sadržaja u zrnu pšenice može pouzdano predvideti zapremina hleba pšenice (Dowell i sar., 2008).

Na tehnološki kvalitet pšenice i osobine glutena utiču različiti faktori. Za viskoelastične osobine testa i pećivni kvalitet brašna najodgovorniji su glutenski proteini, glijadini i glutenini (Panozzo i sar., 2001). Mnogobrojna istraživanja koja su urađena da bi se ispitao uticaj glutenina (Branlard i Dardevet, 1985; Blumenthal i sar. 1995b; Gupta i sar., 1991; Huebner i sar., 1999; Lawrence i sar., 1988; Luo i sar., 2001; MacRitchie i sar., 1991; Ng i Bushuk, 1988; Payne i sar., 1984; Pirozi i sar., 2008; Wrigley i Beitz, 1988) i glijadina (Gil–Humanes i sar., 2012; Huebner i sar., 1997; Metakovsky i sar., 1990; Payne i sar., 1984; Van Lonkhuijsen i sar., 1992), pokazala su da se genotipskim varijacijama značajno može uticati na viskoelastične osobine testa i tehnološki kvalitet pšenice.

Takođe, utvrđeno je da klimatski faktori utiču na promenu količine, sastava i polimerizacije proteina glutena (Borghini i sar., 1995; Panozzo i Eagles, 2000) i na pojedine pokazatelje prometnog i tehnološkog kvaliteta pšenice, kao što su zapreminska masa (Garrido–Lestache i sar., 2004), tvrdoća zrna (Pomeranz i sar., 1985), sadržaj proteina (Daniel i Triboi, 2000; Debaeke i sar., 1996; Garrido–Lestache i sar., 2004; López–Bellido i sar., 2001), gluten indeks (Garrido–Lestache i sar., 2004; Gil i sar., 2011), SDS sedimentacija (Gooding i sar., 2003) i alveografski rad (W) (Borghini i sar., 1995; López–Bellido i sar., 2001).

Ekološki faktori (insekti, bolesti, korovi) koji nastaju kao posledica klimatskih faktora, sami ili u kombinaciji sa klimatskim i genetskim faktorima, takođe utiču na tehnološki kvalitet pšenice i osobine glutena. Opšte je poznata činjenica da napad *Heteropterous* insekata na pšenicu u polju pre žetve utiče na umanjenje njenog tehnološkog kvaliteta (Hariri i sar., 2000). Istraživanja Dextera i saradnika (1996) i Meyera i saradnika (1986),

pokazala su da je visoka kontaminacija pšenice *Fusarium* plesnima povezana sa gubitkom tehnološkog kvaliteta zaraženog brašna, koje za posledicu ima niže vrednosti zapremine hleba dobijene prilikom probnog pečenja, a koje su Meyer i saradnici (1986) pripisali degradaciji glutenskih proteina pšenice. Uz to, razgrađeni skrob i proteinske komponente iz brašna, koje je dobijeno mlevenjem prokljale pšenice umanjuju kvalitet brašna, i uzrokuju slab kvalitet finalnih proizvoda (Kruger, 1972).

Da bi se ispitao kvalitet proizvoda i unapredio sistem proizvodnje pšenice, neophodno je da se razumeju veze koje postoje između pojedinačnih faktora i njihov uticaj na tehnološki kvalitet pšenice. U cilju određivanja kvaliteta pšenice, potrebno je utvrditi nivoe vrednosti pokazatelja tehnološkog kvaliteta primenom savremenih instrumentalnih metoda. Radom oplemenjivača stvaraju se novi genotipovi pšenice koji imaju drugačije tehnološke osobine, što nameće potrebu da se ponovo preispitaju dobro utvrđene zakonitosti, koje su dobijene u ranijim istraživanjima. Razvijaju se nove instrumentalne metode koje omogućavaju kraći i precizniji način određivanja vrednosti pojedinih pokazatelja tehnološkog kvaliteta pšenice. Ovo dodatno nameće potrebu da se određena saznanja o njima, iako već postoje, još više prodube, kako bi se dobile obimne baze podataka iz višegodišnjih ispitivanja.

Jedan od ciljeva ove disertacije bio je da se ispita da li i kako klimatski faktori koji su vladali u tri uzastopne proizvodne godine na jednom lokalitetu utiču na promene u tehnološkom kvalitetu i osobinama glutena sorti, koje su godinama zastupljene u sortimentu Srbije. Takođe, istraživanja su sprovedena da se utvrdi da li genetska sličnost uslovljena sastavom HMW-GS (*high molecular weight glutenin subunits*) ispitivanog sortimenta pšenice, dovodi do diferencijacije u tehnološkom kvalitetu sorti i osobinama glutena i na koji način. Dodatno je ispitano kako ekološki faktori i njihovi različiti nivoi utiču na tehnološki kvalitet i karakterizaciju sorti pšenice.

## **2. PREGLED LITERATURE**

S obzirom na činjenicu da je tema ove disertacije ispitivanje uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na sastav glutena i tehnološki kvalitet sorti pšenice, u pregledu literature prvo će biti predstavljeno šta sve spada u pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice, jer se na osnovu njihovih vrednosti određuje tehnološki kvalitet sorti pšenice, kao i njihova namena. Za razliku od brašna drugih žitarica, pšenično brašno ima osobinu da sa vodom formira testo jedinstvenih reoloških osobina, što je odlika kvaliteta pšenice. Za viskoelastične osobine testa i pecivni kvalitet brašna najodgovorniji su glutenski proteini – glijadini i glutenini (Panozzo i sar., 2001) i najveći deo poglavlja o hemijskom sastavu pšenice biće posvećen baš njima, a manje pažnje biće posvećeno ostalim jedinjenjima koja ulaze u sastav zrna i njihovom uticaju na tehnološki kvalitet. Takođe, biće detaljno obrađena struktura glutena, kao i promene koje mogu nastati u njegovoj strukturi jer od primarne strukture proteina zavise biološke osobine glutena

(Feher, 2012), odnosno tehnološki kvalitet pšenice. Pored toga, biće prikazano kako pojedinačni klimatski faktori utiču na razvoj biljke i zrna pšenice, sastav glutena i tehnološki kvalitet pšenice. Klimatski faktori su preduslov za nastajanje određenih ekoloških faktora koji utiču na umanjenje tehnološkog kvaliteta pšenice. Uticaj ekoloških faktora kao što su: napad *Heteropterous* insekata na pšenicu u polju pre žetve (Hariri i sar., 2000), visoka kontaminacija pšenice *Fusarium* plesnima (Dexter i sar., 1996; Meyer i sar., 1986), visoki nivoi tamnokličnih zrna (Fernandez i sar., 1998) koja su najčešće posledica napada plesni *Alternaria alternata* (Dexter i Edwards, 1997), kao i prokljalih zrna (Kruger, 1972), biće predstavljeni u poglavljima koja slede nakon opisa uticaja klimatskih faktora. Na kraju literaturnog pregleda biće objašnjen uticaj glutenskih proteina – glijadina i glutenina, odnosno genetski uticaj na tehnološki kvalitet pšenice, jer glijadine kodiraju geni koji se nalaze na kratkim delovima hromozoma 1 i 6 (Brown i Flavell, 1981), dok su glutenini kodirani od strane Glu 1 lokusa dugog dela hromozoma (Payne i Lawrence, 1983).

## 2.1. Pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice

Tehnološki kvalitet pšenice definisan je fizičkim, hemijskim, reološkim pokazateljima kvaliteta i pecivnim osobinama. Da bi pšenica bila predmet trgovine potrebno je da zadovoljava određene uslove koji su definisani minimalnim vrednostima pokazatelja prometnog kvaliteta. Širom sveta ovi uslovi su različito regulisani. U Srbiji, definisani su samo minimalni uslovi prometnog kvaliteta fizičkim (zapreminska masa i sadržaj primesa), hemijskim (sadržaj vode i sadržaj proteina) i reološkim pokazateljima (sedimentacija po *Zelenyju*) (SRPS E.B1. 200). Na primer, u Mađarskoj, pored ovih pokazatelja u prometni kvalitet uključeni su i reološki pokazatelji farinografska kvalitetna grupa, sadržaj vlažnog glutena i njegove osobine i broj padanja po *Hagbergu*, a pšenica se prema prometnom kvalitetu svrstava u I, II, III i ekstra klasu (Búza, 1998).

U indirektno pokazatelje spadaju fizički, hemijski i reološki pokazatelji kvaliteta, odnosno svi pokazatelji koji na indirektan način ukazuju na tehnološki kvalitet pšenice. Direktnim pokazateljima kvaliteta definisano je kakav se finalni proizvod može dobiti od takve pšenice, a tu spada i ispitivanje njenih pecivnih osobina. Reološkim pokazateljima definisane su osobine testa i kako se ono ponaša u procesu obrade. Razvoj glutenske mreže tokom mešenja testa može biti praćen uređajima kao što su farinograf i miksograf (Walker i Hazelton, 1996). U poslednje vreme za ovu svrhu koristiti se uređaj novije generacije – *Mixolab* (Cato i Mills, 2008). Ovaj uređaj može služiti i za ispitivanje amilolitičkih osobina brašna za koje se koristi amilograf (Konopka i sar., 2004). Za ispitivanje snage testa iskazane kroz vrednosti dobijene merenjem otpora i rastegljivosti koriste se ekstenzograf (Zhang i sar., 2007), alveograf (Dobraszczyk, 1997) i *Stable Micro System Kiffer* metoda (iz preglednog rada Dobraszczyk i Morgenstern, 2003).

### **2.1.1. Fizički pokazatelji kvaliteta pšenice**

Prve ispitivane osobine pšenice bile su njene fizičke osobine. Hazen i Ward (1997) u istraživanju ističu da su mlevne i pecivne osobine pšenice funkcija njenih fizičkih osobina. Mlevne osobine pšenice su važne zbog procesa prerade pšenice u mlinovima (Schuler i sar., 1995). Jedna od najčešćih metoda koja ukazuje na mlevne osobine pšenice je zapreminska masa, jer služi kao indikator vrednosti izbrašnjavanja koja se dobija u mlinu (Finney i sar., 1957). Istraživanje koje su sproveli Altaf i saradnici (1969) pokazalo je da manja zrna pšenice daju slabije izbrašnjavanje, iako ne postoje značajne razlike u vrednostima zapreminske mase između većih i manjih zrna iste sorte pšenice (niža vrednost zapreminske mase – niži sadržaj proteina). Hoshino i saradnici (1994) došli su do sličnih zaključaka tj. da izbrašnjavanje pšenice zavisi od zapreminske mase. Suprotno prethodnom istraživanju, Varga i saradnici (2003) utvrdili su postojanje negativne korelacije ( $r=-0,44$ ) između zapreminske mase i dobijenog izbrašnjavanja, a do sličnog zaključka došli su i Schuler i saradnici (1995), koji su nakon odvajanja šturih zrna pšenice iz celokupne mase, utvrdili da vrednosti zapreminske mase nisu u korelaciji sa vrednostima dobijenog izbrašnjavanja. Takođe, u njihovom radu je potvrđena statistički značajna korelacija ( $r=0,54$ ,  $P<0,05$ ) između dobijenih vrednosti zapreminske mase i sadržaja proteina. Do sličnog zapažanja došli su Altaf i saradnici (1969), koji su utvrdili da se sa smanjivanjem zapreminske mase pšenice smanjuje i sadržaj proteina. Yamazaki i Briggles (1969) objasnili su uticaj sadržaja proteina na gustinu zrna i zapreminsku masu. Pretpostavili su da su niže vrednosti zapreminske mase meke pšenice i nizak sadržaj proteina nerazdvojive osobine. Ovi autori utvrdili su da postoje statistički značajne korelacije između zapreminske mase i gustine zrna sa sadržajem proteina, čime su potvrdili postavljenu hipotezu, ali nije pronađena statistički značajna korelacija između zapreminske mase i gustine zrna.

Tvrdoća zrna je fizička osobina koja je širom sveta veoma cenjena jer doprinosi boljem prometnom kvalitetu pšenice. Razlike u tvrdoći zrna utiču na prinos brašna, sadržaj oštećenog skroba, moć upijanja vode i osobine mešenja brašna (Pomeranz i Williams, 1990). Ova osobina zrna zavisi od genotipa pšenice, a sorte se prema tvrdoći klasifikuju na meku i tvrdu pšenicu. U okviru ove dve klase postoji velika varijabilnost u nivoima tvrdoće i nema oštre granice između ove dve grupe pšenica (Slaughter, 1989).

### **2.1.2. Hemijski pokazatelji kvaliteta pšenice**

Istovremeno sa ispitivanjima fizičkih osobina ispitivane su i hemijske osobine pšenice i brašna. U sastav pšenice ulaze sledeća hemijska jedinjenja: skrob, proteini, prehrambena vlakana i masti (Goesaert i sar., 2005).

### **2.1.2.1. Pšenični škrob**

Škrob je najvažniji rezervni polisaharid koji se u pšenici nalazi u obliku polukristalnih granula. Takođe, škrob je i najzastupljeniji u zrnju pšenice u poređenju sa drugim hemijskim jedinjenjima (Goesaert i sar., 2005). Osnovne komponente skroba su polimeri glukoze – amiloza i amilopektin. Amiloza je u osnovi linearni molekul koji se sastoji od D–glukopiranoznih jedinica povezanih  $\alpha$ -1,4 vezama, sa stepenom polimerizacije u opsegu od 500 do 6000 glukoznih ostataka. Ipak, dokazano je da su frakcije amiloznog molekula neznatno razgranate  $\alpha$ -1,6 vezama (Shibanuma i sar., 1994). Za razliku od amiloze, amilopektin je ogroman, veoma razgranat polisaharid sa stepenom polimerizacije od  $3 \times 10^5$  do  $3 \times 10^6$ . On se sastoji iz lanaca D–glukopiranoze povezanih  $\alpha$ -1,4 vezama koji su između sebe povezani  $\alpha$ -1,6 vezama (Zobel, 1988). Odnos amiloze i amilopektina razlikuje se u zavisnosti od vrste skrobova, ali se obično nivo amiloze kreće od 25 do 28%, a amilopektina od 72 do 78% (Colonna i Buléon, 1992).

Tokom zamesa testa škrob apsorbuje čak do 46% vode (Goesaert i sar., 2005), a njegova uloga u testu još nije u potpunosti razjašnjena. Postoje različite hipoteze, a neka istraživanja su pokazala da reološke osobine pšeničnog testa zavise od specifičnih osobina površine škrobnih granula (Larsson i Eliasson, 1997) i prisustva amilolitičkih enzima (Martínez–Anaya i Jiménez, 1997). Nakon pečenja pšeničnog testa i dobijanja hleba, tokom njegovog hlađenja rastvorena amiloza formira kontinualni matriks, u kom se nabubrele i deformisane škrobne granule međusobno povezuju. Zbog brze retrogradacije, amiloza je strukturni element hleba koji utiče na njegovo stvrdnjavanje tokom starenja (Eliasson i Larsson, 1993).

### **2.1.2.2. Prehrambena vlakna pšenice**

Prehrambena vlakna su zajednički naziv za arabinoksilane,  $\beta$ -glukan, celulozu, arabinogalaktano–peptide, tj. polisaharide koji se od amiloze i amilopektina razlikuju i/ili po hemijskom sastavu monomernog molekula ili po prirodi njihovog povezivanja (Henry, 1985). Neka od ovih prehrambenih vlakana imaju pozitivan uticaj na zdravlje ljudi (Lanza i sar., 1987). Mares i Stone (1973) su utrdili da se do 75% mase suve materije ćelijskog zida endosperma pšenice sastoji od prehrambenih vlakana, od čega 85% čine arabinoksilani.

Kad se arabinoksilani dodaju testu, oni povećavaju njegovu konzistenciju, tvrdoću i smanjuju vreme zamesa (Jelaca i Hlynca, 1971). Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da dodatkom pšeničnih arabinoksilana testu iste konzistencije dolazi do povećanja moći upijanja vode brašna (Biliaderis i sar., 1995; Jelaca i Hlynca, 1971), povećanja vrednosti razvoja testa (Biliaderis i sar., 1995; Jelaca i Hlynca, 1971) i otpora testa, a do smanjenja njegove rastegljivosti (Jelaca i Hlynca, 1972).

### 2.1.2.3. Masti pšenice

Masti u pšeničnom brašnu potiču od membrana, organela i sferozoma i različite su hemijske strukture. Na osnovu rastvorljivosti pri različitim uslovima dele se na skrobne, slobodne neskrobne i vezane neskrobne lipide (Eliasson i Larsson, 1993). Neskrobni lipidi čine približno od 2/3 do 3/4 ukupnih lipida pšeničnog brašna i uglavnom se sastoje od triglicerida. Napolarni lipidi većinom su prisutni u frakciji slobodnih neskrobnih lipida, dok su glikolipidi i fosfolipidi uglavnom povezani s proteinima i prisutni su u frakciji vezanih neskrobnih lipida (Eliasson i Larsson, 1993). Lizofosfolipidi, a posebno lizofosfatidilholin ili lizolecitin, osnovni su činiooci skrobnih lipida. Oni su važna mikrojedinjenja koja se nalaze u uobičajenim skrobovima žitarica i u pozitivnoj su korelaciji sa sadržajem amiloze (0,8 – 1,2% pšeničnog skroba) (Morrison i Gadan, 1987).

Poznato je da lipidi, a pogotovo frakcija neskrobnih lipida, značajno utiču na pecivni kvalitet pšenice. Skrobni lipidi su čvrsto vezani u skrobnim granulama i ako ne dođe do procesa želatinizacije skroba, ne mogu uticati na testo tokom njegove obrade. Kada se napolarni lipidi dodaju obezmašćenom brašnu, zapremina vekne hleba se smanjuje, a ovaj uticaj se pripisuje slobodnim masnim kiselinama. Sličan uticaj imaju polarni lipidi, ali pri većim koncentracijama oni povećavaju zapreminu vekne hleba (Eliasson i Larsson, 1993).

### 2.1.2.4. Proteini pšenice

Proteini pšenice su grupa jedinjenja koja se po zastupljenosti u njenom zrnu nalazi odmah iza skroba. Njihov procentualni udeo u zrnu se obično kreće od 8 do 15% (Shewry, 2009). Sadržaj proteina pšenice je jedan od najbitnijih hemijskih pokazatelja i pšenica se na osnovu sadržaja proteina klasifikuje u kvalitetne klase (SRPS E.B1 200). Mlevenjem tvrde pšenice sa visokim sadržajem proteina (od 11 do 14%) dobija se odgovarajuća sirovina za pekarsku industriju (Halverson i Lawrence, 1988).

Početak XX veka kompleksniji pristup u ispitivanju proteina uradio je Osborne (1907) koji je klasifikovao proteine žitarica na osnovu njihove rastvorljivosti u različitim rastvorima u četiri grupe: a) proteine rastvorljive u vodi, b) proteine rastvorljive u rastvoru NaCl (slanom rastvoru), c) proteine rastvorljive u vodenom rastvoru alkohola i d) proteine rastvorljive u razblaženim kiselinama ili bazama. Korišćenjem Osborneove klasifikacione šeme, proteini pšenice se dele na albumine, globuline, glijadine i glutenine.

**Albumini i globulini** čine između 10 i 15% ukupnih proteina pšenice, i uglavnom se nalaze u spoljašnjim delovima zrna pšenice (Carceller i Aussenac, 1999). Većina albumina i globulina pšenice su monomerni proteini molekulske mase (*Molecular Weight*, MW) uglavnom < 25 000 kDa, iako značajan udeo ima MW od 60 000 do 70 000 kDa (Singh i Shepherd, 1987). Iz ovih grupa proteina pojedini albumini (uglavnom albuminske  $\beta$ -amilaze) (Gupta i sar., 1991) i globulini (Singh i Shepherd, 1985) nastaju stabilizacijom

polimera tokom nastanka disulfidnih mostova intermolekularnim (lančanim) povezivanjem. Najveći deo albumina i globulina su metabolički proteini – enzimi ili strukturni proteini. Iako u praksi nije poznato kakav uticaj albumini i globulini imaju na kvalitet i pecivne osobine brašna, pretpostavlja se da nekoliko endogenih enzima pšenice i inhibitora enzima koji pripadaju ovim grupama proteina, mogu potencijalno uticati na njih (iz preglednog rada Veraverbeke i Delcour, 2002). U toj grupi nalazi se nekoliko pšeničnih endoproteaza, kao što je aspartamska proteaza koja je odgovorna za autodigestiju pšeničnog glutena u kiselim uslovima (Bleukx i sar., 1998), endoksilanaza koja hidrolizuje nerazgranate polisaharide pšeničnog endosperma (Cleemput i sar., 1997), inhibitor proteaze (Stauffer, 1987) i ksilanaza (Debyser i sar., 1997). Albumini i globulini se akumuliraju u najvećem procentu u zrnu pšenice u ranim fazama razvoja zrna, odnosno pre drugih proteina (Stone i Nicolas, 1996; Zhu i Khan, 1999).

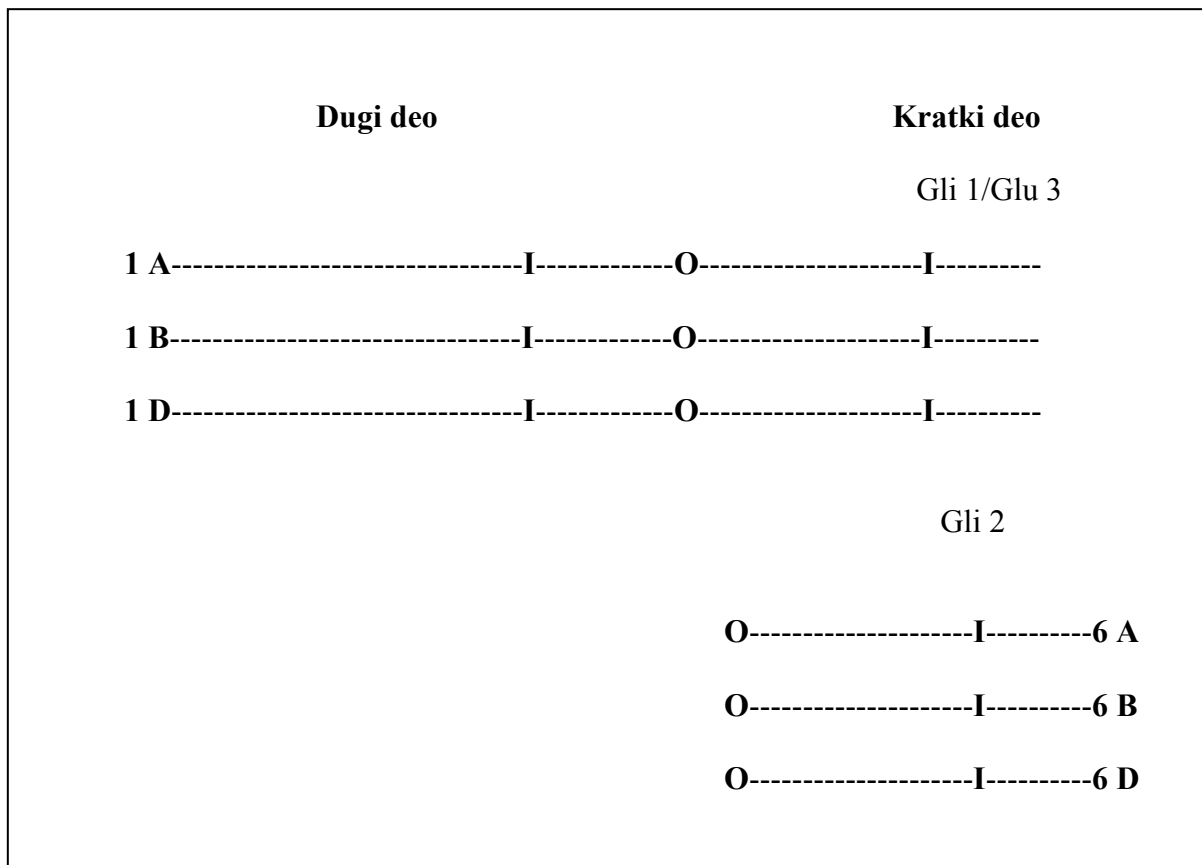
**Glutenski proteini** čine 85% proteina endosperma zrna pšenice (Carceller i Aussenac, 1999). Nalaze se u endospermu zrelog zrna pšenice gde formiraju kontinualni matriks oko skrobnih granula. Sastoje se od dva različita tipa proteina: monomernih glijadina i polimernih glutenina. Ova kompleksna jedinjenja su najodgovornija za viskoelastične osobine testa i pecivni kvalitet pšenice (Panozzo i sar., 2001). Pri reakciji većeg udela glijadina i glutenina i manjeg udela skroba i drugih jedinjenja sa vodom formira se vlažan gluten, čija količina je karakteristika genotipa pšenice (Varga i sar., 2003) i u pozitivnoj je korelaciji sa sadržajem proteina u zrnu (Grausgruber i sar., 2000; Varga i sar., 2003). Naime, kvalitativne osobine glutena izražene gluten indeksom, koje su potrebne za proizvodnju hleba, kod hrvatskih sorti pšenice kreću se od 75 do 90% (Ćurić i sar., 2001).

#### 2.1.2.4.1. Glijadini

Kao što je prethodno pomenuto, glijadini su monomerni proteini molekulske mase od 30 000 do 75 000 Da. Za glijadine je poznato da imaju ekstenzivan genetski polimorfizam i zbog toga se koriste za identifikaciju sorti pšenice (Wrigley i sar, 1982). Na osnovu njihove elektroforetske pokretljivosti u kiseloj sredini na A-PAGE glijadini se klasifikuju na:  $\alpha$ -glijadine,  $\beta$ -glijadine,  $\gamma$ -glijadine i  $\omega$ -glijadine. Thomson i saradnici (1999) su primenom rasipajućeg x-zračenja pod malim uglovima utvrdili da su kod sorte pšenice *Capitole* molekulske mase  $\alpha$ -glijadina 35 000,  $\gamma$ -glijadina 45 000, dok su molekulske mase  $\omega$ -glijadina 58 000 Da. Geni koji kodiraju ove proteine nalaze se na kratkim delovima hromozoma 1 i 6 (Slika 2.1). Oni su blisko povezani sa genima prisutnim na tri homologa lokusa hromozoma 1 Gli A1, Gli B1 i Gli D1. Na hromozomu 6 su prisutni Gli A2, Gli B2 i Gli D2 lokusi (Brown i Flavell, 1981). Gli 1 geni kodiraju  $\omega$ -glijadine i  $\gamma$ -glijadine, dok Gli 2 geni kodiraju  $\alpha$ -glijadine i  $\beta$ -glijadine. Glijadini sa Gli 1 lokusa blisko su povezani sa gluteninima malih molekulskih masa, LMW (*Low Molecular Weight*) Glu 3 lokusa koji su prisutni na hromozomu 1 (slika 2.2) (Metakovsky, 1991; Metakovsky i sar., 1984).  $\alpha$ -glijadini i  $\beta$ -glijadini akumuliraju se u najvećem procentu u zrnu pšenice u ranim fazama razvoja zrna (Zhu i Khan, 1999).

Glijadinske podjedinice imaju visok sadržaj aminokiseline glutamina. Na primer,  $\omega$ -glijadini sadrže više od 50% glutamina (Lasztity, 1984). Sadržaj prolina u glijadinima je

visok i u poređenju sa HMW (*high molecular weight*) gluteninima je znatno viši. Visok sadržaj prolina ima važnu ulogu u sekundarnoj strukturi glijadina.



**Slika 2.1.** Položaj glijadinskih lokusa na kratkim delovima hromozoma 1 i 6. „I“ obeležava poziciju Gli 1/ Gli 3 lokusa i Gli 2 lokusa. „O“ obeležava poziciju centromere.

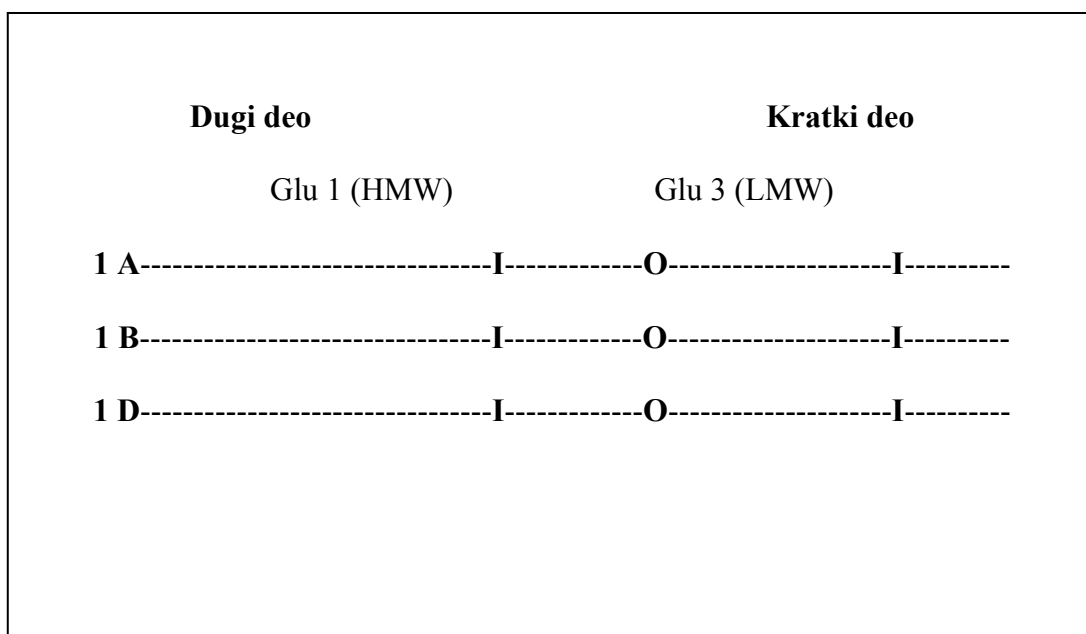
Poznato je da glijadini imaju nizak sadržaj amino kiselina sa baznim R ostatkom lizina, arginina i histidina (Kasarda i sar., 1974). Većina  $\alpha$ -glijadina i  $\beta$ -glijadina, kao i neki od  $\gamma$ -glijadina imaju sličnu aminokiselinsku sekvencu N kraja proteina.  $\alpha$ -glijadini,  $\beta$ -glijadini i  $\gamma$ -glijadini imaju 6 ili 8 cisteinskih ostataka, što za posledicu ima stvaranje 3 ili 4 intramolekulske disulfidne veze (Kasarda i sar., 1984). Iako, HMW i LMW glutenini formiraju disulfidne veze unakrsnim povezivanjem u matriksu glutena, mali udeo (5 do 10%)  $\alpha$ -glijadina i  $\gamma$ -glijadina učestvuje u unakrsnom povezivanju u matriksu glutena, dok  $\omega$ -glijadini takođe mogu imati udela u uvećavanju polimera (Kukataite i sar., 2004).

#### 2.1.2.4.2. Glutenini

Glutenini spadaju među najveće proteine koji se mogu naći u prirodi. To su polimerni proteini povezani disulfidnim vezama čija je molekulska masa veća od 20 miliona Da (Wrigley 1996). Na osnovu elektroforetske pokretljivosti dele se na gluteninske podjedinice, GS (*Glutenin Subunits*) velikih molekulskih masa (HMW-GS) i gluteninske podjedinice malih molekulskih masa (LMW-GS). Veličine HMW-GS određene SDS-PAGE-om (*Sodium Dodecyl Sulfate – Polyacrylamide Gel Electrophoresis*) kreću se u opsegu od 80 do 130 kDa) (Bunce i sar., 1985), i njihov specifični sastav jedan je od



najvažnijih genetskih faktora za određivanje reoloških osobina testa sorti pšenice (Payne i sar., 1987a). Veličine LMW–GS određene SDS–PAGE–om kreću se u opsegu od 30 do 50 kDa (Gras i sar., 2001). Genetski lokusi koji kontrolišu sintezu proteina glutena nalaze se na prvom hromozomu pšenice. Kao što je prikazano na slici 2.2, HMW glutenini su kodirani od strane Glu 1 lokusa dugog dela hromozoma (Payne i Lawrence, 1983). Tri genetski nepovezana lokusa (Glu A1, Glu B1 i Glu D1) nalaze se na homologim hromozomima 1A, 1B, 1D i kontrolišu sintezu HMW glutenina (slika 2.2) (Gálová i sar., 2002; MacRitchie i Lafiandra; 2001). Sintezu LMW glutenina kontrolišu takođe tri nepovezana lokusa (Glu A3, Glu B3 i Glu D3) koji se nalaze na kratkim delovima hromozoma 1A, 1B i 1D.



**Slika 2.2.** Hromozomi 1A, 1B i 1D pšenice koji sa identifikovanim lokacijama Glu 1 (HMW) i Glu-3 (LMW) glutenina na dugom i kratkom delu hromozoma

Aminokiselinski sastav proteina čini primarnu strukturu proteina. Iako aminokiselinski ostatak ne učestvuje u formiranju peptidnih mostova, on utiče na interakciju proteina sa drugim proteinima i drugim jedinjenjima. Glutenini i glijadini imaju sličan aminokiselinski sastav.

Proteinski lanac često je formiran u vidu heliksa i čini sekundarnu strukturu proteina. Prolin inhibira formiranje ovakvih tipova strukture u pšenici. Važnu ulogu u sekundarnoj strukturi gluteninskih proteina ima aminokiselina cistein. Cistein poseduje jedinstvenu osobinu da proteinske lance povezuje disulfidnim mostovima (Gras i sar., 2001). Preovlađuje mišljenje da je struktura HMW glutenina smeša polipeptidnih jedinica, koje su unakrsno povezane intermolekulskim disulfidnim vezama i stoga se dobijaju veliki opsezi molekularskih masa, koje se mogu meriti i u milionima Da.

LMW gluteninska struktura sastoji se od cisteinskih ostataka koji pomažu formiranje gluteninskih polimera. Na osnovu broja cisteinskih ostataka u LMW gluteninima razlikuju se dva tipa LMW podjedinica koje učestvuju u nastajanju polimera. LMW podjedinice sa

dva ili više cisteinska ostatka, koji učestvuju u nastajanju intermolekulskih disulfidnih veza među HMW gluteninima, omogućavaju reakciju propagacije gluteninskog polimera. Suprotno ovome, LMW podjedinice koje poseduju jedan cisteinski ostatak, učestvuju u reakciji terminacije gluteninskih polimera, čime se zaustavlja njegovo dalje povećavanje (Masci i sar., 1998).

Polimerizacija gluteninskih podjedinica počinje 10 dana nakon cvetanja pšenice, ili ranije, i značajno se povećava u fazi nalivanja zrna, pa sve do njegove pune zrelosti. Sadržaj HMW gluteninskih podjedinica se tokom ovog procesa značajno povećava, a LMW smanjuje (Zhu i Khan, 1999).

HMW gluteninske podjedinice klasifikuju se na dva tipa: x i y (Shwery i sar., 1992). x-tip podjedinica ima manju elektroforetsku pokretljivost na SDS-PAGE i veće molekulske mase od y-tipa podjedinica. Glu A1 lokus kodira samo x-tip podjedinica, Glu B1 lokus kodira i x-tip i y-tip ili samo x-tip, dok Glu D 1 kodira i x-tip i y-tip podjedinica. Razdvajanje HMW gluteninskih podjedinica na SDS-PAGE ukazalo je na postojanje nekoliko različitih alela na svakom lokusu (Payne i Lawrence, 1983).

U svakoj sorti pšenice može nastati od 3 do 5 različitih HMW podjedinica. Broj podjedinica koje nastaju je mali zbog nestajanja određenih gena tokom evolucije (Lafiandra i sar., 2000).

Payne i Lawrence (1983) su razvili numerički sistem obeležavanja HMW podjedinica glutenina na osnovu njihove elektroforetske pokretljivosti. Ovaj sistem se i danas koristi, jer se različitim tehnikama za iste GS dobijaju različite vrednosti molekulskih masa. Prvobitno su mali brojevi (na primer 1 i 2) označavali podjedinice sa slabijom pokretljivošću na SDS-PAGE. Vremenom je postalo teško pratiti ovakav logičan redosled, jer je naknadno ustanovljeno postojanje novih podjedinica. Payne i Lawrence (1987a) su razvili sistem bodovanja prema Payneu – *glu score* (Tabela 2.1), kako bi objasnili kako genetski faktor – specifičan sastav HMW gluteninskih podjedinica utiče na osobine testa pšeničnih sorti. Pojedinačne vrednosti bodova svake podjedinice/para podjedinica, sabiraju se da bi se izračunao ukupan *glu score*, i njegova maksimalna vrednost za sorte pšenice je 10. Ovim sistemom može se objasniti samo nedovoljno značajan procenat variranja vrednosti zapremine hleba (Hamer i sar., 1992). Proteinski lanac HMW podjedinica glutenina sastoji se od tri različita dela (Shewry i sar., 1989): centralnog dela koji čine ponavljajuće aminokiselinske sekvence (Harberd i sar., 1986) i bočnih delova koji se završavaju sa N i C krajevima, a sastoje se od neponavljajućih aminokiselinskih sekvenci (Halford i sar., 1987). Amino kiselinske sekvence HMW podjedinica glutenina, imaju od četiri do sedam cisteinskih ostataka koji se nalaze na N-kraju i C-kraju (Shewry i sar., 1992). Podjedinica 1Dx5 ima ekstra cisteinski ostatak na N-kraju koji ne poseduje 1Dx2 podjedinica (Gras i sar., 2001).

**Tabela 2.1.** Sistem bodovanja prema Payne za uobičajene *Glu-1* alele

<i>Glu-A1</i>			<i>Glu-B1</i>			<i>Glu-D1</i>		
bodovi	Alel	Podjedinice	bodovi	Alel	Podjedinice	bodovi	Alel	Podjedinice
3	<i>a</i>	1	3	<i>i</i>	17 + 18	4	<i>d</i>	5 + 10
3	<i>b</i>	2 *	3	<i>b</i>	7 + 8	2	<i>a</i>	2 + 12
1	<i>c</i>	–	2	<i>c</i>	7 + 9	2	<i>b</i>	3 + 12
			1	<i>a</i>	7	1	<i>c</i>	4 + 12
			1	<i>d</i>	6 + 8			

Na osnovu analize ekstrakata polimernih frakcija pšeničnog glutena SDS–PAGE, LMW gluteninske podjedinice klasifikuju se na B–tip, C–tip i D–tip. Nakon izvršene molekularne analize utvrđeno je da su C–tip i D–tip LMW gluteninskih podjedinica glijadini sa cisteinskim ostacima ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $\omega$ ), koji su se ugradili u polimernu frakciju, dok B–tip podjedinice predstavljaju prave LMW gluteninske podjedinice (D'Ovidio i Masci, 2004). Procenjuje se da svaka sorta pšenice sadrži između 7 i 16 različitih LMW–GS (Gupta i Shepherd, 1990).

**Razdvajanje proteina pšenice po molekulskim masama.** Analitičke tehnike kao što su tečna hromatografija ili elektroforetske tehnike primenjuju se za analizu proteina pšenice u cilju njihove što potpunije identifikacije (Lookhart, 1991). Potrebno je reći da ne postoji sistem za karakterizaciju proteina glutena koji omogućava identifikaciju svih proteinskih podjedinica postojećih genotipova žitarica. Dve najčešće korišćene elektroforetske tehnike u analizi proteina pšenice su kisela (A, *Acid*) – poliakrilamid gel elektroforeza (PAGE, *Polyacrylamide Gel Electrophoresis*) i natrijum dodecil sulfat (SDS), poliakrilamid gel elektroforeza (PAGE). SDS–PAGE razdvaja komponente proteina na bazi njihove veličine i pokazala se uspešnom u razdvajanju gluteninskih podjedinica velikih molekulskih masa (HMW–GS), za koje je utvrđeno da su značajne za pecivne osobine brašna (Menkovska i sar., 2002).

Bilo je potrebno mnogo rada za razvijanje savremenijih metoda kao što je kapilarna gel elektroforeza (SDS–CGE, *Sodium Dodecyl Sulfate – Capillary Gel Electrophoresis*). U poslednje vreme dokazano je da se kapilarna elektroforeza (CE, *Capillary Electrophoresis*) uspešno koristi za razdvajanja svih tipova proteina što je dovelo do njene značajnije primene. U protekloj deceniji dosta pažnje bilo je usmereno na razvijanje mikrofluid ili *Lab-on-a-Chip* (LoaC) uređaja i njegovu primenu za osetljive hemijske i biološke analize. LoaC tehnika koja se primenjuje za analizu proteina omogućava razdvajanje, bojenje, obezbojavanje i fluorescentnu detekciju u samo jednom koraku, pri čemu je uključena i analiza podataka. Prednost ove tehnike je korišćenje izuzetno male količine toksičnih hemikalija, čime je povećana bezbednost, a istovremeno je omogućeno određivanje veličine proteina u ispitivanom matriksu, kao i kvantifikacija istih zasnovana na unutrašnjem standardu. Analiza proteina ovom tehnikom se po osetljivosti, tačnosti određivanja molekulskih masa i reproduktivnosti može uporediti sa SDS–PAGE, koja za bojenje koristi komazi brilijant plavu boju (Kuschel i sar., 2002). LoaC tehnika zasnovana je na principu ne–kovalentnog vezivanja fluorescentnih boja za komplekse SDS–proteina

koji se nalaze na čipu. Apsolutna tačnost kvantifikacije i reproduktivnost određivanja proteina sa LoaC tehnikom su poboljšane u poređenju sa SDS–PAGE i uporedive su sa metodama određivanja proteina kao što su Lowry i Bradford. LoaC tehnika ima dodatne prednosti u odnosu na SDS–PAGE: brzo i efikasno razdvaja različite analite, od malih jona do velikih molekula; omogućava brojna ponavljanja uz korišćenje male količine reagenasa pri čemu se postižu bolji rezultati (Kuschel i sar., 2002); moguće je analizirati 10 uzoraka za samo 10 min, a prilikom ispitivanja pšenice i brašna koristi se veoma mala količina uzoraka – 10 mg (Uthayakumaran i sar., 2005).

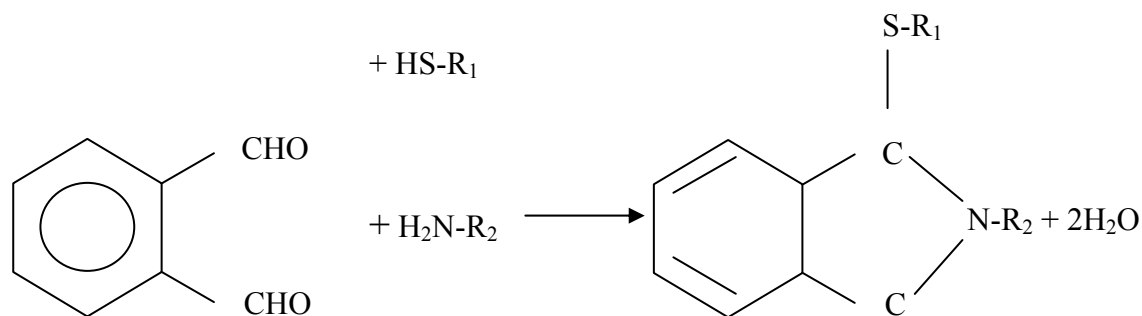
Uthayakumaran i saradnici (2006) su primenom LoaC elektroforeze sa proteinskim kitom 200+ za analizu linija pšenice odredili molekulske mase podjedinica koje nije bilo moguće odrediti SDS–PAGE. Slično ovome, Rhazi i saradnici (2009) su primenom LoaC elektroforeze sa proteinskim kitom 90 dobili neznatno više vrednosti (5–20%) za molekulske mase HMW–GS. U ovom istraživanju utvrđeno je da je kvantifikacija HMW–GS veoma reproduktivna i da može biti upotrebljena za određivanje promena relativnih količina pojedinačnih HMW–GS. Rezultati dobijeni u istraživanju Rhazi i saradnika (2009) za pojedinačne HMW–GS podjedinice, izraženi u procentima površine u odnosu na ukupnu površinu HMW–GS podjedinica, bili su veoma slični podacima dobijenim RP–HPLC (*Reversed Phase – High Performance Liquid Chromatography*). Statističkom analizom rezultata utvrđeno je da ne postoje značajne razlike između ove dve tehnike.

**Promene na primarnoj strukturi glutenskih proteina koje utiču na tehnološki kvalitet pšenice.** Primarna struktura proteina podrazumeva redosled povezivanja aminokiselinskih ostataka u polipeptidnom nizu, a molekuli proteina mogu se sastojati od jednog ili više aminokiselinskih ostataka. Treba reći da primarna struktura određuje kakvu će konformaciju protein zauzeti u prostoru da bi se mogao uspostaviti maksimalan broj vodoničnih veza i ostalih sekundarnih interakcija (Feher, 2012).

Enzimaska hidroliza je jedan od osnovnih postupaka kojim se menjaju osobine proteina u sirovinama (Hrckova i sar., 2002). Tokom procesa enzimske hidrolize proteini se cepaju na manje molekule, tj. manje peptide i slobodne amino kiseline, koji poboljšavaju nutritivni kvalitet (Panyam i Arun, 1996).

Osnovni parametar kojim se prati reakcija proteinske hidrolize je stepen hidrolize (DH), koji se definiše kao procenat raskinutih peptidnih veza (Nielsen i sar., 2001). Ovo su izučavali i Wang i saradnici (2006) koji su nakon enzimske hidrolize glutena u vodenom kupatilu na 48°C tokom 10 min dobili stepen hidrolize od  $2,8\% \pm 0,2$ . Nakon ultracentrifugiranja ovi autori su utvrdili prisustvo polimera glutena različitih molekulskih masa. Prvobitno je primenjivano nekoliko metoda za određivanje stepena hidrolize kao što su: pH–stat, osmometrija, sadržaj rastvorljivog azota, kao i metoda u kojoj se koristi trinitro–benzen–sulfonska kiselina. Međutim, u cilju razvoja pouzdane metode za određivanje stepena hidrolize, izabrana je reakcija između amino grupa i o–ftalaldehida (OPA, *Ortho Phthalaldehyde*) u prisustvu beta–merkptoetanol. Proizvod reakcije je bojeno jedinjenje čiji se intenzitet može izmeriti spektrofotometrom na talasnoj dužini 340 nm (Nielsen i sar., 2001) (slika 2.3). Ova metoda omogućava merenje uticaja enzima ili

hemijskih jedinjenja na osobine glutena, utvrđujući promene koje nastaju prilikom cepanja/narušavanja primarne sturkure i formiranja amino grupa.



*Slika 2.3. Reakcija između amino grupa i o-ftalaldehida (OPA) u prisustvu beta-merkptoetanol*

**Promene u terciarnoj strukturi glutenskih proteina koje utiču na tehnološki kvalitet pšenice.** Pod terciarnom strukturom proteina podrazumeva se način na koji je polipeptidni niz (koji ima i primarnu, i delove sekundarne sturkure proteina) savijen u prostoru, tako da molekul proteina dobije odgovarajuću strukturu i oblik. Tercijarna struktura proteina uslovljena je primarnom strukturom, a za formiranje tercijarne sturkure važno je delovanje redosleda bočnih grupa R aminokiselinskih ostataka. Biološke osobine proteina zavise od tercijarne strukture, a jedan od tipova sekundarnih veza koji stabilizuje konformaciju proteina je disulfidna (kovalentna) veza (Feher, 2012).

Ranije je pomenuto da struktura glutena određuje osobine testa i utiče na kvalitet hleba odnosno na pecivne osobine brašna. Gluteninski polimeri formiraju se tokom zamesa testa, nastankom disulfidnih intermolekularnih i intramolekularnih veza između gluteninskih proteina (HMW-GS i LMW-GS) kao i umrežavanjem pomoću aminokiseline tirozina (Wrigley i Békés, 1999). Gluteninske podjedinice stvaraju intralančane i interlančane disulfidne veze, dok glijadini formiraju samo interlančane disulfidne veze, kojima se obrazuje terciarna struktura proteina. Ove disulfidne veze stabilizuju izuvijanu konformaciju proteina (Singh i MacRitchie, 2001a).

Mikroskopska istraživanja gluteninske strukture dokazala su da HMW-GS formiraju linearne lance i mrežu, LMW-GS formiraju grupe i agregate, a gluten nastaje kada LMW-GS formiraju grane koje se vezuju na linearne HMW-GS lance (Lindsay i Skerit, 1999). U međuprostoru koji formiraju „končaste“ strukture gluteninskih podjedinica, uniformno su raspoređene glijadinske podjedinice i prostiru se kroz testo, što je u skladu sa njihovom ulogom da popunjavaju međuprostor. Ewart (1990) je pretpostavio da se disulfidne veze između HMW-GS i LMW-GS lakše raskidaju nego disulfidne veze pojedinačnih gluteninskih podjedinica.

Jedan od pokazatelja narušavanja tercijarne strukture glutena je povećanje sadržaja slobodnih –SH grupa, kao što je dokazano u istraživanjima Pérez i saradnika (2005). Ovi autori spektrofotometrijski su odredili koncentraciju slobodnih –SH grupa u glutenu pšenice koja je bila napadnuta žitnim stenicama. Koncentracija slobodnih –SH grupa

povećavala se tokom inkubacije (37°C) glutena pšenice napadnute žitnim stenicama, a najznačajnije povećanje zabeleženo je tokom prvog sata inkubiranja. Ovim istraživanjem potvrđeno je da povećanje slobodnih –SH grupa u uzorcima pšenice ukazuje na narušavanje tercijarne strukture glutena.

Slično prethodnim istraživanjima, Prasada Rao i saradnici (2002) dobili su tri puta veći sadržaj sulfhidrilnih grupa u pšeničnim pahuljicama u odnosu na brašno, što se može pripisati prisustvu većeg sadržaja proteina malih molekulskih masa, koje sadrže više cisteinskih ostataka. Pored toga, ovi autori su utvrdili da do značajnog povećavanja slobodnih –SH grupa dolazi nakon 12 h temperiranja pšenice.

### 2.1.3. Reološki pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice

S obzirom na činjenicu da samo pšenično brašno s vodom formira testo jedinstvenih fizičko–hemijskih osobina, koje zavise od plastično–elastičnih osobina glutena, empirijske osobine testa konstantno su predmet istraživanja. Prvobitno su empirijske osobine pšeničnog testa određivane samo farinografom, ekstenzografom, amilografom i miksografom, a od 90–tih godina prošlog veka koristiti se alveograf (Pena i sar., 1990). U poslednje vreme upotrebljava se *Stable Micro System Kiffer* metoda za određivanje ekstenzionih osobina pšeničnog testa i glutena (Pirozi i sar., 2008), reofermentometar (Ktenioudaki i sar., 2011) i *Mixolab* (Gil–Humanes i sar., 2012).

Potrebno je naglasiti da se u Srbiji i zemljama sa prostora bivše SFRJ osobine testa pri zamesu i količina vode koju je potrebno dodati brašnu, da bi se dobila odgovarajuća konzistencija testa, najčešće određuju *Brabenderovim* farinografom (Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988). I pored nedostataka, kao što je potrebna velika količina uzorka, ovaj aparat se i danas koristi u istraživačkom radu. Značaj farinografa potvrđen je u istraživanju Indrani i saradnika (2011) koji su preko promena vrednosti farinografskih pokazatelja pratili uticaj smeše različitog zrnevlja žitarica na osobine tradicionalnog indijskog hleba. Sa druge strane, Rakszegi i saradnici (2008) koristili su farinograf prilikom utvrđivanja uticaja HMW–GS sa Glu A1 lokusa transgenskih linija komercijalnih sorti na tehnološki kvalitet pšenice. Takođe, Zhang i saradnici (2007) su farinografom ispitali uticaj proteinskih frakcija hlebne pšenice na empirijske osobine testa i kvalitet tradicionalnog hleba.

Osim farinografa, za ispitivanje osobina testa pri mešenju često se koristi i miksograf (Rath i sar., 1990; Swanson i Working, 1933). Za razliku od farinografa u kojem se testo mesi sporohodno, kod miksografa je mešenje mnogo snažnije, što za posledicu ima da testo počinje da se rasteže pri rotiranju četiri klinasta mešača oko tri stacionarna (Spies, 1990). Zajedničko svojstvo za oba uređaja je da određuju empirijske osobine testa mereći njegov otpor usled delovanja mešača tokom mešenja testa. S obzirom da se u početnim fazama oplemenjivanja pšenice dobijaju male količine uzoraka, neophodno je da se za ispitivanje tehnološkog kvaliteta pšenice koriste uređaji manjeg kapaciteta. Stoga, proizvođači

miksografa razvili su uređaje manjeg kapaciteta kod kojih je za analizu potrebno 2 g, odnosno 10 g brašna (Mann i sar., 2008). Ovo je osnovna prednost miksografa u odnosu na farinograf čiji je najmanji kapacitet mesilice testa od 50 g. Takođe, podaci dobijeni u istraživanju Mann i saradnika (2008) pokazali su da je miksograf malog kapaciteta (2 g) robusna i efikasna zamena za farinograf i da se može koristiti i u komercijalne i u istraživačke svrhe. Suprotno od ovih rezultata, Miller i saradnici (1956), utvrdili su da je vreme mešenja i razvoj testa izmeren miksografom i farinografom u slaboj korelaciji. Miksograf su koristili Pirozi i saradnici (2008) za određivanje tehnološkog kvaliteta linija pšenice, čije su se HMW–GS razlikovale u broju cisteinskih ostataka. Dumur i saradnici (2010) su miksografom ispitali uticaj zamene HMW–GS sa Glu A1 i Glu–D1 lokusa, a Anderson i Bekes (2011) uticaj dodavanja HMW–GS u testo.

*Mixolab* je relativno nov uređaj koji služi za ispitivanje reoloških osobina testa pri zamesu, praćenje promena koje nastaju usled promene temperature, a primenjuje se i u istraživanjima za određivanje pecivnih osobina pšeničnog brašna (Collar i sar., 2007; Rosell i sar., 2010). Ovim uređajem određuju se važne osobine testa pri zamesu: moć upijanja vode, razvoj i stabilitet testa, ali i druge koje ukazuju na proteolitičku i amilolitičku aktivnost, na osnovu kojih se određuje potencijalna namena ispitivanog brašna u prehrambenoj industriji. Takođe, *Mixolabom* može se proceniti kvalitet testa kao i tradicionalnim metodama (Cato i Mills, 2008; Codina i sar., 2010) kao što su farinograf, ekstenzograf, amilograf, uređaj za određivanje broja padanja po *Hagbergu* i brzi visko analizator – VRA. Međutim, Gil–Humanes i saradnici (2012) su ispitivanjem uticaja  $\gamma$ -glijadina na empirijske osobine testa određivane *Mixolabom* utvrdili da razvoj i stabilitet testa nema pozitivne, već značajne negativne korelacije sa ukupnim sadržajem proteina ( $r=-0,69$ ) i ( $r=-0,61$ ).

Amilograf je uređaj za ispitivanje amilolitičke aktivnosti brašna, a osnovni nedostatak ovog uređaja je vreme trajanja analize. Kada je metoda za određivanje broja padanja po *Hagbergu*, postala standardna metoda za indirektno utvrđivanje amilolitičke aktivnosti prekrupe i brašna različitih sorti, amilograf se retko koristi, kao npr. u studiji Konopka i saradnika (2004). Ipak, Indrani i saradnici (2011) primenili su amilograf za ispitivanje uticaja različitog zrnavlja žitarica na osobine tradicionalnog indijskog hleba. Cato i Mills (2008) koristili su amilograf za ispitivanje amilolitičke aktivnosti brašna i dobijene podatke uporedili sa rezultatima dobijenim primenom *Mixolaba*.

Ekstenzografom se ispituju opšti pokazatelji snage testa, energija, otpor i rastegljivost (Kaluderski i Filipović, 1998). Nedostaci ove metode su vreme trajanja analize i potrebna velika količina uzoraka. Značaj ekstenzografa ogleda se u istraživanju Miša i Dzikia (2013) koji su izgled i vrednosti pokazatelja sa ekstenzografske krive, koristili za dobijanje matematičkog modela na osnovu kojeg je ispitan uticaj prehrambenih vlakana na pšenično testo. Nadalje, Indrani i saradnici (2011) su preko promena vrednosti ekstenzografskih pokazatelja pratili uticaj smeše različitog zrnavlja žitarica na osobine tradicionalnog indijskog hleba. Takođe, Zhang i saradnici (2007) koristili su ekstenzograf u cilju ispitivanja uticaja proteinskih frakcija hlebne pšenice na empirijske osobine testa i kvalitet tradicionalnog severnjačkog kineskog zaparenog hleba.

Alveograf je uređaj u kojem se testo podvrgava biaksijalnom istezanju, tj. rasteže se u dva normalna pravca iste ravni, kao kod ekspanzije sferičnog balona. Ovo je osnovna razlika u odnosu na ekstenzograf kod kojeg se testo podvrgava uniaksijalnom rastezanju (Dobraszczyk i Morgenstern, 2003). Alveografom, kao i ekstenzografom, određuju se opšti pokazatelji snage testa koja se u ovom slučaju izražava kao rad deformacije testa, njegov otpor – žilavost i rastegljivost testa (Kaluđerski i Filipović, 1998). Početkom prošlog veka uduvavanje vazduha korišćeno je kao empirijska tehnika za merenje rastegljivosti pšeničnog glutena i testa (Chopin, 1921). Ova metoda je unapređena razvojem alveografa za ispitivanje reoloških pokazatelja testa (Launay i sar., 1977) kao i merenjem pucanja i biaksijalnih reoloških osobina pšeničnog testa i glutena, kako bi se ispitaio njihov kvalitet (Dobraszczyk i Roberts, 1994; Dobraszczyk, 1997). Osnovna prednost ove reološke metode je u činjenici, da je deformacija kojoj se podvrgava testo, skoro identična deformaciji koja se dešava tokom fermentacije testa u masi, kada ga rasteže CO<sub>2</sub> koji proizvodi kvasac. U literaturno dostupnim istraživanjima alveograf je korišćen za ispitivanje tehnološkog kvaliteta različitih genotipova pšenice (Dumur i sar., 2010; Ktenioudaki i sar., 2011; Pena i sar., 1990; Rakszegi i sar., 2008).

Jedna od metoda koje se koriste za određivanje uniaksijalnih ekstenzionih osobina pšeničnog testa i glutena je *Stable Micro System Kiffer* metoda (Dobraszczyk i Morgenstern, 2003). Ovu metodu razvili su Kieffer i saradnici (1998) u cilju ispitivanja empirijskih osobina pšeničnog testa i glutena na mikro nivou. Autori su dobili statistički značajne korelacije između pokazatelja metode, sadržaja vlažnog glutena i probnog pečenja. Ovom metodom komad testa pričvršćen na oba kraja razvlači se do tačno definisanog nivoa odgovarajućim uređajem, i istovremeno se meri i sila i restegljivost testa. Nakon analize dobija se dijagram – sila u zavisnosti od rastegljivosti. Imajući u vidu da je za ovu metodu potrebna mala količina uzorka (10 g), rešen je nedostatak *Brabenderovog* ekstenzografa za koji je potrebna značajno veća količina uzorka za analizu, kao i vreme trajanja analize. Dakle, osnovna prednost *Stable Micro System Kiffer* metode je što zahteva malu količinu uzorka. S obzirom na to da su male količine uzoraka dostupne u početnim fazama oplemenjivanja, ova metoda našla je primenu za ispitivanje novih linija pšenice kada je potrebno utvrditi da li će dobijene linije pšenice imati dobre tehnološke osobine (Dumur i sar., 2010; Pirozi i sar., 2008; Rakszegi i sar., 2008).

Gluten indeks je relativno nova metoda za određivanje kvaliteta glutena, koja je u korelaciji sa parametrima empirijskih osobina testa, kao što su otpor i energija koje se određuju ekstenzografom (Ćurić i sar., 2001). Metoda je potpuno automatizovana, tako da se smanjuje uticaj ljudske greške pri određivanju ovog pokazatelja (Dowell i sar., 2008; Gil i sar., 2011). Istovremeno, ovom metodom dobijaju se podaci o sadržaju vlažnog glutena iz brašna i kvalitativnim osobinama glutena preko vrednosti gluten indeksa (procentualno izražena masa ostatka glutena na situ nakon centrifugiranja). Ćurić i saradnici (2001) utvrdili su značajnu negativnu linearnu korelaciju ( $r=-0,528$ ) između sadržaja vlažnog glutena i gluten indeksa. Ovo objašnjava činjenicu da kvantitativne osobine glutena ne moraju uvek da podrazumevaju i kvalitativne osobine, kao i značajnu pozitivnu



statističku korelaciju između vrednosti sadržaja proteina i količine suvog glutena ( $r=0,698$ ).

#### 2.1.4. Pokazatelji pecivnih osobina pšenice

Pokazatelji pecivnih osobina pšenice koji se dobijaju probnim pečenjem hleba su: osobine zapremine, senzorne i teksturne osobine hleba.

➤ Iako se vrednostima reoloških pokazatelja dobijaju podaci o kvalitativnim osobinama brašna i testa, ovo su ipak indirektni pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice. Nakon ispitivanja pecivnih osobina pšenice može se utvrditi da li je sirovina odgovarajuća za proizvodnju hleba. Najranija istraživanja su pokazala da su vrednosti zapremine vekni pripremljenih od brašna određenih tipova pšenice u korelaciji sa sadržajem proteina (Aitken i Geddes, 1934). Kada je brašno sa niskim sadržajem proteina poboljšano dodavanjem različitih količina glutena, dobijene su statistički veoma značajne korelacije između količina dodatog glutena i snage testa i zapremine vekni (Aitken i Geddes, 1939). Suprotno ovome, povećavanje izbrašnjavanja za posledicu ima negativan uticaj na zapreminu hleba (Pomeranz i sar., 1977).

➤ Pored određivanja zapremine hleba od pecivnih osobina ispituju se i senzorne osobine hleba. Ovo je osetljiv i zahtevan zadatak, jer se često dobijaju kontradiktorni rezultati i sa veoma iskusnim i utreniranim senzornim panelom, kada su u proizvodnom procesu ispitivanog hleba izvršene neznatne izmene (Pestorić i sar., 2008). Zbog toga, neophodno je da se primene instrumentalne metode, kojima se mogu dobiti reproduktivna i osetljiva merenja, što vodi do razvoja objektivnog sistema ocene pecivosti. U skladu sa ovim, Popov–Raljić i saradnici (2009) odredili su boju sredine hleba proizvedenog od brašna različitih žitarica instrumentalno (MOM–*color* 100) različitim sistemima (CIE, CIELab, ANLAB i *Hunter*), i utvrdili da boja sredine hleba zavisi od hemijskog sastava upotrebljenog brašna za proizvodnju hleba. Slično ovome, Zhang i saradnici (*in press*) su primenom hromametra Minolta utvrdili da se poboljšava svetloća brašna nakon dodavanja bakterijski proizvedenog enzima lipoksigenaze, a da ovaj enzim ima sličan uticaj i na boju testa jer se pored povećavanja svetloće smanjuje udeo žutog pigmenta.

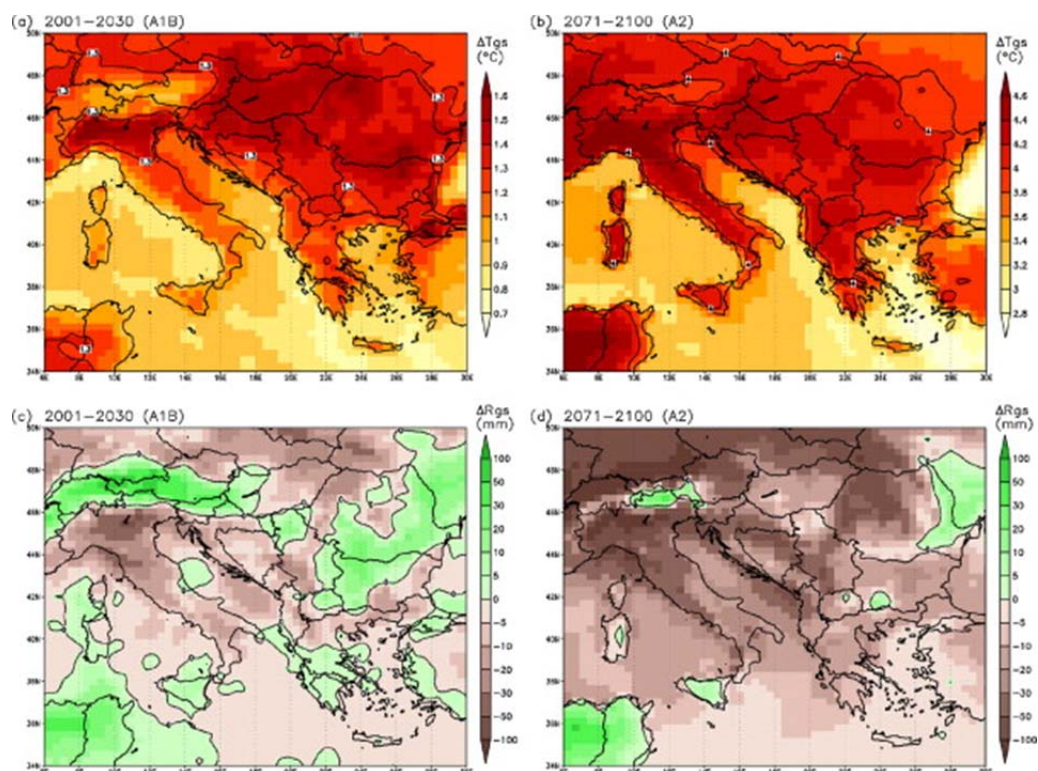
➤ Da bi se u potpunosti ocenio pecivni kvalitet hleba potrebno je da se odrede i njegove teksturne osobine. Najčešće se teksturne osobine hleba ocenjuju 24 h nakon pečenja. Tvrdoća hleba je jedan od najvažnijih teksturnih pokazatelja, a AACC (*American Association of Cereal Chemistry*) je standardizovao metodu za određivanje vrednosti tvrdoće hleba „univerzalnim uređajem“ (AACC 74–09). Takođe, ova metoda se koristi kada je potrebno ispitati uticaj glijadina i glutenina na pecivne osobine pšenice (Barak i sar., 2013), ili kakav uticaj ima dodavanje  $\beta$ -glukana pšeničnom brašnu na pecivni kvalitet (Skendi i sar., 2010). Ktenioudaki i saradnici (2011) odredili su pecivni kvalitet irskih sorti pšenica primenom *Texture Analyzer* TA–XT2i (TPA analiza) koji pruža mogućnost određivanja većeg broja teksturnih osobina. Ovi autori su, od svih izmerenih pokazatelja, upotrebili tvrdoću hleba za izračunavanje unutrašnje tvrdoće kriški hleba. Zatim, ova

veličina korišćena je sa izmerenim vrednostima zapremine hleba i digitalne analize slike za određivanje kvaliteta ispitivanih sorti pšenice.

## **2.2. Uticaj klimatskih faktora na razvoj zrna, sastav glutena i kvalitet pšenice**

U pojedinim godinama klimatski faktori značajno su uticali na razvoj biljaka i zrna pšenica, sastav glutena i kvalitet pšenice. S obzirom na ovu činjenicu, jedan pravac istraživanja usmeren je na praćenje promena razvoja biljaka i zrna pšenica, sastava glutena i kvaliteta pšenice u zavisnosti od klime i klimatskih promena. Poslednjih decenija klimatske promene su intenzivirane. Projekcije promena prosečnih dnevnih temperatura i padavina na godišnjem nivou, definisane su kao razlike između srednjih vrednosti budućeg i referentnog perioda, i prikazane su na slici 2.4. (Ruml i sar., 2012). Ove projekcije u periodu 2001–2030. godine za teritoriju Srbije, ukazuju da će doći do povećanja prosečnih dnevnih temperatura od 1,2 do 1,6°C i prosečnih godišnjih padavina za 10 mm u severnim i istočnim delovima Srbije, dok će se u centralnim i zapadnim delovima zemlje suma padavina smanjiti za istu vrednost. Takođe, u periodu 2071–2100. godine doći će do povećanja prosečnih dnevnih temperatura od 4,0 do 4,4°C, a smanjiće se prosečne godišnje padavine od 5 do 50 mm, što iznosi do 15% (Ruml i sar., 2012).

Vegetativni razvoj biljke pšenice počinje tako što zrno apsorbuje određenu količinu vode iz tla i počinje faza klijanja posle čega nova biljka u vidu jednog lista izbija na površinu tla i prelazi u fazu nicanja. Nakon ove faze, na stabac se formiraju kolena iz kojih izbijaju sekundarni korenčići i sekundarna stabla – faza bokorenja, nakon čega počinje intezivan rast stabala i lišća – faza vlatanja. Sledeća faza u razvoju biljke je klasanje i cvetanje, nakon čega započinje formiranje i sazrevanje zrna. U zrnu se dešavaju složeni biohemijski procesi, i u njemu se menjaju sadržaj vode i suve materije, kao veličina, oblik, boja i konzistenicja zrna. Početna faza ovih procesa predstavlja nalivanje zrna, a potom sledi sazrevanje (Žeželj, 1995).



**Slika 2.4.** Godišnje promene prosečnih dnevnih temperatura ( $\Delta T_{gs}$ ) i padavina ( $\Delta R_{gs}$ ) za period 2001–2030. scenario (a i c) i za period 2071–2100. scenario (b i d) u odnosu na referentni period 1961–1990. (preuzeto iz rada Ruml i sar., 2012)

Najznačajniji klimatski faktori koji utiču na razvoj biljke i zrna pšenice, sastav glutena i kvalitet pšenice, ispitani u mnogobrojnim istraživanjima su: povišena temperatura (Altenbach i sar., 2003; Daniel i Triboi, 2000; Debaeke i sar., 1996; DuPont i sar., 2000; Don i sar., 2005; Gil i sar., 2011; Gibson i sar., 1998; Panozzo i Eagles, 2000; Spiertz i sar., 2006; Stone i Savin, 1999; Tashiro i Wardlaw, 1990) i sušni uslovi (Altebach i sar., 2003; Borghi i sar., 1997; Carceller i Aussenac, 2001b; Daniel i Triboi, 2000; Debaeke i sar., 1996; Garrido–Lestache i sar., 2004; Gooding i sar., 2003). Retka su istraživanja u kojima je ispitivan uticaj povećane sume padavina na razvoj zrna, sastav glutena i tehnološki kvalitet, a dostupna su samo istraživanja u kojima je ispitivan uticaj na pojedine pokazatelje tehnološkog kvaliteta i samog zrna (Basso i sar., 2012; Garrido–Lestache i sar., 2004; López–Bellido i sar., 2001). Do sada je najmanje ispitano uticaj povećanja  $CO_2$  (iz preglednog rada Högy i Fangmeier, 2008) i smanjenja ozonskog omotača (Picchi i sar., 2010) na razvoj i pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice.

U sledećim poglavljima zasebno će biti prikazano kako klimatski faktori utiču na razvoj biljke i zrna pšenice, a potom na sastav glutena i kvalitet pšenice.

### **2.2.1. Uticaj klimatskih faktora na razvoj zrna**

Pre cvetanja pšenice klimatski faktori utiču na klijanje, fotosintezu, fazu bokorenja i fazu klasanja, i posledica ovih uticaja je različit broj zrna (Egli, 1998). Posle cvetanja pšenice, klimatski faktori prvenstveno utiču na veličinu zrna i njegov sastav (Dupont i Altenbach, 2003). Da bi se mogao ispitati uticaj pojedinačnih klimatskih faktora, kao što je uticaj vode (Kobata i sar., 1992), temperature (Gibson i Paulsen, 1999; Randall i Moss, 1990) i intenziteta svetla (Sofield i sar., 1977) na trajanje i stepen nalivanja zrna, kao i na veličinu i sastav zrna, koriste se kontrolisani eksperimentalni klimatski uslovi tokom rasta i razvoja biljke.

Temperatura utiče i na prinos pšenice jer menja dužinu trajanja faze nalivanja zrna, i na stepen nalivanja zrna. Za postizanje maksimalnih prinosa pšenice smatra se da je potrebna optimalna prosečna dnevna temperatura od 15 do 20°C. Temperatura u ovom opsegu omogućava najduže nalivanje zrna i maksimalnu akumulaciju skroba u zrnju. Ovako niska temperatura jedan je od ključnih faktora koji je odgovoran za visoke prinose pšenice koji se dobijaju u severnoj Evropi. Kada prosečna dnevna temperatura prelazi 20°C faza nalivanja zrna se skraćuje (Wiegand i Cuellar, 1981). Uticaj temperature na stepen nalivanja zrna zavisi od sorte pšenice (Tashiro i Wardlaw, 1990; Wardlaw i Moncur, 1995). Kod nekih sorti pšenice s povećavanjem temperature do 30°C povećava se i stepen nalivanja zrna čime se kompenzuje skraćivanje trajanja procesa nalivanja zrna pri visokim temperaturama. Međutim, kada se određene sorte pšenice podvrgnu temperaturama višim od 30°C, umesto 15°C, tokom faze nalivanja zrna, značajno se smanjuje njegova masa jer je sama faza nalivanja zrna skraćena, dok stepen nalivanja zrna ostaje konstantan. Pšenica se uzgaja i u zemljama (Australija, Indija, SAD i Meksiko) u kojima je tokom faze nalivanja zrna pšenice izložena veoma visokim temperaturama koje značajno skraćuju ovu fazu. U SAD, Altebach i saradnici (2003) utvrdili su da visoke temperature neznatno utiču na stepen nalivanja zrna, dok su Tashiro i Wardlaw (1990) u istraživanju sprovedenom u Australiji, zaključili da je došlo do smanjenja stepena nalivanja zrna. Altebach i saradnici (2003) su dokazali da se sve faze razvoja zrna ubrzavaju i skraćuju u sušnom periodu i da suša smanjuje veličinu zrna skraćivanjem faze nalivanja. Ovo istraživanje je pokazalo i da zajedničko delovanje visokih temperatura i suše, ima mnogo veći uticaj na trajanje faze nalivanja zrna, nego njihovi pojedinačni uticaji. Krucijalan period za završnu fazu formiranja prinosa zrna je mart–april. Garrido–Lestache i saradnici (2004) primetili su da višegodišnje razlike u mesečnim sumama padavina u pomenutom periodu imaju značajan uticaj na variranje prinosa. U slučaju veće sume padavina, i kratkotrajnih i dugotrajnih, dolazi do povećanja prinosa, što potvrđuju pozitivne korelacije (koeficijent korelacije od 0,5 do 1,0), koje su dobili Basso i saradnici (2012).

U tabeli 2.2. prikazano je kako najznačajniji klimatski faktori utiču na faze razvoja biljke.

Iako nije dovoljno ispitano, povećanje sadržaja CO<sub>2</sub> u atmosferi ima uticaj na povećanje produktivnosti pšenice, odnosno povećanje prinosa i biomase. Istovremeno dolazi i do

promena hemijskog sastava vegetativnih delova biljke i promene kvaliteta zrna pšenice (Högy i Fangmeier, 2008). Pleijel i saradnici (1998) su utvrdili da veće izlaganje ozonu između faze cvetanja i završetka faze nalivanja zrna pšenice, više utiče na smanjenje prinosa nego izlaganje ozonu pre faze cvetanja.

**Tabela 2.2.** Uticaj najvažnijih klimatskih faktora na razvoj biljke i zrna pšenice

Uticaj	Faza nalivanje zrna	Stepen nalivanja zrna
povišenih temperatura na faze razvoja biljke	skraćuje se (Wiegand i Cuellar, 1981)	utiče (Tashiro i Wardlaw, 1990; Wardlaw i Moncur, 1995)
	–	malo utiče (Altebach i sar., 2003)
padavina na zrno	Prinos	
	variranje prinosa Garrido–Lestache i sar. (2004)	
	povećanje prinosa (Basso i sar., 2012)	
povećanje CO <sub>2</sub>	Zrno	
	promene kvaliteta zrna (Högy i Fangmeier, 2008)	

### 2.2.2. Uticaj klimatskih faktora na sastav glutena

U nekoliko studija dokazano je da temperatura utiče na promenu količine, sastava i polimerizacije proteina glutena (Borghi i sar., 1995; Panozzo i Eagles, 2000). Procentualni udeo i glijadina i glutenina zavisi i od genotipa pšenice i klimatskih uslova, ali treba imati u vidu da su glijadini osetljiviji na klimatske uslove (Graybosch i sar., 1995). Triboni i saradnici (2000) dokazali su da se tokom faze nalivanja zrna povećava ukupna količina HMW–GS po jedinici brašna, menjaju se udeli pojedinačnih HMW–GS u ukupnoj količini brašna, dok su Carceller i Aussenac (2001a) zaključili da se povećava odnos x i y tipa HMW–GS. Suprotno njima, ispitivanjem sorti pšenice sa istim HMW–GS i znatno većim opsegom sadržaja proteina, uzgajanim pri vrlo različitim temperaturama i primenjenim količinama đubriva nakon cvetanja, DuPont i saradnici (2007) utvrdili su da udeo HMW-GS ostaje konstantan.

Uticaj temperature na sastav rezervnih proteina pšenice nije precizno razjašnjen, jer dobijene razlike zavise od genotipa pšenice. Kod nekih sorti pšenice koje su uzgajane u kontrolisanim klimatskim uslovima, primećeno je da visoke temperature utiču na povećanje udela glijadina prema gluteninima i smanjenje udela velikih proteinskih polimera (Panozzo i Eagles, 2000). Razlog za povećanje odnosa glijadina prema gluteninima leži u činjenici da se pri povišenim temperaturama neznatno smanjuje akumulacija glijadina u poređenju sa smanjenjem akumulacije glutenina (Stone i Savin, 1999). Takođe, i genotipske razlike u sortama pšenice imaju uticaj na formiranje proteina tokom faze nalivanja zrna. Sorte pšenice koje imaju par 5 + 10 podjedinica sa Glu–D1 lokusa, akumuliraju mnogo brže veće polimere glutenina tokom faze nalivanja zrna, od sorti pšenice koje imaju 2 + 12 podjedinica sa Glu–D1 lokusa (Gupta i sar., 1996), što je suprotno istraživanjima Stone i Nicolas (1996). S druge strane, u pojedinim istraživanjima,

utvrđeno je da sorte pšenice koje poseduju 5 + 10 par HMW–GS sa Glu–D1 lokusa imaju manju varijabilnost u sastavu rezervnih proteina kada su uzgajane pri visokim temperaturama, nego što je to slučaj sa sortama pšenice koje poseduju 2 + 12 par HMW–GS sa Glu–D1 lokusa (Blumenthal i sar., 1995a). Neka istraživanja dokazala su da i kod sorti pšenice sa 5 + 10 parom HMW–GS sa Glu–D1 lokusa dolazi do povećavanja vrednosti odnosa glijadina prema gluteninima i da njihovo brašno ima loše pecivne osobine. Ovo je bio slučaj kod sorte *Karl* koja je uzgajana u SAD na temperaturama 35/20°C umesto na 20/20°C (prosečna dnevna temperatura /prosečna noćna temperatura) od desetog dana nakon cvetanja pa sve do pune zrelosti zrna (Gibson i sar., 1998) i sorte *Lavett* koja je uzgajana na temperaturama 25/20°C umesto na 18/13°C (Spiertz i sar., 2006). Takođe, Spiertz i saradnici (2006) utvrdili su da temperaturne promene – „toplotni stres“ u kontrolisanim klimatskim uslovima, dobijene veštački izazvanim efektom staklene bašte, imaju pozitivan uticaj na relativan sadržaj gluteninskih makropolimera i veličinu njihovih agregata. Suprotno ovome, Don i saradnici (2005) su utvrdili da sa povećanjem temperature dolazi do formiranja manje količine gluteninskih makropolimera sa većim agregatima. Ovo se može objasniti bržim nastajanjem većeg broja disulfidnih veza tokom formiranja gluteninskih agregata usled dehidratacije i povišene temperature (Carceller i Aussenac, 2001b). U slučaju gubitka vode u biološkom sistemu, kao što je zrno pšenice, 33 dana nakon cvetanja u fazi nalivanja, dolazi do opadanja redukcione aktivnosti glutaciona, povećavanja formiranih disulfidnih mostova između glutaciona i polimernih proteina pšenice, kao i između molekula glutaciona (Rhazi i sar., 2003). Isto tako, do povećanja sadržaja proteina i nivoa  $\omega$ -glijadina u brašnu dolazi kada se pšenica uzgaja pri visokim temperaturama uz bolje agrotehničke mere, odnosno kada se primenjuje veća količina đubriva (DuPont i sar., 2000).

U tabeli 2.3. prikazano je kako najznačajniji klimatski faktori i genotipovi pšenice utiču na sastav glutena.

Povećanje CO<sub>2</sub> usled zagađenja okoline značajno utiče na aminokiselinski sastav pšenice, odnosno na sadržaj esencijalnih aminokiselina – treonina, valina, izoleucina, leucina i fenilalanina i na koncentraciju makro–elemenata i mikro–elemenata u zrnu, osim kalijuma i aluminijuma (Högy i Fangmeier, 2008).

**Tabela 2.3.** Uticaj najvažnijih klimatskih faktora i genotipova pšenice na sastav glutena

Klimatski uslovi			
povišene temperature	povećavanje udela glijadina prema gluteninima, smanjenje udela velikih proteinskih polimera (Panozzo i Eagles, 2000)	neznatno smanjenje akumulacije glijadina nego glutenina (Stone i Savin, 1999)	pozitivan uticaj na relativan sadržaj gluteninskih makropolimera i veličinu njihovih agregata (Spiertz i saradnici, 2006)
	formiranje manje količine gluteninskih makropolimera sa većim agregatima (Don i sar., 2005)		povećanje sadržaja proteina i nivoa $\omega$ -glijadina uz bolje agrotehničke uslove (DuPont i sar., 2000)
Genotip			
podjedinica sa Glu D1 lokusa	sorte pšenice sa 5 + 10 podjedinica akumuliraju mnogo brže veće podjedinice glutenina od sorti pšenice sa 2 + 12 podjedinicama (Gupta i sar., 1996)	sorte pšenice sa 2 + 12 podjedinicama akumuliraju mnogo brže veće podjedinice glutenina od sorti pšenice sa 5 + 10 podjedinicama (Stone i Nicolas, 1996)	
Zajednički uticaj sorte i genotipa			
povišena temperatura i podjedinice sa Glu D1 lokusa	sorte pšenice sa 5+10 podjedinicama imaju manju varijabilnost u sastavu rezervnih proteina od sorti pšenica sa 2 + 12 podjedinicama (Blumenthal i sar., 1995a)	kod sorti pšenice sa 5+10 podjedinicama dolazi do povećavanja vrednosti odnosa glijadina prema gluteninima (Gibson i sar., 1998)	

### 2.2.3. Uticaj klimatskih uslova na tehnološki kvalitet pšenice

Kao što je prethodno spomenuto tehnološki kvalitet pšenice podložan je uticaju klimatskih uslova. Sa povećanjem ukupne sume padavina povećava se zapreminska masa zrna (Garrido–Lestache i sar., 2004). Sušni period koji je vladao tokom 1992. godine u Italiji u fazi nalivanja zrna doveo je do formiranja šturih zrna, što je izazvalo smanjenje zapreminske mase za 11 kg/hl (Borghini i sar., 1997). Schuler i saradnici (1995) dokazali su da iako se iz mase zrna uklone sva štura zrna pre mlevenja, klimatski uslovi ipak utiču na tehnološki kvalitet. Pomeranz i saradnici (1985) došli su do saznanja da se tvrdoća zrna menja u zavisnosti od klimatskih uslova. Klimatski faktori kao što su temperatura, intenzitet svetlosti i dužina trajanja faze nalivanja zrna imaju uticaj na sadržaj proteina. Prema Johnson i Mattern (1987), ovi klimatski uslovi u severozapadnoj Evropi produžavaju trajanje faze nalivanja zrna, što za posledicu ima dobro naliveno zrno sa niskim sadržajem proteina. Suprotno ovome, Zhao i saradnici (2009) utvrdili su da uticaj veštački izazvane suše nije doveo do povećanja sadržaja proteina u pšenici. U toplim i sušnim podnebljima, kao što su visoravni u SAD i Mediteranskim regionima, pšenica uglavnom ima viši sadržaj proteina. U mnogim istraživanjima dokazano je da se

koncentracija azota u zrnu povećava sa rastom temperature i smanjivanjem padavina (Daniel i Triboi, 2000; Debaeke i sar., 1996). Međutim, u nekoliko istraživanja dobijeno je da velike količine padavina tokom proleća – april i maj (Garrido–Lestache i sar., 2004) i samo maj (López–Bellido i sar., 2001) povećavaju sadržaj proteina. Garrido–Lestache i saradnici (2004) utvrdili su da klimatski uslovi znatno utiču na gluten indeks. Velike razlike u izmerenim meteorološkim parametrima različitih godina za rezultat imaju merljive razlike gluten indeksa. Relativno toplo i suvo vreme tokom 2008. godine u Izraelu dovelo je do značajnog opadanja vrednosti gluten indeksa (Gil i sar., 2011). Gooding i saradnici (2003) pronašli su da na vrednost SDS sedimentacije znatno više utiče stres izazvan sušom, koji počinje pre završetka faze nalivanja zrna, nego temperaturni stres ili suša u naknadnim fazama razvoja zrna. Garrido–Lestache i saradnici (2004) pratili su uticaj klimatskih faktora u različitim godinama i utvrdili da njihov uticaj na reološke pokazatelje tehnološkog kvaliteta nije jasno definisan kao u slučaju sadržaja proteina. Randall i Moss (1990) su zaključili da temperature do 30°C tokom faze nalivanja zrna povećavaju snagu testa, ali temperature iznad ove granične vrednosti dovode do gubljenja snage testa. Borghi i saradnici (1995) su ispitivali durum pšenice i utvrdili da je granična vrednost temperature 35°C. Ciaffi i saradnici (1996) ukazuju da i kratak period veoma visokih temperatura (35 – 40°C) tokom razvoja zrna ima negativan uticaj na tehnološki kvalitet pšenice. Visoke prosečne vrednosti alveogramskog pokazatelja P/L (1,49) dobijene u istraživanju Garrido–Lestache i saradnika (2004), ukazuju da visoka temperatura tokom maja, i niska relativna vlažnost u periodu nalivanja zrna ubrzava sazrevanje zrna, što menja odnos glijadina i glutenina tzv. gli/glu odnos (Borghi i sar., 1997). López–Bellido i saradnici (2001) zaključili su da, u godinama kada je pšenica imala najviši prinos i kada je bilo najviše padavina tokom faze formiranja zrna, W nije značajno varirao sa povećanjem količine azotnog đubriva.

„Toplotni stres“ uticao je na povećanje broja padanja po *Hagbergu* do 400 s, kada je pšenica bila izložena njegovom dejstvu u periodu od 15 do 28 dana nakon cvetanja (Gooding, 2003). Što se tiče pecivnih osobina, „toplotni stres“ utiče na zapreminu hleba. U istraživanju Peterson i saradnici (1998), utvrdili su da rast temperature do 32°C utiče na povećanje zapremine hleba. Ukoliko period sa temperaturama višim od 32°C traje duže od 90 h, vrednosti zapremine hleba počinju znatno da se smanjuju.

U tabeli 2.4. prikazani su najznačajniji klimatski faktori koji utiču na tehnološki kvalitet pšenice.



**Tabela 2.4.** Uticaj najvažnijih klimatskih faktora na tehnološki kvalitet pšenice

Uticaj	Zapreminska masa (kg/Hl)	Sadržaj proteina (%)	Gluten index (%)	SDS sedimentacija (mm)	Snaga testa
povećana suma padavina	povećanje (Garrido –Lestache i sar., 2004)	nizak sadržaj (Johnson i Mattern 1987)	–	–	–
		povećanje (Garrido –Lestache i sar., 2004; López –Bellido i sar., 2001)		–	–
sušni period	smanjenje (Borghini i sar., 1997)	–	–	veći od uticaja temperature Gooding i sar., 2003)	–
sušni period + povećanje temperature	–	povećanje (Daniel i Triboi, 2000; Debaeke i sar., 1996)	opadanje (Gil, i sar., 2011)	–	gubljenja snage testa T> 35 °C (Randall i Moss 1990; Garrido – Lestache i sar., 2004)

## 2.3. Uticaj ekoloških faktora na razvoj zrna, sastav glutena i kvalitet pšenice

Kao što je u prethodnim poglavljima objašnjen uticaj klimatskih faktora na razvoj zrna, sastav glutena i kvalitet pšenice, potrebno je reći da i ekološki faktori (insekti, bolesti, korovi) zasebno ili u kombinaciji sa klimatskim i genetskim faktorima takođe utiču na njih.

### 2.3.1. Uticaj žitnih stenica (*Aelia* i *Eurigaster spp.*) na strukturu glutena i tehnološki kvalitet pšenice

Poznato je da napad *Heteropterous* insekata na pšenicu u polju pre žetve utiče na umanjene njenog tehnološkog kvaliteta (Hariri i sar., 2000). U Evropi, Bliskom Istoku i Severnoj Africi, ovaj pad tehnološkog kvaliteta pšenice pripisuje se nekim vrstama žitnih stenica (*Aelia* i *Eurigaster sp.*) (Every, 1992), a posledica napada je oštećenje glutena (Aja i sar., 2004; Torbica i sar., 2007). Umanjenje tehnološkog kvaliteta pšenice može se objasniti činjenicom da se egzogeni proteolitički enzimi iz pljuvačke žitnih stenica tokom njihovog napada (*Aelia* i *Eurigaster sp.*) unose u zrno pšenice (Lorenz i Meredith, 1988). Nakon zamesa brašna dobijenog od zrna oštećene pšenice sa vodom i formiranja testa, proteolitička aktivnost se povećava, što dovodi do degradacije proteina i promene strukture glutena. Nakon inkubacije glutena na 37°C, promene uočene od strane Pérez i saradnika (2005) su značajno povećanje slobodnih tiolnih i amino grupa. Zbog ove činjenice, Aja i saradnici (2004), Torbica i saradnici (2007) modifikovali su metodu gluten indeksa uz inkubaciju na istoj temperaturi, jer se u tom slučaju mnogo preciznije može odrediti pad tehnološkog kvaliteta brašna uzrokovan napadom žitnih stenica. Takođe, Pérez i saradnici (2005) su merenjem koncentracije slobodnih amino grupa u glutenu pšenice napadnute žitnim stenicama utvrdili da se količina slobodnih amino grupa povećala za vreme inkubacije oštećenog glutena, tek nakon prvog sata inkubacije. Na osnovu toga zaključeno je da proteaze žitnih stenica iniciraju odloženo raskidanje veza u glutenu, posebno amino grupa unutar polimerne strukture do kojih se teže dolazi, pri čemu se dobijaju različiti polipeptidi. Zrno oštećeno napadom žitnih stenica nema umanjene vrednosti fizičkih pokazatelja zrna – hektolitarske mase i mase hiljadu zrna (Rosell i sar., 2002). Od pšeničnog brašna oštećenog zrna dobija se lepljivo testo, male snage, a vekne hleba imaju umanjenu zapreminu i neodgovarajuću teksturu (Hariri i sar., 2000). U nekim slučajevima, pad tehnološkog kvaliteta je takav da se ekstenzografski pokazatelji tehnološkog kvaliteta ne mogu odrediti (Torbica i sar., 2007). Aja i saradnici (2004) su kod uzoraka pšenice oštećenih žitnim stenicama utvrdili HPLC tehnikom značajno povećavanje količine jedinjenja rastvorljivih u vodi čije su molekulske mase manje od 10 000 i veće od 30 000 Da. Kod takvih uzoraka, primenom dve elektroforetske tehnike, utvrđeno je smanjenje glijadinskih i gluteninskih frakcija od strane Sivri i saradnika (1998). U sledećem

istraživanju ove grupe autora potvrđeno je smanjenje i HMW–GS i LMW–GS (Sivri i sar., 1999).

Iako su neka istraživanja pokazala da se u pšenici oštećenoj žitnim stenicama povećava amilazna aktivnost (Kretovich, 1944), istraživanje Rosell i saradnika (2002) ukazalo je da posle napada žitnih stenica (*Aelia* i *Eurigaster sp.*) skrobne granule ostaju potpuno neoštećene, i da se ne može se pronaći veza između  $\alpha$ -amilolitičke i  $\beta$ -amilolitičke aktivnosti zrna i oštećenja sorti pšenice izazvane žitnim stenicama.

### 2.3.2. Uticaj fuzarioznih zrna (*Fusarium spp.*) na tehnološki kvalitet pšenice

Predstavnici roda *Fusarium* su uobičajene plesni i mogu se naći na zrnima žitarica (Parry i sar., 1995). Ove plesni su važni patogeni biljaka koje proizvode različite mikotoksine (kao što je deoksivalenol (DON)), a pšenica zaražena *Fusarium* ima manji prinos i slabiji tehnološki kvalitet. Do kontaminacije i razvoja plesni koje proizvode mikotoksine može doći u polju pre žetve, za vreme transporta, prerade i skladištenja zrna (Santin, 2005). DON je najčešći mikotoksin iz grupe *Fusarium* mikotoksina i kontaminira pšenicu u visokim koncentracijama (Clear i Patrick, 2000). Ovaj mikotoksin se formira u pšenici koja sadrži fuzariozna zrna (Kokkonen i sar., 2010). U skladu sa ovim, većina istraživanja o uticaju plesni roda *Fusarium*, usmerena je na ispitivanje zdravstvene bezbednosti pšenice, jer *Fusarium* mikotoksini predstavljaju ozbiljnu pretnju po zdravlje ljudi i stoke (Briones–Reyes i sar., 2007; Detrixhe i sar., 2003; Whitlow i Hagler., 2005).

Poznato je da infekcija plesnima roda *Fusarium* za vreme cvetanja pšenice dovodi do gubitka mase zrna i pojave šturih zrna (Beck i sar., 1997), što ima negativan uticaj na mlevne osobine pšenice (Tkachuk i sar., 1991). Prema istraživanju Beethela i saradnika (1985) *F. graminearum* uzrokuje uništavanje rezervnih proteina pšenice, dok su Boyacioğlu i Hettiarachchy (1995) utvrdili da srednji nivo zaraze istom vrstom *Fusarium* plesni izaziva značajne promene sastava proteina. Istraživanja Dexter i saradnika (1996) i Meyer i saradnika (1986) pokazala su da je visoka kontaminacija *Fusarium* plesnima povezana sa gubitkom tehnološkog kvaliteta zaraženog brašna, što je uticalo na niže vrednosti zapremine hleba određene nakon probnog pečenja. Ovu pojavu Meyer i saradnici (1986) pripisali su degradaciji glutenskih proteina pšenice. Suprotno ovim istraživanjima, Seitz i saradnici (1986) utvrdili su da sadržaj fuzarioznih zrna od 3% ne utiče značajno na slabljenje tehnološkog kvaliteta američke ozime crvene pšenice. Slično njima, Antes i saradnici (2001) su tokom ispitivanja uzoraka pšenice visoko kontaminirane *Fusarium* plesnima i sa visokim sadržajem DON, ustanovili da nema značajnog smanjenja tehnološkog kvaliteta pšenice. Jedno od poslednjih istraživanja na ovu temu, pokazalo je da se probnim pečenjem brašna od zrna koje je kontaminirano *Fusarium* plesnima i sa izuzetno visokim nivoom DON u brašnu, dobijaju dobre pecivne osobine (Prange i sar., 2005).

### 2.3.3. Uticaj tamnokličnih zrna na tehnološki kvalitet pšenice

Plesni *Alternaria alternata* i *Helmithosporium sativum* uobičajen su izvor infekcije koji utiče na boju zrna pšenice, odnosno zrno postaje tamno mrko ili crno. Ova zrna nazivaju se tamnoklična jer kada infekcija zahvati samo klicu ona pocrni, što ne znači da se infekcija ne može proširiti po celom zrnu i promeniti mu boju. Za sada najčešći uzrok infekcije u zapadnoj Kanadi je *Alternaria alternata* (Dexter i Edwards, 1997). Iako neki istraživači smatraju da je infekcija plesnima najverovatniji uzrok nastanka tamnokličnih zrna, za nastanak ove pojave postoje i drugi uzroci (Mak i sar., 2006), među kojima su i abiotički uticaji, kao što su velika količina padavina, povećana vlažnost vazduha i ekstremne temperature (Clarke i sar., 2004). U Australiji je Williamson (1997) ustanovio da do nastanka tamnokličnih zrna dolazi čak i u odsustvu infekcije plesnima.

Smatra se da tamnoklična zrna imaju bitan uticaj na kvalitet pšenice, jer tokom infekcije plesni dospevaju u endosperm i izazivaju promenu boje zrna ili klice. Izgled ovih zrna smanjuje prometni kvalitet i ima negativan uticaj na njenu cenu (King i sar., 1981), a visoki nivoi tamnokličnih zrna umanjuju tehnološki kvalitet pšenice (Fernandez i sar., 1998). Međutim, istraživanje Dexter i Edwards (1997) pokazalo je da je uticaj tamnokličnih zrna na mlevni i pecivni kvalitet minimalan, čak i pri nivoima tamnokličnih zrna koji pšenicu svrstavaju u stočnu hranu. Do sličnih rezultata došli su Rees i saradnici (1984) ispitujući 12 uzoraka pšenica koji su sadržali od 10 do 50% tamnoklična zrna. Relevantni literaturni podaci ukazuju da srednji nivo tamnokličnih zrna ne utiče na boju brašna i kriške hleba (Allen i sar., 2001), i da se hemijski sastav tamnokličnih zrna ne razlikuje značajno od hemijskog sastava zrna koja nisu tamnoklična (Goswami i Sehgal, 1969). Ovi autori su utvrdili i da se od brašna ovih uzoraka pšenice proizvodi hleb sličnog kvaliteta.

### 2.3.4. Uticaj prokljalih zrna na tehnološki kvalitet pšenice

Prokljavanje zrna pšenice posledica je visokog sadržaja vlage tokom žetve, što uzrokuje aktiviranje klice i prokljavanje zrna. Izdanak probija spoljašnji omotač zrna, klica postaje uočljiva golim okom i/ili dolazi do promene boje zrna što nezatno utiče na mlevne osobine pšenice (Chamberlain i sar., 1983), a brašno dobijeno mlevenjem prokljale pšenice ima viši sadržaj pepela i tamniju boju (Lorenz i Valvano, 2006). Prokljavanje zrna pre žetve utiče na smanjenje prinosa pšenice, i u godinama kada je prokljavanje zrna bilo izuzetno intenzivno gubici prinosa zrna pšenice iznosili su od 10 do 50% (Stoy, 1983). Tokom prokljavanja zrna dolazi do sinteze i oslobađanja enzima koji razgrađuju rezerve skroba, proteina i masti smeštenih u endospermu zrna, a izdvajaju se šećeri i amino kiseline za ishranu klice. Usled razgradnje skroba smanjuje se i njegova moć zadržavanja

vode, pa se u procesu proizvodnje hleba mora smanjiti i količina vode koja se dodaje takvom brašnu, i dobija se manji broj proizvedenih vekni, što dovodi do velikih ekonomskih gubitka u pekarskoj industriji (Tipples i sar., 1966). Pored negativnog uticaja na ekonomske pokazatelje u pekarskoj industriji razgrađeni skrob i proteinske komponente iz brašna prokljale pšenice umanjuju njegov kvalitet, što doprinosi lošijem kvalitetu finalnih proizvoda (Kruger, 1972). Barbeau i saradnici (2006) utvrdili su da nezatno prokljavanje ozime pšenice dovodi do znatnog smanjenja snage testa (određene farinografom) svih 17 ispitivanih uzoraka. U jednom od prvih istraživanja na ovu temu, Kozmin (1933) je na osnovu laboratorijskog probnog pečenja utvrdila da je dobijeni hleb od brašna prokljale pšenice bio lepljive, neelastične i vlažne sredine, što je bila posledica previsokog stepena razlaganja skroba do dekstrina i nižih šećera. Lepljiva i gumasta struktura sredine hleba stvara problem tokom sečenja hleba, zato što se nakuplja na oštirci noža za sečenje, što onemogućava dobijanje pravilnih kriški hleba (Dexter, 1993).

Lorenz i saradnici (1983) utvrdili su da su pored  $\alpha$ -amilaze u brašnu iz prokljale pšenice prisutne i proteaze, čija povećana aktivnost utiče na osobine glutena, povećanje zapremine i slabiji kvalitet sredine hleba. Oko 90% proteazne aktivnosti nastale tokom prokljavanja zrna je uzrokovano delovanjem cistein proteaza (Bigiarini i sar., 1995). Povećana endoproteazna aktivnost u brašnu od prokljale pšenice dovodi do povećanja razlaganja proteina i povećanja sadržaja asparaginske kiseline (Simsek i sar., 2013).

Pšenica sa visokim sadržajem prokljalih zrna svrstava se u niže kvalitetne klase što utiče na njenu tržišnu vrednost. U prilog ovome govori činjenica da su australijski farmeri iz južnih regiona australijskog žitnog pojasa u žetvi 2004. godine izgubili 20% vrednosti pšenice, i nisu im isplaćene premije, jer su vrednosti broja padanja po *Hagbergu* bile ispod propisane vrednosti australijskog Odbora za pšenicu (*Australian-Wheat-Board*, 2003–2004). Ovo je podstaklo istraživanja u cilju dobijanja informacija za genotipove pšenice koji su otporni na predžetveno prokljavanje. Prva istraživanja pokazala su da pri sličnim klimatskim uslovima, koji su vladali u različitim godinama, ne postoje interakcije između sorti pšenice i godina (Trethowan, 1995). U istraživanju Biddulph i saradnika (2008) utvrđeno je da postoje određene sorte koje mogu da održe nivo broja padanja po *Hagbergu* iznad 300 s, iako je 2 meseca nakon dostizanja pune zrelosti zrna nivo ukupne sume padavina u polju dostigao 122 mm. Simsek i saradnici (2013) su dokazali da su genotipovi tvrde bele jare pšenice podložniji prokljavanju od tvrde crvene jare pšenice, jer su kod pojedinih linija pšenice izmerene niže vrednosti endoproteazne aktivnosti, što je uslovalo i manje razlaganje proteina i niže vrednosti koncentracije asparaginske kiseline.

## **2.4. Uticaj proteina glutenskog kompleksa na tehnološki kvalitet pšenice**

Mnogobrojna istraživanja su urađena da bi se ispitaio uticaj glutenskih proteina glutenina na viskoelastične osobine testa i tehnološki kvalitet pšenice (Branlard i Dardevet, 1985; Blumenthal i sar., 1995b; Gupta i sar., 1991; Huebner i sar., 1999; Lawrence i sar., 1988;

Luo et al., 2001; MacRitchie i sar., 1991; Ng i Bushuk, 1988; Payne i sar., 1984; Pirozi i sar., 2008; Wrigley i Beitz, 1988) i glijadina (Gil–Humanes i sar., 2012; Huebner i sar., 1997; Metakovsky i sar., 1990; Payne i sar., 1984; Van Lonkhuijsen i sar., 1992). Rezultati ovih istraživanja pokazali su da se genotipskim varijacijama značajno utiče na navedene osobine testa i tehnološki kvalitet pšenice.

### **2.4.1. Uticaj glutenina**

Payne i saradnici (1984) sproveli su jedno od prvih istraživanja o uticaju glutenina na tehnološki kvalitet pšenice, i dokazali da su glutenini odgovorni za elastičnost testa. Mišljenje koje preovlađuje u naučnom svetu je da su razlike u osobinama glutenina mnogo značajnije od uticaja glijadina i da se njima bolje objašnjavaju razlike u tehnološkim i pecivnim osobinama pšenice. U različitim sortama pšenice identifikovano je više od 20 različitih HMW–GS i više od 40 različitih LMW–GS (Gupta i Shepherd, 1990), što objašnjava znatnu raznolikost gluteninskog sastava u ispitivanim sortama pšenice i značajno variranje tehnološkog kvaliteta pšenice.

Ng i Bushuk (1988) smatraju da sastav HMW–GS glutenina može objasniti variranje 67% pecivnih osobina brašna pšeničnih sorti, uticaj njihovih količina, relativnih udela, kao i raspodele molekulskih masa na tehnološki kvalitet pšenice. Osim sastava HMW–GS glutenina i sastav LMW–GS glutenina utiče na tehnološki kvalitet pšenice, s obzirom na to da ove podjedinice utiču na otpor i rastegljivost testa (Gupta i sar., 1991). Na kraju ovog poglavlja biće predstavljen zajednički uticaj HMW–GS i LMW–GS na tehnološki kvalitet pšenice.

#### **2.4.1.1. Uticaj HMW–GS**

Lawrence i saradnici (1988) dokazali su da najveći doprinos tehnološkom kvalitetu pšenice daje Glu–D1, potom Glu–B1 i na kraju Glu–A1 lokus. Pored toga, utvrđeno je da su pojedine HMW gluteninske podjedinice kodirane na Glu A1 (1, 2\*), Glu B1 (17 + 18) i Glu D1 (5 + 10, 2 + 12) lokusima značajne za tehnološki kvalitet pšenice (Payne i sar., 1987b).

Tehnološki kvalitet pšenice zavisi od elastičnosti i rastegljivosti testa, na koje značajno utiče prisustvo ili odsustvo određenih HMW gluteninskih podjedinica (Payne i sar., 1987b). Od momenta kad su Payne i saradnici (1981; 1984) utvrdili postojanje korelacija između HMW sastava gluteninskih podjedinica i tehnološkog kvaliteta, istraživanja su uglavnom usmerena na utvrđivanje prisustva, odnosno odsustva pojedinih podjedinica. Na primer, poznata je činjenica da par podjedinica HMW–GS sa D lokusa 5 + 10 formira jače testo, nego par podjedinica HMW–GS sa D lokusa 2 + 12, zbog jednog cisteinskog ostatka više u ponavljajućoj aminokiselinskoj sekvenci 5. podjedinice (Lafiandra et al., 1993). Ovo je u skladu sa pretpostavkom Bietza (1987) koji je ukazao da broj i položaj cisteinskih ostatka omogućava intermolekularno povezivanje i koji je do određenog nivoa odgovoran

za kvalitativne razlike prisutne između određenih HMW gluteninskih podjedinica. Takođe, Huebner i saradnici (1999) dokazali su da postoje značajne razlike u vrednostima pojedinih pokazatelja koji su dobijeni miksografom (apsorpcija vode, vreme mešenja i miksografski broj), među grupama sorti meke ozime pšenice sa HMW–GS 5 + 10 i 2 + 12, kao i da se od sorti koje imaju HMW–GS 5 + 10 sa D lokusa može proizvesti kvalitetniji keks. Sa druge strane, Johansson i saradnici (1994), i Blumenthal i saradnici (1995b) su pokazali da pojedine sorte pšenice sa HMW–GS 5 + 10 imaju lošiji tehnološki kvalitet od sorti sa HMW–GS 2 + 12. Podjedinice 1 i 2\* na Glu A1 lokusu karakterišu pozitivne korelacije sa alveografskim pokazateljima W i G (alveografska zapremina vazduha za formiranje balona testa), dok par podjedinica 17 + 18 sa Glu B1 lokusa utiče na rastegljivost testa (Branlard i Dardevet, 1985). Smatra se da podjedinica 1 sa Glu A1 lokusa ima pozitivan efekat zbog svoje jedinstvene strukture koja omogućava veće i stabilnije proteinske agregate. Niske vrednosti pokazatelja tehnološkog kvaliteta kod nekih sorti pšenice dovode se u vezu sa nepostojanjem gluteninske podjedinice na Glu A1 lokusu, a prisutnim parom HMW–GS 4 + 8 sa Glu B1 lokusa i parom HMW–GS 2 + 12 Glu D1 (Weegels i sar., 1996). Za bliske genotipove pšenice koje se razlikuju u HMW–GS sa Glu B1 lokusa, dokazano je da je prisustvo 7 + 8 ili 7 + 9 podjedinica umesto 20x + 20y ili 26 + 27, povezano sa višim sadržajem nerastvorljivih polimernih proteina, većom snagom testa i boljim pecivnim osobinama (Pirozi i sar., 2008). Ovo se može objasniti činjenicom da podjedinica 7 ima više cisteinskih ostataka kojima se uvećava HMW gluteninski polimer. Ispitivanjem bliskih izogenskih linija kod kojih su uklonjene pojedine gluteninske podjedinice potvrđeno je da se snaga mešenja testa i tehnološki kvalitet pšenice, odnosno pecivne osobine smanjuju njihovim uklanjanjem (MacRitchie i Lafiandra, 2001). Kada je kod sorte *Soisson* transgenezom zamenjena podjedinica 2\* sa Glu A1 lokusa sa podjedinicom 1, Field i saradnici (2008) su utvrdili da ova promena utiče na povećavanje snage testa.

U tabeli 2.5. prikazan je sistematizovan uticaj pojedinačnih HMW–GS ili parova sa istog lokusa na tehnološki kvalitet pšenice.

**Tabela 2.5.** Uticaj sastava HMW–GS na tehnološki kvalitet pšenice

Podjedinice sa Glu–A1 lokusa	Snaga testa	Osobine testa pri zamesu	Rastegljivost testa
1	pozitivne korelacije (Branlard i Dardevet, 1985; Field i sar. 2008)	–	pozitivne korelacije (Branlard i Dardevet, 1985)
2*	pozitivne korelacije (Branlard i Dardevet, 1985)	–	pozitivne korelacije (Branlard i Dardevet, 1985)
Podjedinice sa Glu–B1 lokusa	Snaga testa	Osobine testa pri zamesu	Rastegljivost testa
17+18	–	–	utiče (Branlard i Dardevet, 1985)
Podjedinice sa Glu–D1 lokusa	Snaga testa	Osobine testa pri zamesu	Rastegljivost testa
5+10	jače testo (Lafiandra i sar., 1993)	postoji razlika kod ova dva para podjedinica (Huebner i sar., 1999)	–
2+12	slabije testo (Lafiandra i sar., 1993)		–

Da bi se predvideo kvalitet pšenice nije dovoljno samo utvrditi prisustvo i/ili odsustvo određenih HMW–GS podjedinica, nego je potrebno odrediti i apsolutne količine i relativne udele HMW–GS (MacRitchie i sar., 1991; Sutton, 1991). U skladu sa ovim, Wieser i saradnici (1994) utvrdili su postojanje statistički značajnih korelacija između količina HMW–GS i maksimalnog otpora testa i glutena. Dodavanjem HMW–GS brašnu, Veraverbeke i saradnici (1998) su pokazali da, iako se povećava miksografski merena snaga testa, to ne utiče na poboljšanje pecivnih osobina, odnosno ne dolazi do povećanja zapremine hleba. Moguće je ispitati uticaj pojedinačnih HMW–GS ako se one bakterijski proizvedu. Anderson i Bekes (2011) su dokazali da dodavanje pojedinačnih podjedinica sa Glu D1 lokusa HMW–GS x–tipa (2 i 5) u pet različitih uzoraka testa ima veći uticaj na pokazatelje testa nego što je to slučaj sa HMW–GS y–tipa (10 i 12). U ovom istraživanju utvrđeno je da je u slučaju zajedničkog dodavanja x i y podjedinica (5 + 10 i 2 + 12; svaki par podjedinica zasebno), njihov zajednički efekat veći od efekta pojedinačkih podjedinica.

Rezultati koje su dobili Anderson i Bekes (2011) pokazuju da podjedinice x–tipa imaju veći uticaj na pokazatelje testa od podjedinica y–tipa, što je u skladu sa rezultatima istraživanja Wrigley i Beitz (1988). Takođe, Wrigley i Beitz (1988) dokazali su da raspodela molekulskih masa gluteninskog polimera ima važnu ulogu u određivanju viskoelastičnih osobina testa. Ova činjenica objašnjena je teorijom polimera, tj. da samo polimeri koji imaju molekulsku masu iznad određenih veličina doprinose elastičnosti gluteninskog polimera (MacRitchie, 1992). Ovo je u skladu i sa nekoliko istraživanja u



kojima je prikazano postojanje pozitivnih korelacija između snage testa/pecivnih osobina i veličina najvećih gluteninskih polimera (Singh i MacRitchie, 2001b; Veraverbeke i Delcour, 2002)

#### 2.4.1.2. Uticaj LMW–GS

Uticaj sastava LMW–GS nije ispitivan kao uticaj sastava HMW–GS i teško je odrediti njihov zaseban uticaj na tehnološki kvalitet pšenice bez ispitivanja HMW–GS. U istraživanju, Luo i saradnici (2001) dobili su da specifični sastav LMW–GS ima veći uticaj na rastegljivost testa nego na snagu testa i ove osobine su u direktnoj vezi sa HMW–GS. Do sličnih rezultata došli su Metakovsky i saradnici (1990), koji su potvrdili postojanje značajnih korelacija između prisustva LMW–GS i otpora i rastegljivosti testa. Do 46% variranja vrednosti ekstenzografskog otpora i rastegljivosti testa objašnjeno je sa LMW–GS (Gupta i sar., 1991). LMW–GS imaju važnu ulogu u određivanju kvaliteta testenine od durum pšenice (Pogna i sar., 1988). Postoji ograničen broj informacija o relativnom uticaju različitih LMW–GS B-tipa na kvalitet pšeničnog hleba (Gupta i sar., 1989; Luo i sar., 2001). Sa druge strane za LMW–GS C-tipa i D-tipa, Masci i saradnici (1998) pretpostavljaju da je jedan od najvažnijih faktora broj cisteinskih ostataka koji utiče na formiranje intermolekularnih disulfidnih veza, tako da LMW–GS mogu učestvovati u reakcijama propagacije i terminacije proteinskog lanca, što dovodi do povećanja proteinskog makromolekula.

#### 2.4.1.3. Zajednički uticaj HMW–GS i LMW–GS

Pored ispitivanja pojedinačnog uticaja HMW–GS i LMW–GS na tehnološki kvalitet pšenice u pojedinim istraživanjima ispitan je i njihov zajednički uticaj. Uticaji HMW i LMW gluteninskih podjedinica na osobine testa, tj. snagu i elastičnost, mogu biti aditivni ili sinergistički (Beasley i sar., 2002). Dodatkom LMW–GS i HMW–GS pšeničnom brašnu utvrđeno je da one zajedno imaju drugačiji uticaj na rastegljivost testa nego pojedinačno. To je i očekivano jer pojedinačno LMW–GS utiču na rastegljivost (Luo i sar., 2001), a HMW–GS na elastičnost testa (Payne i sar., 1984). Za razliku od Luo i saradnika (2001) Verbruggen i saradnici (2001), su utvrdili da se dodavanje LMW–GS u brašno/testo značajno smanjuje i maksimalan otpor i rastegljivost testa određenih *Kieffer* metodom, a s druge strane HMW–GS uzrokuje značajno povećanje maksimalnog otpora testa. Takođe, njihovim sinergističkim delovanjem objašnjeno je 55% variranja vrednosti ekstenzografskih pokazatelja (Gupta i sar., 1991) i do 61% variranja vrednosti alveografskih pokazatelja (Khelifi i Branlard 1992).

## 2.4.2. Uticaj glijadina

Veruje se da monomerni glijadini deluju kao plastifikatori gluteninskog polimernog sistema i na taj način obezbeđuju plastičnost/viskozitet testa pšeničnog brašna (Khatkar i sar., 1995). Iako doprinos specifičnog sastava glijadinskih podjedinica u određivanju kvaliteta pšenice još uvek nije u potpunosti poznat (Metakovsky, 1991), u brojnim istraživanjama došlo se do različitih saznanja. Suprotno elastičnoj prirodi glutenina, dokazano je da su glijadini viskozni i da utiču na rastegljivost testa (Payne i sar., 1984). Dodavanjem glijadinskih frakcija pšeničnom brašnu bitno se smanjuje maksimalan otpor, a povećava rastegljivost testa (Schropp i Wieser, 1996), što je i očekivano imajući u vidu njihovu viskoznu prirodu. Suprotno ovome, Sozinov i Popereya (1980) utvrdili su da su određene grupe glijadina u korelaciji sa pecivnim osobinama, a istraživanje Huebner i saradnika (1997) je dokazalo da su količine  $\gamma$ -glijadina tvrde crvene ozime pšenice u pozitivnoj korelaciji sa zapreminom hleba. Do sličnih saznanja došli su i Gil-Humanes i saradnici (2012) koji su utvrdili da je sadržaj  $\gamma$ -glijadina u pozitivnoj korelaciji sa razvojem testa (izmerenim *Mixolabom*) što doprinosi snazi testa. Rezultati dobijeni u ovom istraživanju ukazali su da  $\gamma$ -glijadini nisu najznačajniji pokazatelji kvaliteta testa jer se njihov uticaj menja u zavisnosti od sastava ostalih glijadina. Takođe, dokazano je da postoje značajne statističke veze između pecivnog kvaliteta i relativnog sadržaja određenih tipova glijadina sorti pšenice istog sastava gluteninskih podjedinica (Glu A1 –; Glu B1 7 i Glu D1 2 + 12), i da se sa udelima samo četiri podjedinice objašnjava 82% variranja zapremine hleba (Van Lonkhuijsen i sar., 1992). Metakovsky i saradnici (1990) su dobili da su glijadini pod kontrolom hromozoma 6A u korelaciji sa otporom testa, dok su glijadini pod kontrolom 6D hromozoma u korelaciji sa rastegljivošću testa. Iako je prethodno pomenuto da su glijadini povezani sa određenim pokazateljima tehnološkog kvaliteta, Gianibelli i saradnici (2001) smatraju da je njihov uticaj na snagu testa gotovo neznatan. Razlog za ovako kontradiktorne rezultate može se objasniti činjenicom da glijadini poseduju ekstenzivan genetski polimorfizam (Wrigley i sar., 1982), zbog čega je mnogo teže ispitati uticaje sastava glijadinskih podjedinica na tehnološki kvalitet pšenice.

## 2.4.3. Zajednički uticaj glutenina i glijadina

S obzirom na to da u viskoelastičnoj glutenskoj mreži pšeničnog brašna glijadini i glutenini imaju različite funkcije, odnos glutenina i glijadina (glu/gli) važan je pokazatelj koji utiče na reološke osobine testa i pecivne osobine brašna. Promene vrednosti glu/gli odnosa imaju kompleksan uticaj na rastegljivost testa, što ukazuje da glijadini i glutenini imaju potpuno različit uticaj na ovu osobinu (Singh i sar., 1990; Uthayakumaran i sar., 2001). Više vrednosti glu/gli doprinose većoj snazi testa (MacRitchie, 1985) i imaju značajan uticaj na kvalitet kalupskog hleba (MacRitchie, 1987). Wieser i saradnici (1994) utvrdili su

postojanje statistički značajnih korelacija odnosa glijadina prema HMW–GS i rastegljivosti. Istraživanje Edwardsa i saradnika (2001) ukazuje da je povećanje relativnog sadržaja glijadina povezano sa povećanjem rastegljivosti i gubitkom snage testa. Do sličnih zaključaka došli su i Uthayakumaran i saradnici (2001), s tim što su oni utvrdili da povećanje količine glijadina dovodi do smanjenja vremena mešenja testa, maksimalnog otpora, odnosa maksimalnog otpora prema rastegljivosti i visine vekne. Da bi se dobio hleb dobrog kvaliteta, potrebna je uravnoteženost između viskoziteta testa i elastičnosti/snage testa, na šta se može uticati odnosom glijadina i glutenina. Povećavanje snage testa će povećavati zapreminu hleba samo do određenih granica, a kada testo postane suviše jako, njegov rast će biti zaustavljen.

### **3. MATERIJAL I METODE**

U poglavlju Materijal i metode detaljno je opisan materijal koji je ispitivan i korišćen za ispitivanja uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na sastav glutena i tehnološki kvalitet pšenice:

- Sa aspekta genetskih faktora prikazana je struktura sortnog materijala korišćenog u ispitivanju u pogledu prisustva podjedinica glutenina visokih molekulskih masa za koje je dokazano da su u tesnoj vezi sa kvalitetom pšenice.
- Sa aspekta mikroklimatskih faktora prikazani su trogodišnji meteorološki podaci za period od maja do juna, odnosno u periodu formiranja i nalivanja zrna pšenice, za godine u kojima su proizvedeni uzorci pšenice.
- Sa aspekta ekoloških faktora prikazana je frekvencionna analiza prisustva kategorija neodvojivih primesa u uzorcima pšenice u pogledu prokljalih, steničavih, fuzarioznih i tamnokličnih zrna, kao merljive posledice efekata mikrookruženja na pšenicu tokom proizvodnje.

U ovom poglavlju su opisane i sve korišćene metode ispitivanja i dat je osvrt na način prikazivanja rezultata i statističke metode primenjene za analizu dobijenih rezultata.

#### **3.1. Materijal**

Pšenica korišćena u eksperimentalnom radu proizvedena je u 2008, 2009. i 2010. godini na oglednim poljima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo (Novi Sad, Srbija) na lokalitetu Rimski Šančevi. Da bi se sproveda sva neophodna istraživanja, Institut za ratarstvo i povrtarstvo obezbedio je oko 5 kg od svake sorte pšenice. Ukupno je ispitivano 16 sorti pšenice koje su godinama zastupljene u sortimentu Srbije, a to su: Vojvodina, Angelina, Dragana, Arija, Ljiljana, NS Rana 5, Pobeda, Bastijana, Dama, Evropa 90, NS 40S, Kantata, Rapsodija, Simonida, Etida i Renesansa.

Da bi u uzorcima pšenice došlo do posležetvenog dozrevanja zrna, uzorci su čuvani 40 dana na sobnoj temperaturi, čime je simuliran proces skladištenja pšenice u silosu. Nakon završetka procesa posležetvenog dozrevanja, uzorci pšenice su držani u zamrzivaču na -20°C kako bi se zaustavili svi dalji procesi u zrnu pšenice do početka eksperimentalnog rada. Nakon vađenja iz zamrzivača uzorci pšenice su temperirani 24 h.

### 3.1.1. Struktura materijala sa aspekta genetskih faktora

Podela ispitivanih sorti u grupe je izvršena na osnovu strukture podjedinica glutenina visokih molekulskih masa određene elektroforetske pokretljivosti prema sistemu koji su razvili Payne i Lawrence (1983), a koji je široko prihvaćen i još uvek je u upotrebi. Prema strukturi HMW–GS ispitivane sorte pšenice su podeljene u 6 različitih grupa označenih sa A, B, C, D, E i F (tabela 3.1), koje sadrže identične HMW–GS. Za svaku grupu sorti *glu score* je određen u skladu sa vrednostima prikazanim u Tabeli 2.1.

- sorte pšenice iz grupe A sadrže 2\* gluteninsku podjedinicu sa Glu A1 lokusa, par 7 + 9 podjedinica sa Glu B1 lokusa i par 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa; sadrže 5 HMW–GS čiji je *glu score* 9,
- sorte pšenice iz grupe B sadrže par 7 + 9 podjedinica sa Glu B1 lokusa i par 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa; sadrže 4 HMW–GS čiji je *glu score* 7,
- sorte pšenice iz grupe C sadrže par 7 + 9 podjedinica sa Glu B1 lokusa i par 2 + 12 podjedinica sa Glu D1; sadrže 4 HMW–GS čiji je *glu score* 5,
- sorta pšenice iz grupe D sadrži par 7 + 8 podjedinica sa Glu B1 lokusa i parove 2 + 12 i 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa,
- sorta iz grupe E sadrži gluteninsku podjedinicu 1 sa Glu A1 lokusa, podjedinicu 7 sa Glu B1 lokusa i par 2 + 12 podjedinica sa Glu D1 lokusa, sadrže 4 HMW–GS čiji je *glu score* 6,
- sorta pšenice iz grupe F sadrži 2\* gluteninsku podjedinicu sa Glu A1 lokusa, par 7 + 8 podjedinica sa Glu B1 lokusa i parove 2 + 12 i 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa.

Za razliku od sorti koje sadrže dve podjedinice sa Glu D1 lokusa, Arija iz grupe D i Rapsodija iz grupe F imaju 4 HMW–GS sa Glu D1 lokusa (parove 2 + 12 i 5 + 10) što nije uobičajeno, tako da se ne može izračunati realan *glu score* jer bi za njih iznosio 10 ako se prilikom izračunavanja uzmu u obzir oba para podjedinica.

**Tabela 3.1.** Podela ispitivanih sorti pšenica prema strukturi HMW gluteninskih podjedinica

Grupa	Sorte
A	Vojvodina, Angelina, Pobeda, Bastijana
B	Ljiljana, Dama, NS 40S, Etida, Renesansa, NS Rana 5
C	Evropa 90, Dragana, Simonida
D	Arija
E	Kantata
F	Rapsodija

Kako bi se obezbedila statistička verodostojnost rezultata za izvođenje zaključaka su korišćene sorte A, B i C grupe u kojima je zastupljen veći broj sorti, što je preduslov za generalizaciju izvedenih zaključaka.

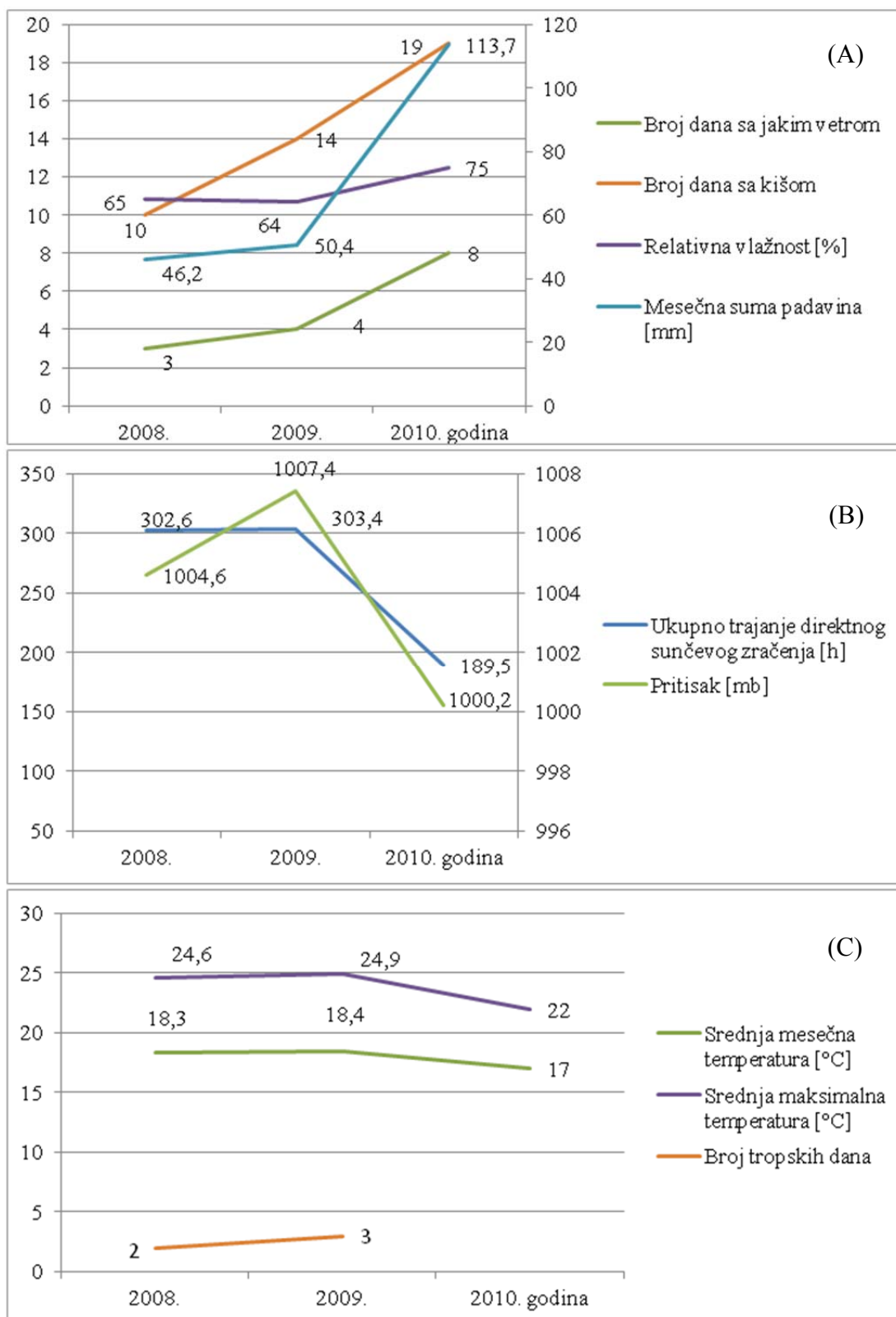
### 3.1.2. Struktura materijala sa aspekta mikroklimatskih uslova

Meteorološki podaci, potrebni za karakterizaciju mikroklimatskih uslova, obezbeđeni su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Podaci su prikupljeni u Meteorološkoj opservatoriji Novi Sad (Meteorološki godišnjak meteorološke opservatorije Novi Sad 2008, 2009. i 2010 godina). Dobijeni podaci izmereni su na lokalitetu Rimski Šančevi (nadmorska visina – 86 m, geografska širina 45° 20' i geografska dužina 19° 51') i predstavljaju prosečne vrednosti podataka izmerenih svakog sata.

Na grafiku 3.1 prikazani su meteorološki podaci iz maja 2008, 2009. i 2010. godine kada se pšenica nalazila u fazi cvetanja.

Maksimalne vrednosti mesečne sume padavina, relativne vlažnosti i broja kišnih dana zabeležene su u 2010. godini (grafik 3.1. A) pri čemu su vrednosti relativne vlažnosti bile više za 10 procentnih jedinica u odnosu na 2008. i 2009. godinu, a mesečne sume padavina više za 60 mm, što je stvorilo pogodne uslove za razvoj plesni iz roda *Fusarium* i *Aspergillus* na pšenici. Najmanje vrednosti ukupnog trajanja direktnog sunčevog zračenja, srednje mesečne temperature i srednje maksimalne temperature zabeležene su u maju 2010. godine, dok podaci o broju tropskih dana ukazuju da nije bilo „toplotnog stresa“ (grafik 3.1. B i C).

Nasuprot tome maj 2008. godine bio je okarakterisan najmanjim brojem dana sa kišom (grafik 3.1. A), dok su u maju 2009. godine zabeležene najviše vrednosti vazdušnog pritiska (grafik 3.1. B). Za razliku od 2010. godine i u 2008. i u 2009. godini već u maju su zabeleženi dani okarakterisani tropskim temperaturama.



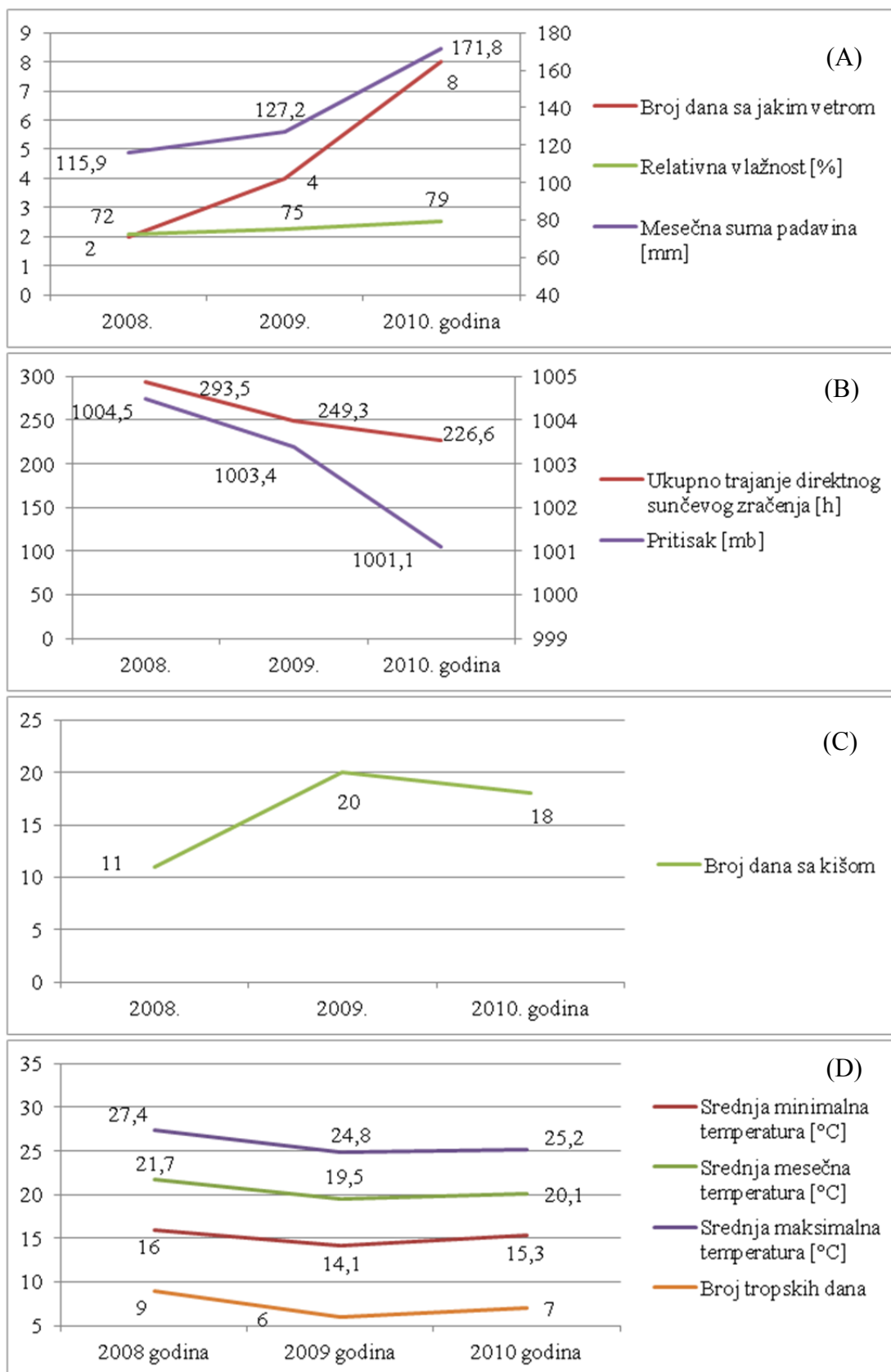
**Grafik 3.1.** Uporedni prikaz meteoroloških podataka za maj 2008, 2009. i 2010. godine

Na grafiku 3.2. prikazani su meteorološki podaci iz juna 2008, 2009. i 2010. godine kada je pšenica bila u fazi nalivanja. Jun 2010. godine karakteriše najveća relativna vlažnost, mesečna suma padavina i broj dana sa jakim vetrom (grafik 3.2 A). Najviše direktnog sunčevog zračenja zabeleženo je u junu 2008. godine, a najmanje u 2010. godini (grafik 3.2. B). Broj dana sa kišom u junu 2009. i 2010. godine bio je na približno istom nivou i skoro dvostruko veći nego 2008. godine (grafik 3.2. C). Svi izmereni temperaturni parametri imali su najniže vrednosti u junu 2009. godine, a najviše u junu 2008. godine (grafik 3.2. D). Sve prethodno pomenuto ukazuje da je faza nalivanja zrna bila najduža u 2010. godini, nešto kraća u 2009, a najkraća u 2008. godini. Takođe, podaci o broju tropskih dana ukazuju da je u 2008. godini moglo doći do „toplotnog stresa“ pšenice jer je broj tropskih dana iznosio 9 (grafik 3.2 D).

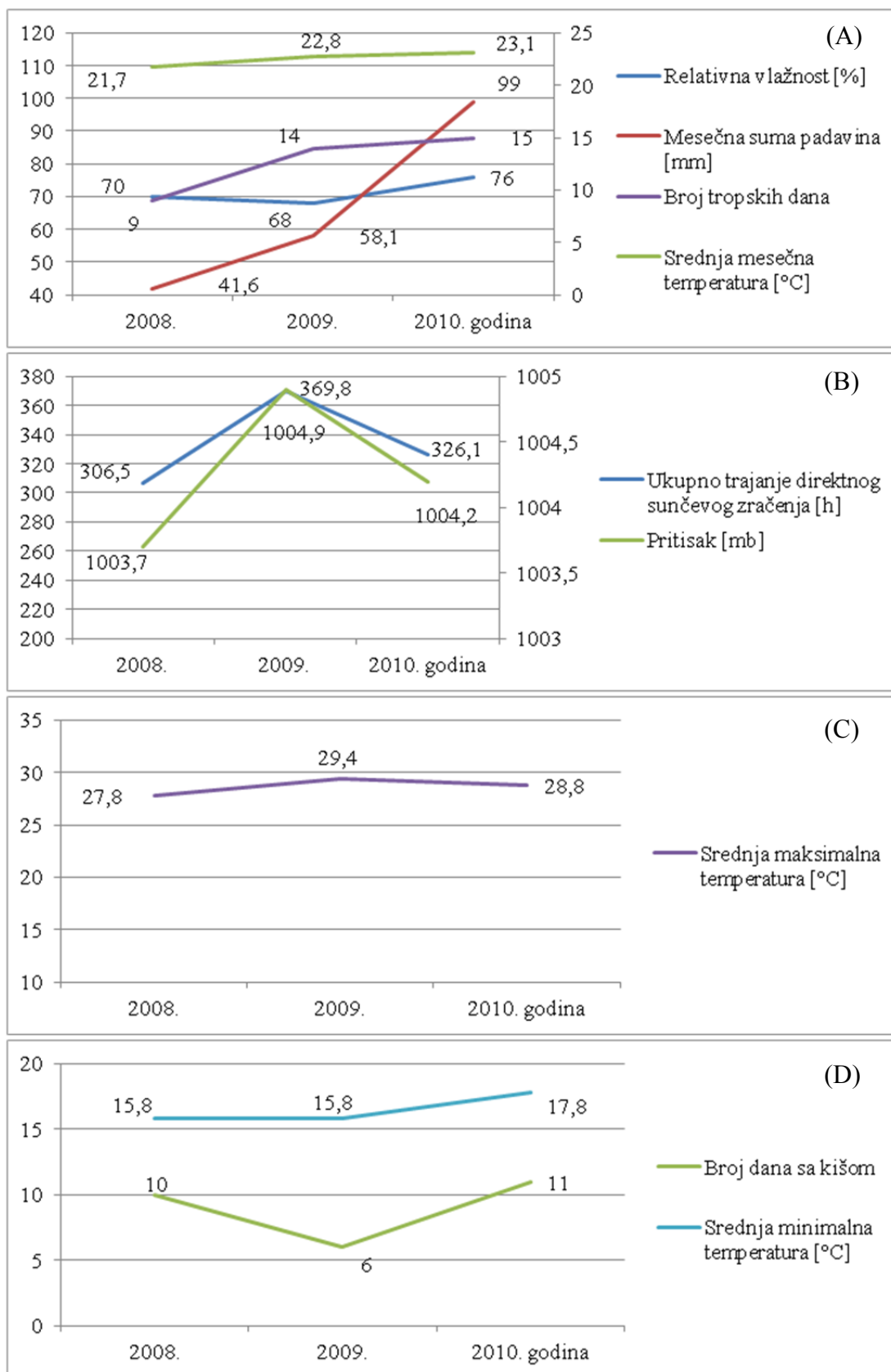
Na grafiku 3.3 prikazani su meteorološki podaci iz jula 2008, 2009. i 2010. godine u periodu kada je pšenica ulazila u završnu fazu dozrevanja, odnosno u toku žetve. Iako se meteorološki podaci odnose na ceo jul, a ne samo do početka žetve, validni su, jer se pomoću njih mogu objasniti promene u 2010. godini.

Najviše vrednosti relativne vlažnosti, mesečne sume padavina, srednje mesečne temperature i broj tropskih dana zabeležene su u julu 2010. godine (grafik 3.3. A) kada je pšenica bila u fazi sazrevanja, što je stvorilo pogodne uslove za predžetveno proklijavanje pšenice. Za razliku od jula 2010. godine, jul mesec 2009. godine okarakterisale su najviše vrednosti ukupnog trajanja direktnog sunčevog zračenja, srednje maksimalne temperature, dok je broj tropskih dana bio na nivou 2010. godine (grafici 3.3. A, B i C), tako da je moglo doći do „toplotnog stresa“ pšenice. Broj dana sa kišom bio je najmanji u julu 2009. godine (grafik 3.3. D). Jul 2008. godine karakterišu najniže vrednosti relativne vlažnosti, ukupne mesečne sume padavina, srednje mesečne temperature (grafik 3.3. A) i srednje maksimalne temperature (grafik 3.3. C), dok je broj tropskih dana bio minimalan (grafik 3.3. A), što ukazuje na to da vremenske prilike tokom ovog meseca nisu imale negativan uticaj na fazu sazrevanja pšenice.





**Grafik 3.2.** Uporedni prikaz meteoroloških podataka za jun 2008, 2009. i 2010. godine.



Grafik 3.3. Uporedni prikaz meteorološki podataka za jul 2008, 2009. i 2010. godine

Sistematizovani pregled meteoroloških uslova koji su usloveli mikroklimatsko okruženje u periodu cvetanja pšenice, nalivanja i dozrevanja zrna i žetve pšenice u 2008, 2009. i 2010. godini prikazan je u tabeli 3.2.

**Tabela 3.2.** Sistematizacija meteoroloških parametara iz 2008, 2009. i 2010. godine

Period	2008.	2009.	2010.
<b>Maj – cvetanje</b>	tropski dani – 2	tropski dani – 3	Minimalno: –ukupno trajanje sunčevog zračenja, tj. osunčanost –srednje mesečne temperature –srednje maksimalne temperature <i>Maksimalno:</i> –dani sa kišom –suma padavina –relativna vlažnost
<b>Jun–nalivanje</b>	<i>Maksimalno:</i> –osunčanost –tropski dani – 9 –srednja temperatura –srednja minimalna temperatura –srednja maksimalna temperatura	<i>Minimalno:</i> –srednja temperatura –srednja minimalna temperatura –srednja maksimalna temperatura <i>Maksimalno:</i> –dani sa kišom	<i>Minimalno:</i> –osunčanost Broj dana sa kišom na istom nivou kao 2009. godina
<b>Jul – žetva</b>	<i>Minimalno:</i> –tropski dani –suma padavina –relativna vlažnost –srednja temperatura –srednja maksimalna temperatura	<i>Minimalno:</i> –dani sa kišom –srednja maksimalna temperatura <i>Maksimalno:</i> –osunčanost Broj tropskih dana bio je na nivou 2010. godine	<i>Maksimalno:</i> –relativna vlažnost –suma padavina –srednja temperatura –broj tropskih dana

Na osnovu izvedene analize mikroklimatskih uslova tri godine u kojima su rađena ispitivanja u daljoj analizi podataka označavaće se skraćenim nazivima koji ukazuju na njihove dominantne mikroklimatske odlike prikazane u tabeli 3.3. Skraćeni nazivi su tako odabrani da bi ukazali na relativne razlike koje postoje između ispitivanih godina.

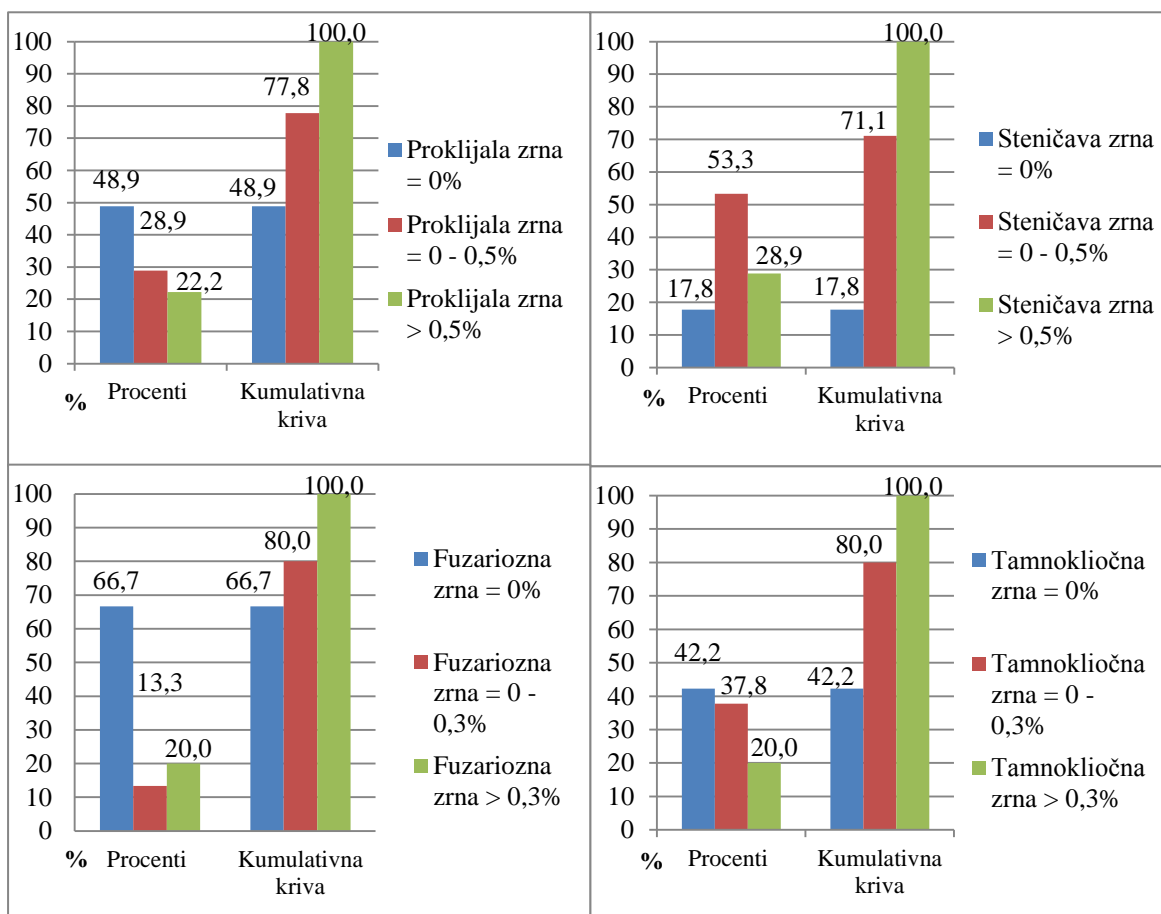
**Tabela 3.3** Način označavanja proizvodnih godina u odnosu na njihove osnovne odlike

<b>2008. godina</b>	<i>topla godina</i>
<b>2009. godina</b>	<i>umerena godina</i>
<b>2010. godina</b>	<i>kišna godina</i>

### 3.2. Ekološki faktori

Pored toga što utiču direktno na svojstva kvaliteta pšenice, mikroklimatski uslovi doprinose i potenciranju, odnosno suzbijanju ekoloških faktora kao što su prisustvo i brojnost populacije insekata i mikroorganizama, za koje je poznato da indirektno utiču i na tehnološki kvalitet pšenice.

Za utvrđivanje najbitnijih razlika u tehnološkom kvalitetu koje su nastale kao posledica uticaja ekoloških faktora, urađena je frekvenciona analiza svih ispitivanih uzoraka pšenice prema nivoima kategorija neodvojivih primesa, odnosno prema sadržaju prokljalih, steničavih, fuzarioznih i tamnokličnih zrna. Referentni nivoi kategorija neodvojivih primesa definisani su tako da raspodela uzoraka bude ujednačena, a da pri tome postoje razlike u njihovom sadržaju, što je prikazano na slici 3.4. Za potrebe istraživanja definisana su tri referentna nivoa ispitivanih uzoraka – uzorci sa niskim, srednjim i visokim sadržajem pojedinih kategorija neodvojivih primesa.



*Slika 3.4. Frekvenciona analiza uzoraka prema referentnim nivoima prokljalih, steničavih, fuzarioznih i tamnokličnih zrna u uzorcima pšenice*

Grupe uzorka su u odnosu na udeo primesa koje su posmatrane kao ekološki faktori formirane i označavane u daljoj obradi i prikazivanju podataka na način prikazan u tabeli 3.4.

**Tabela 3.4.** Način formiranja grupa uzoraka u odnosu na nivo sadržaja neodvojivih primesa

Vrsta primesa	Udeo primesa (%)		
	<i>Nizak</i>	<i>Srednji</i>	<i>Visok</i>
<i>Proklijala zrna</i>	0	0–0,5	preko 0,5
<i>Steničava zrna</i>	0	0–0,5	preko 0,5
<i>Fuzariozna zrna</i>	0	0–0,3	preko 0,3
<i>Tamnoklična zrna</i>	0	0–0,3	preko 0,3

Iako su definisani visoki referentni nivoi neodvojivih primesa, vrednosti ovih nivoa su, u poređenju sa srpskim standardom SRPS E.B1. 200 i nekoliko istraživanja (Rees i sar.,1984; Seitz i sar., 1986; Šarić i sar., 2004), relativno niski. Naime, sadržaji prokljalih zrna do 2% i steničavih zrna do 0,5% se ne smatraju primesama (SRPS E.B1. 200). U pojedinim istraživanjima visoki nivoi kategorija neodvojivih primesa bili su: sadržaj fuzarioznih zrna do 3% (Seitz i sar., 1986), tamnokličnih zrna > 10% (Rees i sar.,1984) i sadržaj steničavih zrna do 6,5% (Šarić i sar., 2004).

### 3.3. Metode

#### 3.3.1. Ispitivanja pšenice

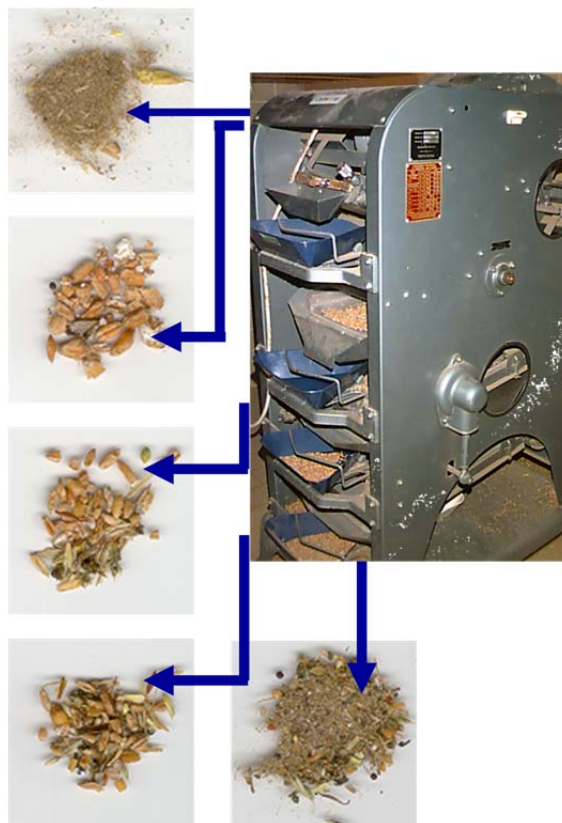
##### 3.3.1.1. Sadržaj vlage, proteina i zapreminska masa pšenice

Određivanje sadržaja vlage i proteina u uzorcima pšenice obavljeno je metodom bliske infracrvene spektroskopije, NIR (*Infratec 1241 Grain Analyzer (Foss Analytical AB, Hillerød, Denmark)*) uz primenu kalibracija validovanih u sklopu akreditovane Laboratorije za tehnologiju, kvalitet i bezbednost hrane FINSLab (FINSLab–5.4–3M–001, 2007). Podatak o sadržaju vlage je iskorišćen da bi se izračunao sadržaj vode potreban za kondicioniranje pšenice pre mlevenja i da bi se dobio podatak o masi uzorka koja je potrebna za određivanje broja padanja po *Hagbergu*. Sadržaj proteina automatski je preračunat na suhu materiju.

Određivanje zapreminske mase pšenice obavljeno je standardnom metodom propisanom Pravilnikom o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (1988).

### 3.3.1.2. Sadržaj primesa u pšenici

Lakoodvojive primese odvojene su laboratorijskim čišćenjem pšenice na uređaju *Dockage Tester* (*Carter Day International, USA*) koji sadrži različita rešeta (Slika 3.5). Kada se određena masa zrna unese u ovaj uređaj, zrno propada kroz prvo rešeto na kom se zadržavaju delovi stabljike, zrna pšenice koja se nalaze u plevici, kanap, kamen i papir. Masa zrna prelazi na gornje sito kroz koje propadaju štura zrna, lom, sitno korovsko seme itd., a čista masa zrna se transportuje u posudu. Prašina koja se nalazi u masi zrna uklanja se ventilatorom, koji se nalazi na vrhu uređaja. Na ovako očišćenoj pšenici urađena su ostala predviđena ispitivanja.



**Slika 3.5** – Otklanjanje lakoodvojivih primesa iz mase pšenice pre ispitivanja

Sadržaj neodvojivih primesa (prokljalih zrna, steničavih zrna, fuzarioznih zrna i tamnokličnih zrna) utvrđen je od strane iskusnih analitičara u 100 g pšenice propisanom metodom određivanja količine primesa u pšenici za preradu (Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988) vizuelnim izdvajanjem zrna pšenice koja imaju odlike predmetne vrste primesa prikazane na slici 3.6.



**Slika 3.6.** Vizuelne odlike prokljalih (A), steničavih (B), fuzarioznih (C) i tamnokličnih (D) zrna pšenice

### 3.3.1.3. Broj padanja

Temperirani uzorak očišćene pšenice svake sorte (300 g) samleven je u mlinu *Falling Number 3100 (Perten Instruments, Huddinge, Sweden)*, kako bi se dobila neophodna granulacija čestica, 55 – 70% manjih od 210  $\mu\text{m}$ . Nakon toga je, prema ICC metodi broj 107/1, tablično određena potrebna masa uzorka za analizu, koja odgovara uzorku sa 15 % vlage. Uzorak je prenet u kivetu, dodato je 25 ml destilovane vode, zatim je i u uređaju *Falling Number 1600 (Perten Instruments, Huddinge, Sweden)* određen broj padanja po *Hagbergu (ICC standard method 107/1)*. Merenja na svim uzorcima urađena su u četiri ponavljanja.

### 3.3.1.4. Laboratorijsko mlevenje pšenice

Očišćeni uzorak temperirane pšenice svake sorte (3 – 5 kg) nakvašen je do 13,5% vlage, a zatim je odležao 24 h. Pola sata pre mlevenja pšenica je dodatno nakvašena do sadržaja vlage od 15% a potom samlevana na mlevnom automatu *MLU – 202 (Bühler, Uzwil, Switzerland)*, koji daje tri brašna sa prolazišta krupljenja (I, II i II) i tri brašna sa prolazišta mlevenja (1, 2 i 3) (Kaluderski i Filipović, 1998).

Ispitivanja su izvedena sa 60%–nim laboratorijskim brašnom. Ovo brašno dobijeno je spajanjem brašna I i II prolazišta krupljenja i 1 i 2 prolazišta mlevenja, nakon čega je izmerena masa ove mešavine. Zatim je mešavini brašna dodato tačno toliko mase brašna 3 prolazišta mlevenja, koliko je nedostajalo da bi se dobilo 60 % izbrašnjavanje, i uzorak 60%–tnog brašna je homogenizovan.

## 3.3.2. Reološke osobine brašna

### 3.3.2.1. Farinografska analiza

Formiranje testa mešenjem brašna i vode, njegov razvoj, otpor i mešenje mereno je na uređaju farinograf (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*) sa mesilicom za 300 g i određivanjem sledećih parametara: moć upijanja vode (%), razvoj testa (min), stabilitet testa (min), kvalitetni broj i stepen omekšanja testa (FJ) (Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988).

### **3.3.2.2. Ekstenzografska analiza**

Fizičke osobine testa tokom uzastopnog odmaranja i uniaksijalnog rastezanja mereni su na uređaju ekstenzografu (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*). Izmereni su otpor, rastegljivost, energija i odnos otpora prema rastegljivosti (O/R) (Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988).

### **3.3.2.3. Amilografska analiza**

Princip amilografske analize zasniva se na kontinuiranom praćenju viskoziteta suspenzije voda–brašno uz stalan porast temperature od 25 do 96°C uz temperaturni gradijent od 1,5°C/min na amilografu (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*). Sa amilografske krive određen je maksimalni viskozitet u amilografskim jedinicama (AJ) (Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988).

### **3.3.2.4. Alveografska analiza**

Fizičke osobine testa, odnosno biaksijalna rastegljivost i otpor pri rastezanju do trenutka pucanja testa mereni su na alveografu (*Chopin, Paris, France*), prema standardnoj metodi (ICC *standard method* 121).

### **3.3.2.5. Mixolab analiza**

Reološke osobine testa koje se dobijaju mešenjem, kao i viskozne osobine tokom zagrevanja merene su i na *Mixolabu* (*Chopin, Paris, France*), koji omogućava mešenje testa pod kontrolisanim temperaturnim uslovima i pri porastu temperature do 90°C, nakon čega sledi hlađenje. Sa krive *Mixolaba* određivane su sledeće osobine testa: moć upijanja vode, razvoj testa, stabilitet testa, elastičnost testa, brzina slabljenja proteinske mreže, brzina želatinizacije skroba, brzina enzimske razgradnje, maksimum torzije, stabilnost tople paste i iznos retrogradacije skroba (ICC *standard method* 173).

### **3.3.2.6. Sadržaj vlažnog i suvog glutena**

Sadržaj glutena je određen ispiranjem testa sa 2% slanim rastvorom čime se testo oslobađa rastvorljivih sastojaka i skroba, a zaostaje gumasta masa glutena. Određivanje sadržaja vlažnog glutena rađeno je prema metodi ICC *standard method* 137/1, sa jednom



modifikacijom. Naime, umesto automatskog ispiranja na (Glutomatic 2100, *Perten Instruments, Huddinge, Sweden*), rađeno je mašinsko ispiranje glutena (*Theby*), posle čega je vlažan gluten centrifugiran (2012, *Perten Instruments, Huddinge, Sweden*), izmeren na tehničkoj vagi, sušen u grejnoj ploči (*Glutork 2020, Perten Instruments, Huddinge, Sweden*) i izmeren.

### **3.3.2.7. Gluten indeks**

Gluten indeks je pokazatelj koji se brzo određuje i ukazuje na osobine vlažnog glutena. On pokazuje da li je gluten slab ili jak. Određivanje gluten indeksa rađeno je metodom ICC *standard method 155* sa jednom modifikacijom. Kao i kod određivanja sadržaja vlažnog glutena, umesto automatskog ispiranja, rađeno je mašinsko ispiranje glutena. Isprani gluten je pod standardizovanim uslovima propušten kroz specijalno konstruisano rešeto centrifuge (2015, *Perten Instruments, Huddinge, Sweden*). Količina vlažnog glutena izražena u procentima, koja nije prošla kroz rešeto centrifuge u odnosu na ukupnu masu vlažnog glutena, predstavlja gluten indeks.

### **3.3.2.8. Gluten indeks (nakon temperiranja testa na 37°C)**

Gluten indeks je određivan i modifikovanim postupkom koji su koristili Torbica i saradnici (2007), da bi utvrdili nivo i poreklo oštećenja glutenskog kompleksa. Naime, posle zamesa testa sa slanim rastvorom, testo odležava 90 minuta u termostatu na temperaturi od 37°C, nakon čega se određuje gluten indeks kako je ranije i navedeno.

## **3.3.3. Hemijski sastav brašna**

### **3.3.3.1. Sadržaj proteina brašna**

Sadržaj proteina brašna određen je metodom sagorevanja (AOAC *Official Method 992.23*) u uređaju za određivanje ugljenika, vodonika i azota *TruSpec CHN Macro* (LECO Corporation, *St Joseph, MI, USA*). Za preračunavanje ukupnog sadržaja azota u ukupan sadržaj proteina korišćen je faktor 5,7.

### **3.3.3.2. Sadržaj slobodnih sulfhidrilnih grupa**

Sadržaj slobodnih sulfhidrilnih (–SH) grupa u vlažnom glutenu odmah posle ispiranja i temperiranja 135 min na 30 °C u komori ekstenzografa (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*), određen je prema metodi koju su koristili Prasada i saradnici (2005) sa znatnim modifikacijama. Tris–glicinski pufer je pripremljen rastvaranjem 10,4 g Tris (*Trizma*

base), 6,9 g glicina i 12 g kompleksona III (Dinatrijumova so etilendiamin–tetrasirćetne kiseline – EDTA) u jednoj litri vode nakon čega je podešena pH vrednost do 8,0 sa 1 mol/l HCl. Ovako pripremljen tris–glicinski pufer koristi se za pripremanje 5 mol/l rastvora guanidin hidrohlorida (5 mol/l GuHCL/Tris–Gly) i za svakodnevno pripremanje rastvora svežeg Elmanovog reagensa, rastvaranjem 4 mg 5,5'–ditiobis–2–nitrobenzoeve kiseline u 1 ml ovog pufera.

Približno 100 mg vlažnog glutena rastvara se u 1 ml 5 mol/l rastvora GuHCL/Tris–Gly, zatim se meša 5 min velikom brzinom (*vortex*), i centrifugira 6 min na 14500 o/min. U 400 µl supernatanta dodaje se 600 µl 5 mol/l rastvora GuHCL/Tris–Gly i 250 µl Elmanovog reagensa i meša velikom brzinom (*vortex*) 2x20s. Apsorbanca se očitava na talasnoj dužini 412 nm (*Spectrophotometer cintra 303, GBC Scientific Equipment, Australia*).

### 3.3.3.3. Sadržaj slobodnih amino grupa

Sadržaj slobodnih amino (–NH) grupa u vlažnom glutenu odmah nakon ispiranja i nakon temperiranja 135 min na 30 °C u komori ekstenzografa (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*) i vodenom kupatilu na 37 °C, određen je prema metodi koju su koristili Nielsen i saradnici (2001) sa znatnim modifikacijama. Za pripremanje OPA reagensa potpuno se rastvori 4,0234 g di–natrijum–tetra borata i 200 mg SDS u 150 ml dejonizovane vode. Posle toga u 4 ml apsolutnog etanola rastvori se 160 mg orto–ftalaldehida 97% (OPA) i kvantitativno pomoću dejonizovane vode prenese u normalni sud sa prethodno pripremljenim rastvorom i dopuni do 200 ml dejonizovanom vodom. Pre određivanja sadržaja slobodnih amino grupa priprema se krajnji rastvor mešanjem 1 zapreminskog dela rastvora 5% β–merkaptetanola i 22,27 zapreminskih delova pripremljenog OPA reagensa.

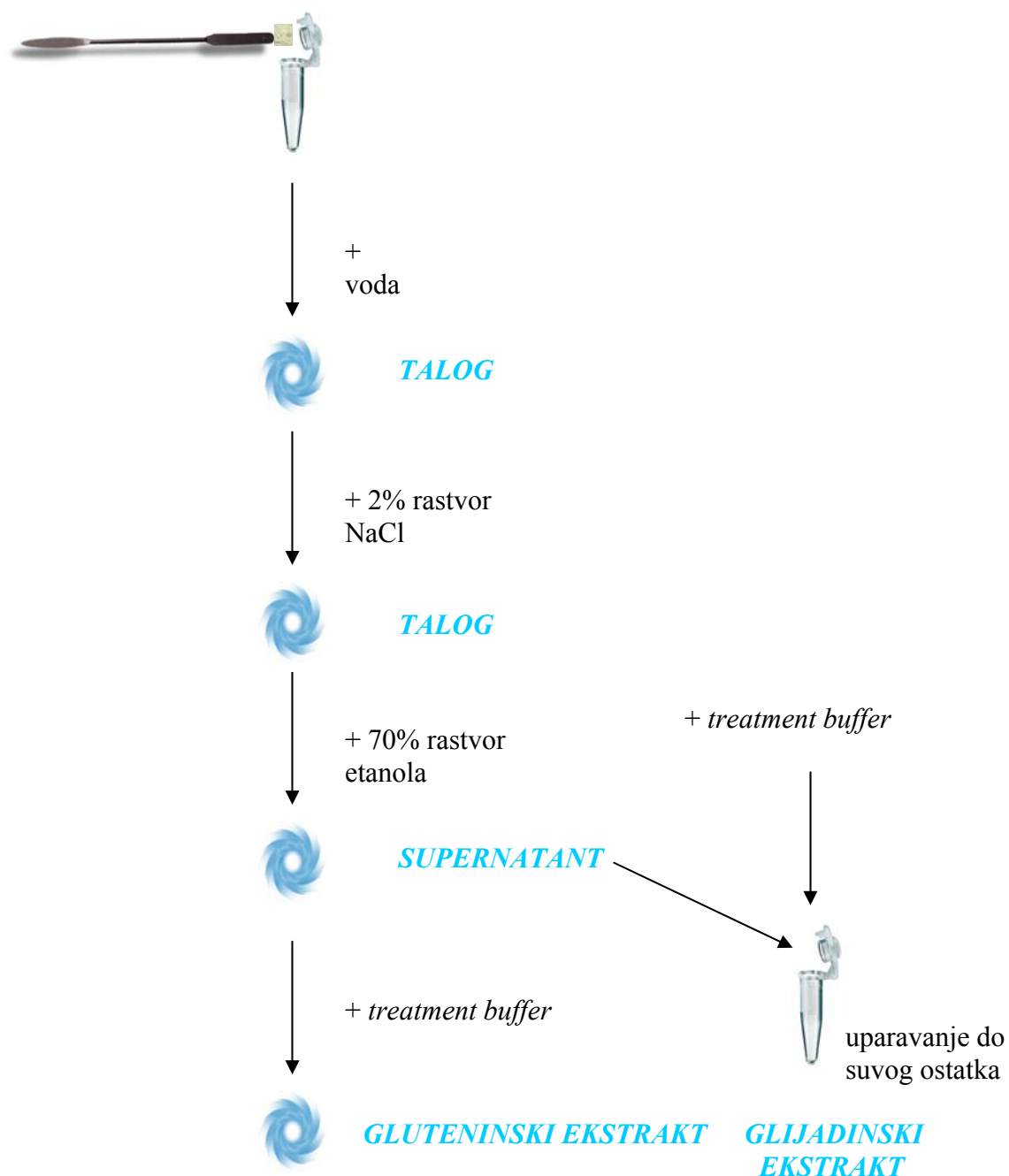
Približno 100 mg vlažnog glutena rastvara se u 1 ml 0,1 mol/l rastvoru KCl pH=1,0, meša velikom brzinom (*vortex*) 5 min i nakon toga centrifugira 6 min na 14500 o/min. U 100 µl supernatanta dodaje se 500 µl OPA reagensa sa β–merkaptetanolom i ponovo brzo meša velikom brzinom (*vortex*) 5 s, a potom se premešta u kvarcne kivete od 0,7 ml. Pošto se apsorbanca menja sa vremenom, potrebno je pre očitavanja apsorbance na talasnoj dužini 340 nm (*Spectrophotometer cintra 303, GBC Scientific Equipment, Australia*), ostaviti rastvor u kivetama da stoji tačno 2 min u spektrofotometru.

### 3.3.3.4. *Lab–on–a–chip* kapilarna elektroforeza glijadinskih i gluteninnskih podjedinica

Sadržaj i sastav gluteninskih i glijadinskih podjedinica urađen je *Lab–on–a–chip* kapilarnom elektroforezom. Na osnovu Ozbornove klasifikacije proteina pšenice urađena je ekstrakcija proteinskih podjedinica: u približno 30 mg uzoraka brašna dodato je 300 µl dejonizovane vode nakon čega je sledilo mešanje velikom brzinom (*vortex*) 10 s i ekstrakcija albumina u toku 24 h. Nakon ekstrakcije albumina uzorak je centrifugiran 20

min na 14500 o/min i dobijeni supernatant albumina je odbačen, a talog je korišćen za dalju analizu. Po istom principu sa 2%-tnim rastvorom NaCl ekstrahovani su globulini i talog je upotrebljen za dalju ekstrakciju. Zatim je dodato 300 µl 70%-tnog rastvora etanola čime je izvršena i ekstrakcija glijadina. 200 µl supernatanta glijadina odvojeno je i ostavljeno da rastvarač ispari, da bi se dobio čist talog glijadina. Zatim je u preostali talog uzorka brašna i čist talog glijadina dodato 200 µl 2% rastvora SDS koji sadrži 5% β-merkaptotetanol (*treatment buffer*) i služi za ekstrakciju gluteninskih podjedinica i denaturaciju gluteninskih i glijadinskih podjedinica. Nakon dodavanja *treatment buffer*-a sledilo je mešanje taloga uzorka brašna ručnim mikserom velikom brzinom (*vortex*) 10 s, kao i grejanje svih uzoraka u vodenom kupatili 5 min na 100 °C da bi se izvršila denaturacija u potpunosti (slika 3.7). Nakon završetka grejanja u uzorke je dodato 150 µl rastvora SDS-a, a uzorci su potom mešani velikom brzinom (*vortex*) 10 s. Na ovaj način su rastvori sa glijadniskim podjedinicama pripremljeni za analizu, dok su uzorci sa gluteninskim ekstraktom centrifugirani 20 min na 14500 o/min, a supernatant je korišćen za analizu gluteninskih podjedinica.

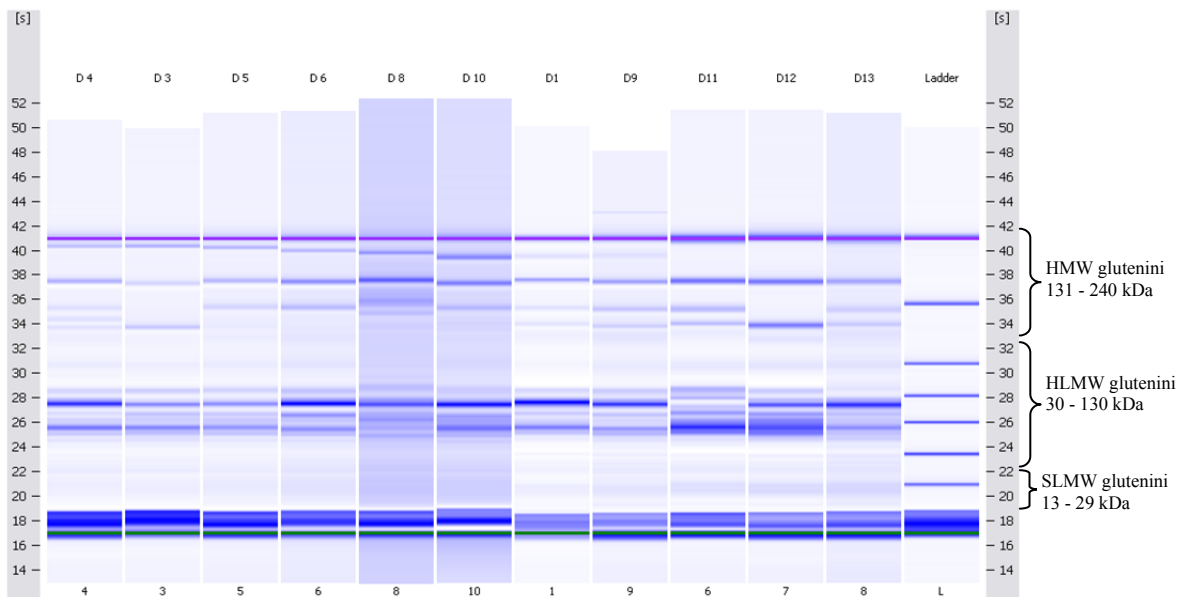
Pripremljeni prečišćeni rastvori uzoraka (4 µl) pomešani su sa 2 µl *Agilent*-og pufera za uzorke, koji sadrži gornji marker od 240 kDa (*upper marker*) i donji marker od 4,5 kDa (*lower marker*) i 84 µl deionizovane vode. Od ovako pripremljenog krajnjeg rastvora 6 µl analizirano je na čipu u *Agilent 2100 Bioanalyzer*-u (*Agilent Technologies, Palo Alto, CA*) u kombinaciji sa proteinskim *kitom* od 230 kDa (*Protein 230 Plus LabChip kit*) i odgovarajućim proteinskim *assayem* na *2100 expert software*. Svaki čip sadrži i proteinske markere (*ladder*) referentnih proteina od 15, 26, 46, 63, 95 i 150 kDa pored ranije navedenog gornjeg i donjeg markera (240 i 4,5 kDa), na osnovu čijih elektroforetskih pokretljivosti su određene molekulske mase ispitivanih gluteninskih i glijadinskih podjedinica. Relativna koncentracija gluteninskih i glijadinskih podjedinica procentualno je izražena preko površine pika svake podjedinice u odnosu na ukupnu površinu svih pikova.



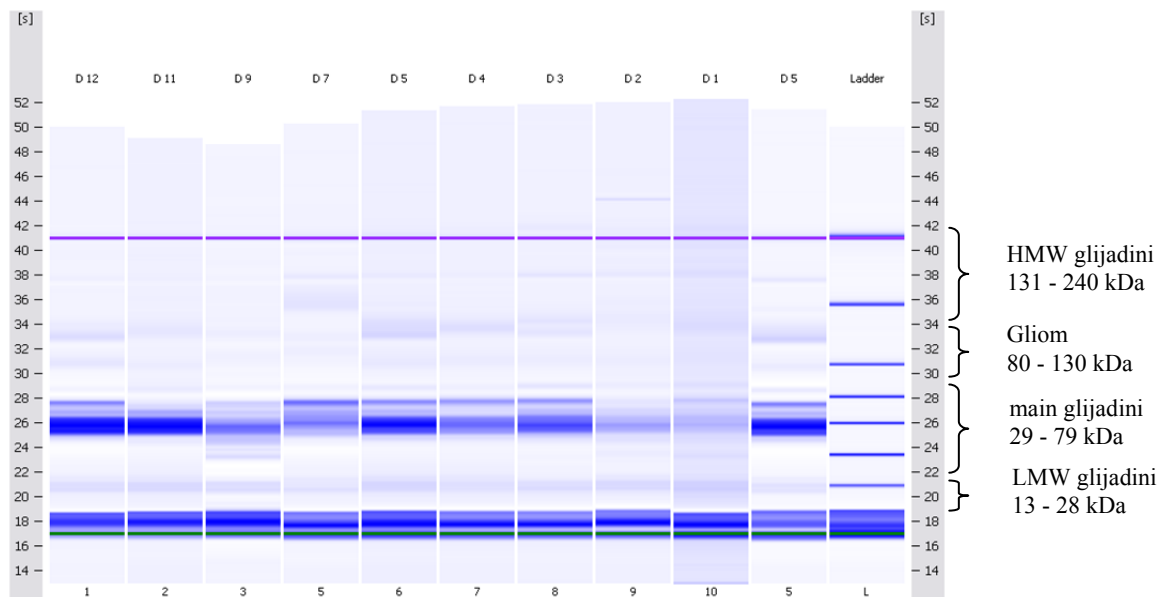
**Slika 3.7.** Ekstrakcija proteinskih podjedinica na osnovu Osborneove klasifikacije

Za potrebe analize podataka pojedinačne podjedinice glutenina i glijadina su grupisane prema molekulskim masama na način prikazan na slikama 3.8. i 3.9, kako bi se ispitao

uticaj klimatskih, ekoloških, pa i samih genetskih faktora na udele glutenina u glijadini različitog opsega molekulskih masa.



*Slika 3.8. Grupisanje gluteninskih podjedinica prema njihovoj veličini*



*Slika 3.9. Grupisanje glijadinskih podjedinica prema molekulskim masama*

### 3.3.3.5. Sadržaj oštećenog skroba

Sadržaj oštećenog skroba određen je amperometrijskom metodom (SD *Matic, Chopin, Paris, France*) koja omogućava jednostavnu i brzu pripremu uzoraka i hemikalija i tačna automatska merenja za manje od 10 minuta. Princip metode zasniva se na određivanju količine joda koju adsorbuje uzorak brašna koja je proporcionalna nivou oštećenog skroba.

Rastvor koji se koristi za analiziranje uzoraka priprema se mešanjem 3 grama borne kiseline ( $H_3BO_3$ ), 3 grama kalijum jodida (KI), jedne kapi rastvora kalijum tiosulfata 0,1 mol/l i 120 ml destilovane vode  $\pm$  0,1 ml. Količina brašna za analizu je  $\pm$  0,1 g. Rezultati koji se ovom metodom dobijaju su AI% (% – apsorpcija joda), UCD – sadržaj oštećenog skroba u *Chopin* jedinicama, UCDC – sadržaj oštećenog skroba u *Chopin* jedinicama preračunate na 14,0% vlage i 12,0% proteina, AACC\* sadržaj oštećenog skroba preračunat na AACC metodu 76–31, Farr – sadržaj oštećenog skroba preračunat na metodu prema *Farrandu*.

### 3.3.4. Metode ocene kvaliteta hleba

#### 3.3.4.1. Laboratorijsko probno pečenje

Za laboratorijsko probno pečenje upotrebljeno je testo pripremljeno odgovarajućim zamesom u brzohodnoj mesilici. Masi od 300 g brašna, koja je prenetu u sud brzohodne mesilice, dodato je 2,0% kvasca i 2,0% kuhinjske soli računato na brašno. Količina vode za zames (za konzistenciju testa od 400 FJ) izračunata je na osnovu farinografskih podataka: moći upijanja vode i stepena omekšanja, a tako dobijena vrednost umanjena je za 1,4% za sadržaj vode u kvascu:

Količina vode za zames = MUV (realna) + korekcija za konzistenciju - korekcija za kvasac  
gde je:

- MUV (realna) – nekorigovana farinografska moć upijanja vode %
- korekcija za konzistenciju – % vode iz Tiborove tabele do 400 FJ
- korekcija za kvasac – u našem slučaju 1,4% pošto se koristi 2% kvasca, a pretpostavlja se da je 70% kvasca voda

Da bi temperatura zamešenog testa iznosila  $30 \pm 0,1^\circ C$  voda koja je korišćena za zames zagrejana je do temperature prema sledećoj formuli:

$$T_{H_2O} = 2 \times T_t - T_{br} + 5$$

gde je:

$T_{H_2O}$  – temperatura vode za zames ( $^{\circ}C$ )

$T_t$  – željena temperatura testa ( $^{\circ}C$ )

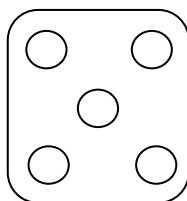
$T_{br}$  – temperatura brašna ( $^{\circ}C$ )

5– korekcija zbog hlađenja pri mešenju

Testo se mesi 5 minuta, potom oblikuje rukom u loptu i prenosi u plastičnu posudu. Testo u masi fermentiše 120 min u termostatu na temperaturi od  $30^{\circ}C$  uz premesivanje nakon 60 i 90 minuta. Posle fermentacije u masi, testo se nožem podeli i na tehničkoj vagi odmeri  $3 \times 150g$  testa. Završna fermentacija traje 70 minuta i odvija se u kalupima pri temperaturi od  $30 \pm 0,^{\circ}C$  i relativnoj vlazi od najmanje 75%. Dimenzije kalupa su: gornji obim –  $9,5 \times 7,5$  cm; dno –  $7,5 \times 5,5$  cm i visina 5,5 cm. Hleb u kalupima peče se 17 minuta na podu laboratorijske peći na temperaturi od  $220^{\circ}C$ . Visina testa (mm) meri se pre unošenja u peć, a visina hleba nakon pečenja. Posle pečenja, hleb se hladi 1h i čuva u klima komori 23 h pri kontrolisanim uslovima temperature (prosečna temperatura  $22 \pm 0,7^{\circ}C$ ) i vlage (prosečna vlaga vazduha  $75 \pm 0,5\%$ ).

#### 3.3.4.2. Određivanje boje gornje površine kore hleba

Boja gornje površine kore hleba određena je hromametrom (MINOLTA, *Chroma Meter CR-400, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan*) sa D-65 osvetljenjem,  $2^{\circ}$  standardnim uglom posmatranja i 8 mm otvorom u glavi merenja. Rezultati su izraženi kao svetloća ( $L^*$ ), udeo crveno/zelene boje ( $a^*$ ) i udeo žuto/plave boje ( $b^*$ ), prema CIE  $L^*a^*b^*$  sistemu (CIE, 1976). Hromametar je kalibrisan pomoću bele kalibracione pločice, a na svakom hlebu urađeno je pet merenja prema shemi na slici 3.10.

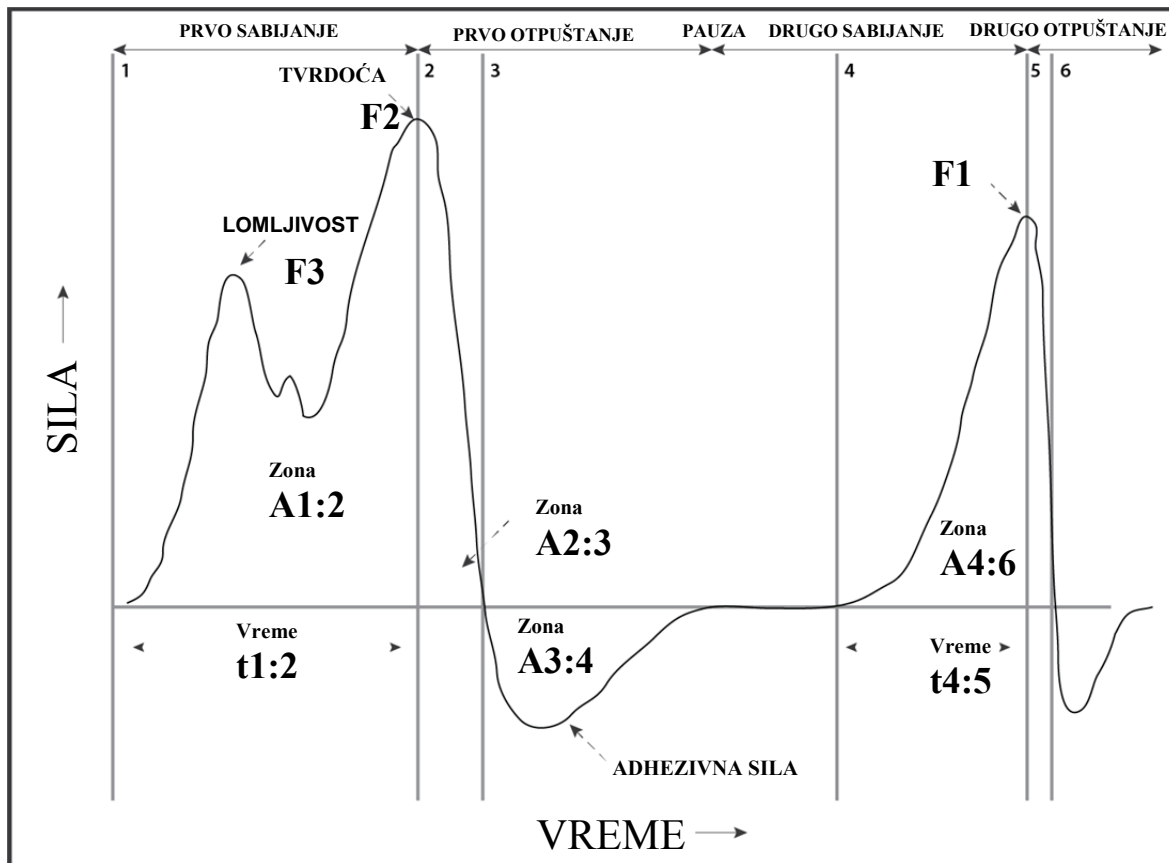


**Slika 3.10.** Shema za merenje boje gornje površine kore hleba

#### 3.3.4.3. Određivanje teksture sredine hleba

Tekstura sredine hleba određena je 24 sata posle pečenja pomoću *Texture Analyzer TA-XT2i (Stable Microsystems, Surrey, UK)* i *Texture Expert software* aluminijumskim valjkom za kompresiju SMS P/75. Od svake vekne hleba sečene su dve kriške debljine 25 mm iz kojih je potom iz sredine izvađen komad prečnika 35 mm koji je potom sabijan do 75% od njegove orginalne visine, metodom dvostrukog sabijanja *Texture Profile*

Analysis (TPA), pri brzini sabijanja aluminijumskog valjka od 1 mm/s i pauzom od 5 s između dve kompresije. Iz dobijenog TPA grafikona računski su dobijeni sledeći osnovni pokazatelji: čvrstoća, elastičnost, adhezivnost, kohezivnost, gumastost, žvakljivost i otpor (slika 3.11).



*Slika 3.11. TPA grafikon sa podacima kojima se izražavaju ili izračunavaju pokazatelji teksture sredine hleba (Texture Expert A5 Manual, 1997)*

Osnovni podaci koji se dobijaju TPA analizom su:

F – sila (F2 – tvrdoća, F3 – lomljivost)

A – površina između tačno definisanih i obeleženih tačaka

t – vreme između tačno definisanih i obeleženih tačaka

Na osnovu ovih podataka izračunavaju se i dodatni pokazatelji teksturnih osobina hleba:

Elastičnost –  $L4:5 / L1:2$

Kohezivnost –  $A4:6 / A1:3$

Gumoznost –  $F2 \times$  kohezivnost

Žvakljivost – Gumivost  $\times$  Elastičnost

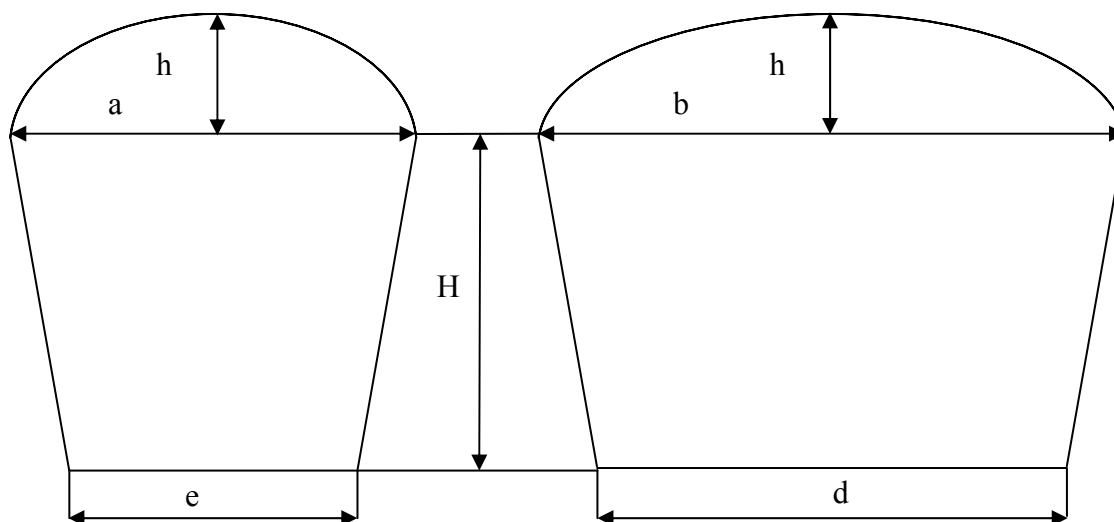
Otpor –  $A2:3 / A1:2$



U analizi teksturnih svojstava hleba primenjivi pokazatelji su tvrdoća, elastičnost, kohezivnost, adhezivnost i žvkljivost.

#### 3.3.4.4. Određivanje zapremine hleba

Zapremina hleba određena je računski. Na osnovu oblika hleba dobijenog pečenjem u kalupu aproksimirano je, da se on sastoji od zarubljene piramide i polovine elipsoida (Slika 3.12). Potrebne dimenzije izmerene su nonijusom (mm), a na osnovu formula za zapreminu elipsoida  $V = \frac{4}{3} \pi \frac{a}{2} \frac{b}{2} h$  i zarubljenu piramidu  $V = \frac{H}{3} (B1 + \sqrt{B1B2} + B2)$ ;  $B1 = ed$ ;  $B2 = ab$  (slika 3.4) izračunata je zapremina hleba. Takođe, na osnovu izmerenih vrednosti kao kvalitetni pokazatelj usvojena je i izračunata i površina gornje elipsaste površina kriške hleba – kalote.



Slika 3.12. Poprečni presezi hleba na osnovu kojih je izračunata zapremina hleba

#### 3.3.5. Statistička obrada podataka

Rezultati su statistički analizirani primenom programa *STATISTICA* 10.0 StatSoft, Inc. (2011). *STATISTICA (data analysis software system)*, version 10. www.statsoft.com.

Izvršena ispitivanja rezultirala su velikim brojem parametara koji ukazuju na različite aspekte kvaliteta i sastava brašna i testa. Prvi korak statističke obrade podataka bio je usmeren na redukciju broja pokazatelja na bazi kojih će se sagledati uticaj genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na sastav glutena i tehnološki kvalitet sorti pšenice. Za potrebe odabira pokazatelja sa približno istim pravcem i smerom delovanja pod uticajem najvažnijih faktora korišćena je analiza glavnih komponenti (*Principal Component Analysis* – u daljem tekstu PCA) Za potrebe PCA analize svi ispitani pokazatelji su

grupisani tako da se u istoj grupi nađu pokazatelji koji ukazuju na isti aspekt kvaliteta pšenice ili sastava glutena. PCA analiza je rađena na bazi prva dva glavna faktora, koji objašnjavaju najveći procenat varijanse ulaznih podataka. U odnosu na prva dva glavna faktora formirani su *loading plotovi* sa projekcijama izdvojenih pokazatelja po formiranim grupama pokazatelja. U slučajevima pokazatelja koji su na *loading plotovima* bili pozicionirani sa istim pravcem i smerom, što znači da prva dva glavna faktora na njih deluju na sličan način, izvršen je odabir pokazatelja, tako da je za dalju analizu zadržan pokazatelj na koji prva dva glavna faktora imaju najveći uticaj. Pokazatelji koji su na *loading plotovima* pozicionirani u istom pravcu, ali na suprotnim stranama *loading plotu* (pod uglom od  $180^\circ$ ), variraju pod uticajem iste kombinacije glavnih faktora, ali koji na njih suprotno deluju. Kako matematički iskazan porast, odnosno opadanje pojedinih pokazatelja, ne mora biti direktno povezan sa poboljšanjem ili pogoršanjem tehnološkog kvaliteta, pokazatelji koji su međusobno pozicionirani pod uglom od  $180^\circ$ , mogu se svrstati u grupu pokazatelja koji variraju pod uticajem istih glavnih faktora, odnosno pokazatelja koji se pod uticajem faktora koji deluju na njihovo variranje ponašaju na sličan način. Iz ovako uočenih grupa pokazatelja su prema navedenim kriterijumima, pojedini pokazatelji iz dalje analize izostavljeni kako bi se izbegao veliki broj pokazatelja na koje genetski, mikroklimatski i ekološki faktori imaju slično delovanje. Nasuprot tome, u slučaju kada su pokazatelji u *loading plotu* postavljeni pod uglom od  $90^\circ$ , kombinacija faktora koji deluju na njihovo variranje je različita, te ih sve treba uključiti u dalju analizu.

Analiza značajnosti uticaja ispitivanih genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora obavljena je primenom analize varijanse ANOVA (*Analysis of Variance*). Za analizu značajnosti razlika među srednjim vrednostima analiziranih parametara tehnološkog kvaliteta i sastava glutena pšenice za uzorke pšenice srodne po strukturi HMW–GS, godinama uzgoja i prisustvu neodvojivih primesa, korišćen je Duncan test sa pragom značajnosti 0,05. Dobijene prosečne vrednosti koje se statistički značajno razlikuju obeležene su različitim slovima.

## **4. Rezultati i diskusija**

### **4.1. Prikaz rezultata**

U okviru disertacije, na ispitivanim uzorcima sorti pšenice određen je značajan broj indirektnih i direktnih pokazatelja tehnološkog kvaliteta, sastava i strukture matriksa. U prilogu 4.1. disertacije data je tabela sa prosečnim vrednostima svih ispitivanih pokazatelja, koja daje kompletan uvid u tehnološki kvalitet i sastav glutena ispitivanih sorti pšenice, na bazi preko 150 pokazatelja dobijenih sprovedenim analizama.

Dobijena baza podataka je veoma obimna i sadrži niz pokazatelja koji su određivani u različitom broju ponavljanja uslovljenim potrebnom količinom uzorka, uobičajenim brojem ponavljanja, reproduktivnošću metoda i drugo. Pored toga, mnogi pokazatelji koji se nalaze u bazi podataka su veoma slični po značenju i načinu određivanja. Obrada ovako obimne sirove baze podataka, i izvođenje zaključaka na bazi brojnih rezultata; od kojih se s jedne strane mnogi zbog sličnih pokazatelja dupliraju, dok s druge strane mnogi, iako su minornog uticaja, mogu zamaskirati ključne rezultate, nije adekvatno rešenje sa aspekta donošenja pouzdanih zaključaka.

Stoga se pre analize uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na tehnološki kvalitet i sastav glutena pšenice, pristupilo struktuiranju baze podataka i redukciji broja podataka, naučno zasnovanim odbacivanjem podataka sa manje izraženim ili sličnim uticajem. Primenjena je PCA analiza, a odabir pokazatelja urađen je prema njihovom značenju, pravcu i intenzitetu prva dva glavna faktora.

Ovako formirana redukovana baza podataka je korišćena za analizu uticaja genetskih faktora koji su uslovljeni genetskom sličnošću ispitivanog sortimenta pšenice, klimatskih faktora koji su uslovljeni proizvodnom godinom, kao i ekoloških faktora koji su uslovljeni različitim nivoom prisustva neodvojivih primesa u masi pšenice.

## 4.2. Strukturiranje rezultata

Da bi se što jednostavnije sagledalo kako vrednosti pojedinačnih pokazatelja reprezentuju tehnološki kvalitet pšenice i sastav i svojstva glutena i skroba, kao i da bi se formirale grupe pokazatelja sličnog značenja za potrebu PCA analize usmerene na strukturiranje baze podataka, izvršena je podela ispitivanih pokazatelja prema funkciji koju imaju u glutenu, testu i hlebu, kao i amilazno skrobnom kompleksu. Podela obuhvata pokazatelje koji definišu tehnološki kvalitet pšenice i pokazatelje sastava i strukture matriksa.

Pokazatelji koji definišu tehnološki kvalitet pšenice podeljeni su na direktne i indirektno, a u okviru ovih grupa na sledeće podgrupe:

1. Direktni i indirektni pokazatelji tehnološkog kvaliteta
  - Direktni pokazatelji tehnološkog kvaliteta
    - Pokazatelji zapremine i oblika hleba
    - Pokazatelji teksture sredine hleba
    - Pokazatelji boje kore hleba.
  - Indirektni pokazatelji tehnološkog kvaliteta
    - Generalni pokazatelji tehnološkog kvaliteta
    - Pokazatelji svojstava testa pri zamesu
    - Pokazatelji svojstava testa prilikom obrade.

Pokazatelji koji definišu sastav i strukturu matriksa, dele se na pokazatelje stanja, sastava i strukture proteina i pokazatelje stanja amilazno skrobnog matriksa:

2. Pokazatelji sastava i strukture matriksa
  - Pokazatelji stanja, sastava i strukture proteina
    - Udeli i sastav glutenina i glijadina
    - Pokazatelji strukture proteinskog kompleksa
    - Sadržaj slobodnih –SH grupa
    - Sadržaj slobodnih –NH grupa
    - Udeli glijadinskih podjedinica
    - Udeli gluteninskih podjedinica
  - Pokazatelji stanja amilazno skrobnog kompleksa
    - Pokazatelji oštećenog skroba
    - Amilolitička aktivnost
    - Osobine skrobnog gela.

U tabeli 4.1. prikazano je grupisanje pokazatelja tehnološkog kvaliteta i pokazatelja koji definišu sastav i strukturu matriksa po značenju u skladu sa prikazanom podelom. U tabeli su date skraćene oznake pokazatelja koje su korišćene u prikazivanju i diskusiji dobijenih rezultata. Isto tako, za svaki od pokazatelja dati su opsezi u kojima su se kretale vrednosti dobijene obavljenim ispitivanjima na materijalu, koji je korišćen uporedo sa teorijskim i/ili literaturnim opsezima mogućeg variranja pojedinih pokazatelja.

**Tabela 4.1. Grupisanje pokazatelja po značenju**

Grupa pokazatelja	Pokazatelj	Značenje	Opseg u kome se kreću rezultati	Minimalne i maksimalne dobijene vrednosti
Generalni pokazatelji tehnološkog kvaliteta	FQN	Kvalitetni broj – opšti pokazatelj snage brašna	0–100	44,6–86,4
	E–E	Energija – opšti pokazatelji snage brašna	0–200	17,5–143,5
	A–W	Rad – opšti pokazatelji snage brašna	46–652**	115,8–416,4
	A–G	Zapremina vazduha za formiranje balona testa	10–30	12,1–27,2
	A–IE	Elastičnost otpora testa	0–78,55**	0,0–62,6
Pokazatelji svojstava testa pri zamesu	F–WA	Farinografska moć upijanja vode testa	52–70	56,9–69,0
	M–WA	Moć upijanja vode testa – <i>Mixolab</i>	*	52,7–68,2
	F–DDT	Farinografski razvoj testa	1–8	1,5–6,5
	M–DDT	Razvoj testa – <i>Mixolab</i>	*	1,17–8,57
	M–ST	Stabilitet testa – <i>Mixolab</i>	*	2,80–12,97
Pokazatelji svojstava testa prilikom obrade	O/R	Otpor / rastegljivost testa - ekstenzogram	0–5	0,67–3,63
	E–EX	Rastegljivost testa – ekstenzogram	50–250	104,5–210,0
	A–P	Maksimalan otpor testa – alveogram	22–143**	38,3–178,0
	A–L	Rastegljivost testa – alveogram	32–269**	30,2–151,4
	M–EL	Elastičnost testa – <i>Mixolab</i>	*	0,05–0,12
Pokazatelji zapremine i oblika hleba	BVr	Računska zapremina hleba	*	371,4–605,5
	Vcal	Zapremina polovine kalote (elipsastog dela) hleba	*	132,1–329,1
	Hb	Visina zarubljene piramide hleba	*	65,0–75,0
	h	Visina polovine kalote (elipsastog dela) hleba	*	21,7–42,7
	a	Širina kalote (elipsastog dela) hleba	*	70,7–87,3
	delta h	Narastanje testa u peći	*	0,33–12,67
	hf	Narastanje testa tokom završne fermentacije	*	80,3–99,0
	b	Dužina kalote (elipsastog dela) hleba	*	80,0–90,0
Pokazatelji teksture sredine hleba	HA–ss	Tvrdoća sredine hleba	*	1333,5–11293,2
	AD–ss	Adhezivnost sredine hleba	Nema podataka	-3,765–0,000
	SP–ss	Elastičnost sredine hleba	*	0,866–0,991
	CO–ss	Kohezivnost sredine hleba	*	0,613–0,770
	GU–ss	Gumivost sredine hleba	*	998,4–7216,6
	CH–ss	Žvkljivost sredine hleba	*	987,9–6801,1
	Res	Otpor sredine hleb	*	0,217–0,359
Pokazatelji boje kore hleba	L*	Svetloća	0–100	42,61–67,81
	a*	Udeo crvenog pigmenta	0–100	6,34–15,58
	b*	Udeo žutog pigmenta	0–100	21,97–36,36
	C*	Zasićenost – intenzitet boje	0–100	26,82–38,87
	h	Nijansa boje	0–360	54,89–78,70
	DW	Dominantna talasna dužina (nm)	380–750	579,82–588,83

\*Nema podataka

\*\* (Bordes i sar., 2008)

Nastavak *tabele 4.1*

Grupa pokazatelja	Pokazatelj	Značenje	Opseg u kome se kreću rezultati	Minimalne i maksimalne dobijene vrednosti
Udeli i sastav glijadina i glutenina	Glu SLMW	Udeli gluteninskih podjedinica jako niskih molekulskih masa	*	3,29–33,18
	Glu HLMW	Udeli gluteninskih podjedinica niskih molekulskih masa	*	43,40–80,87
	Glu HMW	Udeli gluteninskih podjedinica visokih molekulskih masa,	*	6,75–34,27
	Gli LMW	Udeli glijadinskih podjedinica jako niskih molekulskih masa	*	4,07–19,87
	Glimain	Udeli glijadinskih podjedinica koje predstavljaju njihov najveći deo	*	57,75–89,40
	Gliom	Udeli glijadinskih podjedinica koje su prema veličini najbliže omega glijadinima, jer prema Uthayakumaran i saradnicima (2007) MW $\omega$ -glijadina LaoC metodom je od 120 do 125 kDa	*	4,19–20,72
	GliHM	Udeli glijadinskih podjedinica–visokih molekulskih masa	*	0,00–5,53
	G	Sadržaj vlažnog glutena	16–50	21,5–40,0
	PR	Sadržaj proteina na s.m.	9–17	10,43–16,86
Pokazatelji strukture proteinskog kompleksa	F–DS	Stepen omekšanja testa – pokazatelj proteolitičke aktivnosti	0–300	15–130
	M–alfa	Brzina slabljenja proteinske mreže – pokazatelj proteolitičke aktivnosti	*	-0,110–0,000
	GI	Gluten indeks	0–100	78–100
	GI37	Gluten indeks određen nakon temperiranja testa na 37°C	0–100	41–98
	SV	Sedimentaciona vrednost <i>Infratec</i>	18–70	22,2–64,2
Sadržaj slobodnih –SH grupa	SH30–0f	Sadržaj slobodnih –SH grupa preračunat na brašno	0,29–0,73 $\mu\text{mol/g}$	0,157–0,440 mg/kg
	SH30–135f	Sadržaj slobodnih –SH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na brašno	*	0,187–0,628
	SH30–0d	Sadržaj slobodnih –SH grupa preračunat na testo	*	0,099–0,269
	SH30–135d	Sadržaj slobodnih –SH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na testo	*	0,119–0,385
	SH30–0g	Sadržaj slobodnih –SH grupa preračunat na gluten	*	0,563–1,157
	SH30–135g	Sadržaj slobodnih –SH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na gluten	*	0,784–2,167

\*Nema podataka

Nastavak **tabele 4.1**

Grupa pokazatelja	Pokazatelj	Značenje	Opseg u kome se kreću rezultati	Minimalne i maksimalne dobijene vrednosti
Sadržaj slobodnih –NH grupa	Am30–0f	Sadržaj slobodnih –NH grupa preračunat na brašno	*	0,0136–0,0558
	Am30–135f	Sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na brašno	*	0,0348–0,2694
	Am37–135f	Sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 37°C preračunat na brašno	*	0,0346–0,1110
	Am30–0d	Sadržaj slobodnih –NH grupa preračunat na testo	*	0,0084–0,0349
	Am30–135d	Sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na testo	*	0,0210–0,1167
	Am37–135d	Sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 37°C preračunat na testo	*	0,0209–0,0685
	Am30–0g	Sadržaj slobodnih –NH grupa preračunat na gluten	0–0,18 µg/g	0,0420–0,1932
	Am30–135g	Sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 30°C preračunat na gluten	*	0,1276–0,8766
	Am37–135g	Sadržaj slobodnih –NH grupa nakon temperiranja 135 min na 37°C preračunat na gluten	0,3–0,35 µg/g	0,1246–0,3131 µg/kg
Udeli glijadinskih podjedinica		Zbog obimnosti pojedinačni udeli glijadinskih podjedinica neće biti prikazani	*	
Udeli gluteninskih podjedinica		Zbog obimnosti pojedinačni udeli gluteninskih podjedinica neće biti prikazani	*	
Pokazatelji oštećenog skroba	Farr	Sadržaj oštećenog skroba preračunat na metodu prema <i>Farandu</i>	10–45	19,72–52,69
	UCD	Sadržaj oštećenog skroba po <i>Chopinu</i>	12–28	19,00–29,05
	UCDc	Sadržaj oštećenog skroba po <i>Chopinu</i> preračunat na 14,0% vlage i 12,0% proteina	12–28	19,55–29,05
	AACC	Sadržaj oštećenog skroba preračunat na AACC metodu	4–9	4,35–7,12
	AI%	Apsorpcija joda	90–100	93,28–97,06
	Vabs	Brzina apsorpcije joda	20–60	26,5–53,5
Amilolitička aktivnost	FN	Broj padanja – pokazatelj amilolitičke aktivnosti	60–500	111–396
	A–MV	Maksimalni viskozitet amilogram – pokazatelj amilolitičke aktivnosti	0–3000	120–1600
	M–C3	Maksimalni viskozitet <i>Mixolab</i> – pokazatelj amilolitičke aktivnosti	*	1,07–2,35
Osobine skrobnog gela	M–C3–C4	Stabilnost tople paste	*	0,07–1,98
	M–C5–C4	Mera retrogradacije skroba	*	0,38–3,06
	M–beta	Brzina želatinizacije skroba	*	0,196–0,628
	M–gama	Brzina enzimske razgradnje skroba	*	-0,120 – -0,010

\*Nema podataka

Na osnovu opsega u kome se kreću vrednosti generalnih pokazatelja tehnološkog kvaliteta, stiče se utisak da se kvalitet ispitivanih sorti pšenice kreće od zadovoljavajućeg, pa sve do vrhunskog. Vrednosti ispitivanih pokazatelja svojstava testa prilikom obrade ukazuju na još veće variranje kvaliteta. Testo ispitivanih sorti pšenice je imalo svojstva od mekog i veoma rastegljivog, do čvrstog i krutog, sa različitim nivoima elastičnosti. Opseg vrednosti direktnih pokazatelja pećivosti ukazuje da ispitivane sorte poseduju veoma različit kvalitet, koji se kreće od zadovoljavajućeg pa sve do vrhunskog, dok se na osnovu raspona vrednosti pokazatelja teksture sredine hleba, njihov kvalitet može precizno izdiferencirati. Ovo je u skladu sa istraživanjima Mastilović i saradnika (*in press*) koji su dobili skoro identične opsege sledećih pokazatelja GI, FN, F-WA, F-DDT, F-DS, E-E, E-EX, O/R, čime su potvrdili veliko variranje kvaliteta 32 ispitivane sorte pšenice. Prema vrednostima dominantne talasne dužine, boje kore hleba kreću se od kraja žute i početka narandžaste, a opsezi vrednosti svetloće, udela žutog pigmenta, udela crvenog pigmenta, zasićenosti i nijanse boje su takvi, da se takođe može precizno diferencirati boja kore hleba od brašna ispitivanih sorti pšenice.

Pokazatelji strukture proteinskog kompleksa, ukazuju da je u pitanju neoštećen, ili možda neznatno oštećen gluten, što je veoma važna konstatacija koja upućuje na to da se izvedeni zaključci odnose na pšenicu bez izraženih oštećenja tehnološkog kvaliteta.

Udeli glijadina i glutenina kreću se u širokim opsezima vrednosti, što potvrđuje da se ispitivane sorte pšenice značajno razlikuju, kako po udelima glijadinskih i gluteninskih frakcija, tako i po količini glutena. Sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa su niski, ali su opsezi vrednosti dovoljno široki, da bi se postigla diferencijacija prema različitim nivoima.

Pokazatelji stanja skrobno amilaznog kompleksa ukazuju da količina oštećenog skroba u ispitivanim sortama nije velika, što govori u prilog već iznetoj činjenici da se sve izvedne konstatacije odnose na pšenicu bez izraženih oštećenja tehnološkog kvaliteta.

Za razliku od sadržaja oštećenog skroba, znatno šire vrednosti opsega pokazatelja amilolitičke aktivnosti, ukazuju da se amilolitička aktivnost kreće od visoke do veoma niske, što je uočeno i kod ostalih pokazatelja skrobno amilaznog kompleksa.

Široki opsezi variranja pokazatelja tehnološkog kvaliteta, kao i pokazatelja koji ukazuju na sastav i strukturu glutenskog kompleksa, uz po pravilu niske vrednosti pokazatelja koji ukazuju na oštećenje tehnološkog kvaliteta, ukazuju na adekvatnost baze podataka, dobijene obavljenim istraživanjima za izvođenje verodostojnih zaključaka vezanih za uticaj genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora, na tehnološki kvalitet i sastav glutenskog kompleksa pšenice i njihovu interakciju.

### 4.3. Odabir pokazatelja

Zbog velikog broja analiziranih pokazatelja i nemogućnosti da se na tako velikom broju izvedu relevantni zaključci, oni su odabrani nakon PCA analize. Prema Kurtanjek i

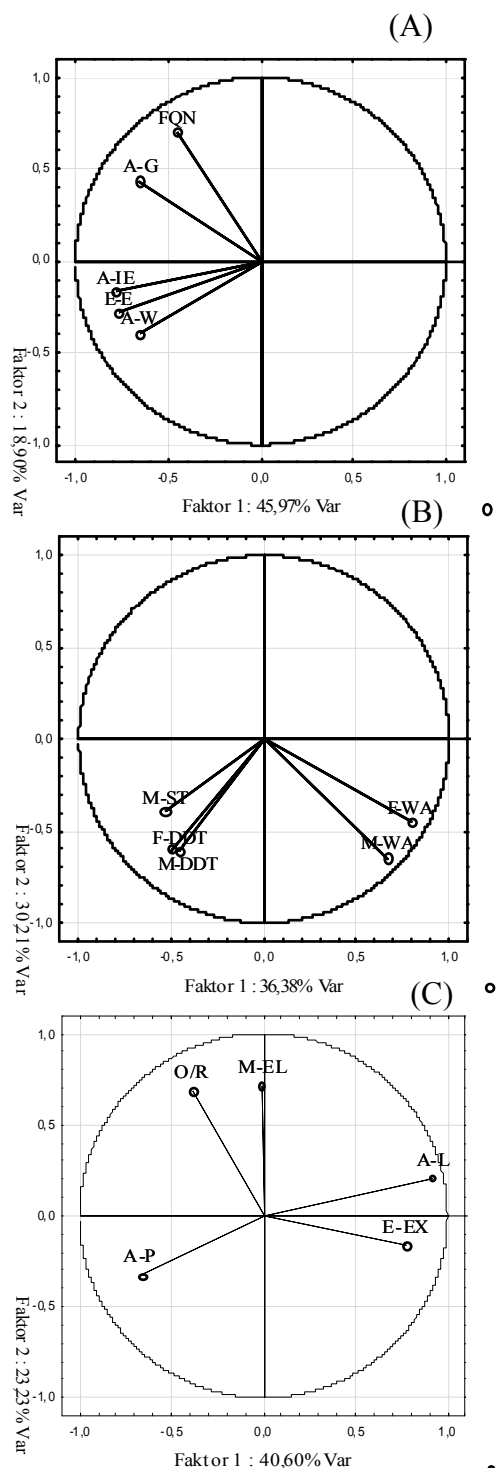


saradnicima (2008) PCA analiza se primenjuje kako bi se velike baze podataka redukovale i dobile skrivene promenjive koje se naknadno mogu analizirati.

Kao što se može videti na slici 4.1. A kod generalnih pokazatelja tehnološkog kvaliteta prva dva glavna faktora mogu objasniti preko 64% varijanse ulaznih podataka. Pokazatelji E–E, A–IE i A–W imaju slične trendove. Zajednički uticaj oba glavna faktora najveći je na E–E, tako da je on korišćen u daljoj obradi podataka. Nasuprot njima, FQN i A–G imaju međusobno sličan, ali u odnosu na prvu grupu pokazatelja drugačiji trend, uz izraženiju razliku kada je u pitanju FQN, za koji se može zaključiti da je gotovo nezavisan u odnosu na druga tri pokazatelja E–E, A–IE i A–W, te će i ovaj pokazatelj biti uključen u dalju analizu.

Kod pokazatelja svojstava testa pri zamesu, prva dva glavna faktora objašnjavaju preko 66% varijanse ulaznih podataka (Slika 4.1. B). Kod ove grupe pokazatelja izdiferencirale su se dve grupe postavljene u *loading plotu* pod uglom od 90°, što ukazuje da su nezavisne jedna u odnosu na drugu. U prvoj grupi su pokazatelji koji utiču na randman hleba, odnosno pokazatelji moći upijanja vode, a zbog najvećeg zajedničkog uticaja oba glavna faktora na F–WA, ovaj pokazatelj će se koristiti u daljoj obradi podataka. Drugu grupu čine pokazatelji trajanja faze razvoja testa, a zajednički uticaj oba glavna faktora najveći je na F–DDT, tako će se i on koristiti u daljoj obradi podataka.

Kod pokazatelja svojstava testa prilikom obrade, prva dva glavna faktora mogu objasniti preko 63% varijanse ulaznih podataka (Slika 4.1. C). Svi analizirani pokazatelji imaju različite trendove u odnosu na prvi ili drugi glavni faktor i nema grupisanja pokazatelja, tako da će se u daljoj obradi podataka svi koristiti. Položaj ekstenzografskih pokazatelja O/R i E–EX na *loading plotu* ukazuje da su oni nezavisni jedan u



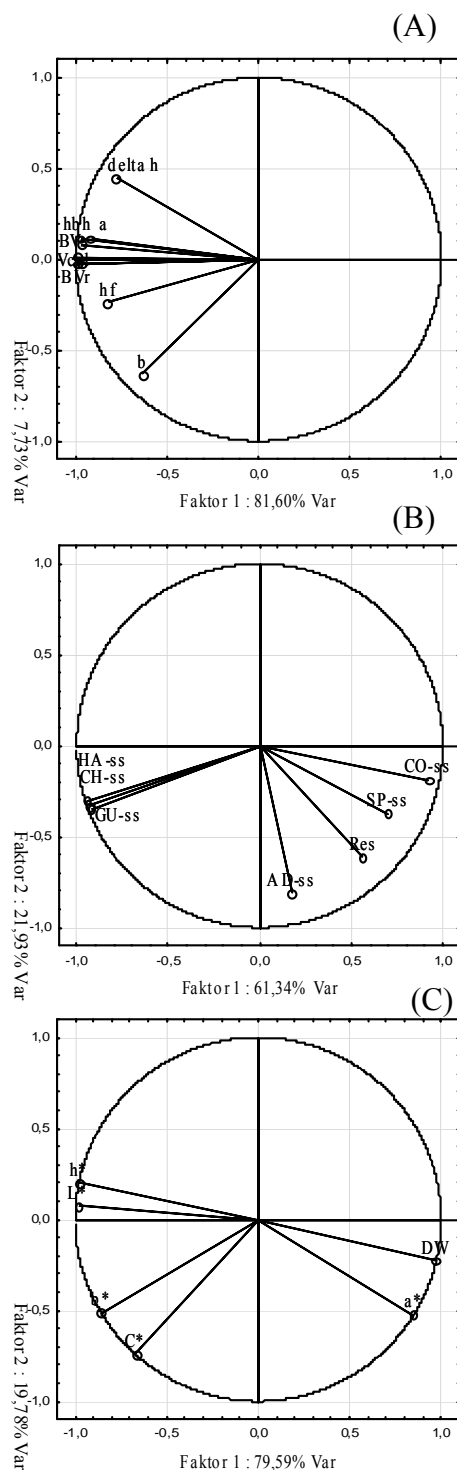
**Slika 4.1.** Loading plot projekcija prva dva glavna faktora pokazatelja reoloških svojstava testa u pogledu generalnih pokazatelja kvaliteta (A), svojstava testa pri zamesu (B) i svojstava testa prilikom obrade (C)

odnosu na drugi. Za razliku od njih, položaj alveografskih pokazatelja na *loading plotu* ukazuje da su kod testa analiziranih uzoraka koja su imala visoke vrednosti A–L, vrednosti A–P bile niske i obrnuto. Suprotno ovome Bordes i saradnici (2008) su prilikom ispitivanja alveografskih pokazatelja 372 sorte pšenice PCA analizom utvrdili da se ova dva pokazatelja, prema poziciji na *loading plotu*, nezavisna.

U odnosu na pokazatelje reoloških svojstava testa koji su prikazani na slici 4.1, kod pokazatelja pecivosti prikazanih na slici 4.2, na osnovu prva dva glavna faktora se može objasniti i u slučaju pokazatelja zapremine i oblika, i u slučaju pokazatelja teksture sredine, i u slučaju pokazatelja boje kore preko 80 % varijanse ulaznih podataka.

Svi pokazatelji zapremine i oblika hleba imaju isti trend u odnosu na prvi glavni faktor, kojim se može objasniti preko 80% varijanse ulaznih podataka (Slika 4.2. A). Drugim glavnim faktorom, kojim se može se objasniti daleko manje varijanse ulaznih podataka, diferenciraju se četiri grupe pokazatelja (Slika 4.2. A). Prvu grupu pokazatelja čine BVr, Vcal, Hb, h i a, a među njima je zajednički uticaj oba glavna faktora, najveći na Vcal tako da će se i on koristiti u daljoj obradi podataka. Ostala tri pokazatelja – delta h (narastanje testa u peći), hf (narastanje testa tokom završne fermentacije) i b (dužina kalote hleba) imaju drugačiji trend u odnosu na drugi glavni faktor, pa će se u daljoj obradi podataka svi koristiti. Položaj dužina kalote hleba i narastanje testa u peći na *loading plotu*, ukazuje da su oni međusobno nezavisni.

Kod pokazatelja teksture sredine hleba, u odnosu na prvi glavni faktor, izdiferencirale su se dve grupe sa sličnim trendovima. (Slika 4.2–B). Prvu grupu čine HA–ss, CH–ss i GU–ss, dok se u drugoj nalaze AD–ss, Res, SP–ss i Co–ss. Prva grupa ne diferencira se u odnosu na drugi glavni faktor i iz ove grupe će se za dalju obradu



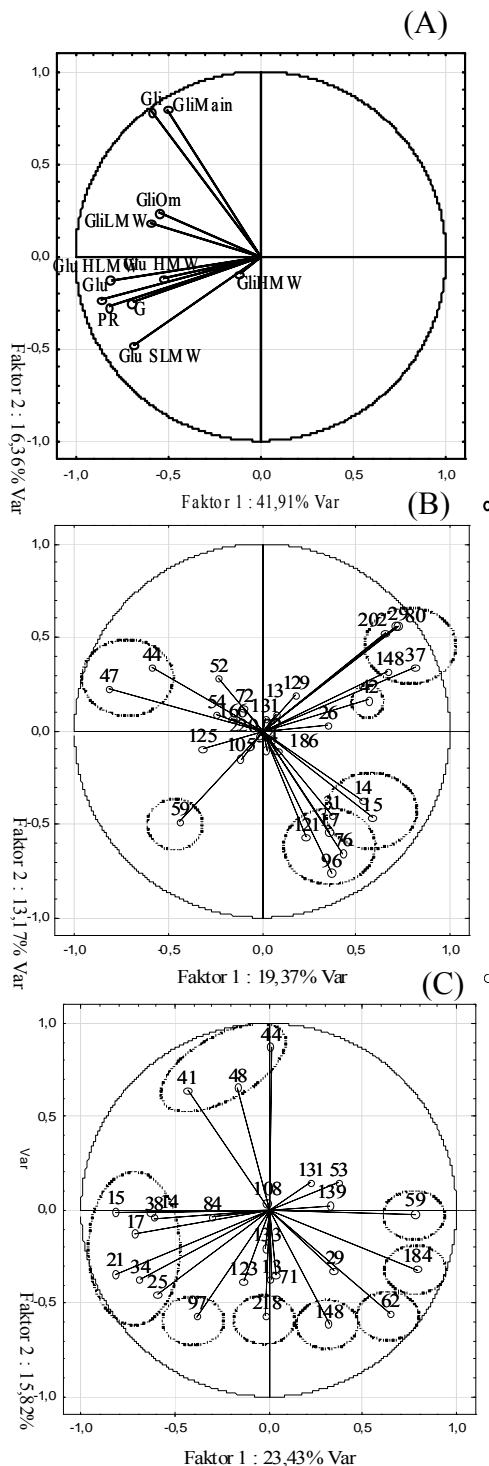
**Slika 4.2.** Loading plot projekcija prva dva glavna faktora pokazatelja pecivosti u pogledu pokazatelja oblika i zapremine hleba (A), teksturnih svojstava sredine (B) i boje kore hleba (C)

podataka koristiti HA–ss, jer je zajednički uticaj oba glavna faktora na njega najveći. Pokazatelji iz druge grupe diferenciraju se u odnosu na drugi glavni faktor, tako da će se svi koristiti u daljoj obradi podataka.

Kod pokazatelja boje kore hleba, kao što se može videti na slici 4.2. C, izdiferencirale su se tri grupe pokazatelja. Prvu grupu čine  $L^*$  i  $h^*$ , u drugoj grupi su  $b^*$  i  $C^*$ , dok su u trećoj grupi  $a^*$  i  $DW$ . Zajednički uticaj oba glavna faktora veći je na  $L^*$  (svetloća),  $a^*$  (odnos crvene i zelene boje) i  $b^*$  (odnos plave i žute boje) i ovi pokazatelji će se koristiti u daljoj obradi podataka.

Rezultati PCA, dobijeni analizom sadržaja proteina i glutena i sastava glutenina i glijadina (Slika 4.3), ukazuju da je udeo varijanse ovog aspekta kvaliteta pšenice, koji se može objasniti na osnovu prva dva glavna faktora, daleko manji nego kod pokazatelja reoloških svojstava testa, a posebno kod pokazatelja pecivosti. Tako se kod udela glutenina i glijadina različitih molekulskih masa (slika 4.3. A), na bazi prva dva faktora može objasniti nešt manje od 60% varijanse ulaznih podataka, dok je kod udela podjedinica glutenina (Slika 4.3. B) i glijadina (slika 4.3. C), ovaj udeo manji od 40 %, što je delom posledica velikog broja podjedinica, što ukazuje na potrebu i opravdanost njihovog spajanja za potrebe dalje analize u slučajevima podjedinica koje imaju iste trendove.

Svi pokazatelji udela glutenina i glijadina različitih molekulskih masa (Slika 4.3. A), imaju isti trend u odnosu na prvi glavni faktor, a izdiferencirani su u odnosu na drugi glavni faktor. Tri od četiri najvažnija pokazatelja (sadržaj proteina, sadržaj vlažnog glutena i sadržaj glutenina) imaju iste trendove, a na sadržaj glutenina zajednički uticaj oba glavna faktora je najveći, te će se on koristiti u daljoj obradi podataka. Pozicija udela glutenina i udela glijadina na *loading plotu* ukazuje da su ova dva pokazatelja nezavisni jedan u odnosu na drugi,



**Slika 4.3.** Loading plot projekcija prva dva glavna faktora pokazatelja sastava glutena u pogledu udela glutenina i glijadina različitih molekulskih masa (A), udela podjedinica glutenina (B) i udela podjedinica glijadina (C)

čime se može objasniti i nezavisan uticaj koji oni imaju na osobine testa. Ovo je u skladu sa rezultatima Singh i saradnika (1990) i Uthayakumaran i saradnika (2000) koji su utvrdili da glijadini i glutenini imaju potpuno drugačiji uticaj na rastegljivost testa. Od glijadinskih frakcija u odnosu na drugi faktor, grupišu se Gliom i Gli LMW, dok Gli main i Gli HMW imaju različite trendove. S obzirom na isti trend Gliom i Gli LMW će biti spojeni u jedan zajednički pokazatelj. Iako su oba glavna faktora imala mali uticaj na Gli HMW, on će se koristiti u daljoj obradi podataka, kako bi se sagledao ukupan uticaj udela glijadinske frakcije na tehnološki kvalitet. Od gluteninskih frakcija zajednički uticaj oba glavna faktora najveći je na Glu SLMW i koristiće se u daljoj obradi podataka, dok su Glu HLMW i Glu HMW spojeni u jedan zajednički pokazatelj.

U slučaju gluteninskih podjedinica (Slika 4.3. B) za dalju analizu odabrane su 2 grupe gluteninskih podjedinica i 6 zasebnih gluteninskih podjedinica, koje su se, kao što je prikazano na slici 4.3. B, izdiferencirale u odnosu na prva dva glavna faktora. Prvu grupu čine podjedinice bliskih molekulskih masa (41, 44 i 48 kDa). U drugoj grupi su podjedinice manjih molekulskih masa (14, 15, 17, 21, 25, 34 i 38 kDa). Šest gluteninskih podjedinica (59, 62, 97, 148, 184 i 218 kDa) su izdiferencirane u odnosu na oba glavna faktora.

Kada su u pitanju udeli glijadinskih podjedinica (Slika 4.3. C), pod uticajem prva dva glavna faktora izdiferenciralo se 6 grupa glijadinskih podjedinica. Prvu grupu čine podjedinice od 29, 37, 80, 148 i 202 kDa, drugu grupu podjedinica od 42 kDa, treću grupu podjedinice od 14, 15, 17 i 31 kDa, četvrtu podjedinice od 76, 96 i 121 kDa, petu podjedinice od 44 i 47 kDa, a šestu glijadinska podjedinica 59 kDa.

Kod pokazatelja strukture proteinskog kompleksa (Slika 4.4) udeo varijanse ulaznih podataka, koji se može objasniti na osnovu prva dva glavna faktora, veći je nego kod pokazatelja sastava glutena. Tako je kod pokazatelja svojstava glutena on preko 60 %, a kod pokazatelja sadržaja slobodnih –SH, odnosno –NH grupa preko 80%.

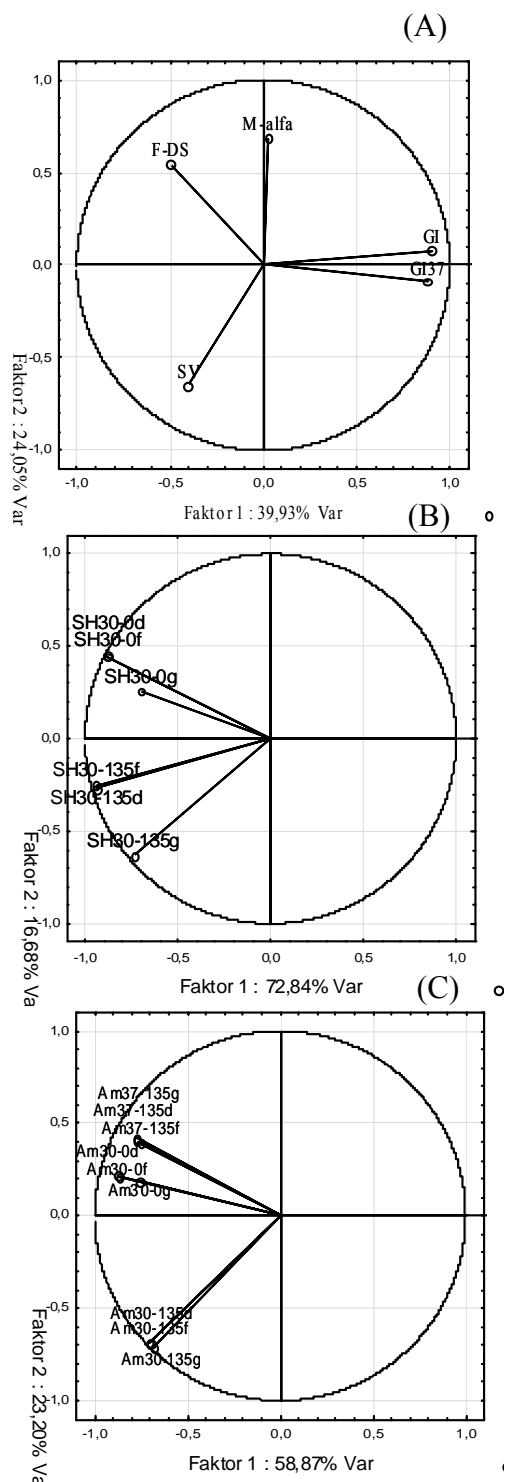
Kod pokazatelja svojstava glutena (Slika 4.4. A) svi analizirani pokazatelji imaju različite trendove u odnosu na prvi ili drugi glavni faktor, tako da će se u daljoj obradi podataka svi koristiti, osim u slučaju GI i GI 37, koji imaju isti trend u odnosu na prva dva glavna faktora. Zajednički uticaj oba glavna faktora veći je na GI, te će se on koristiti pri obradi podataka. GI37 se diferencira kada je izražena proteolitička aktivnost, što kod ispitivanih sorti pšenice nije bio slučaj. Dobijene vrednosti su na nivou vrednosti prva dva faktora (38,26% i 24,31%) sastava proteina, kada su ispitivane 32 sorte pšenice iz Srbije i Hrvatske (Mastilović i sar., *in press*).

Svi pokazatelji sadržaja slobodnih –SH grupa imaju isti trend u odnosu na prvi glavni faktor (Slika 4.4. B). Sadržaj sulfhidrilnih grupa u neodležanom glutenu i glutenu temperiranom 135 minuta na 30°C, diferencira se u odnosu na drugi faktor. Vrednosti preračunate na sadržaj slobodnih –SH grupa u odnosu na gluten, brašno i testo, grupišu se u odnosu na oba faktora. Zajednički uticaj oba glavna faktora najveći je na SH30–0d i SH30–135d, pri čemu će se vrednosti izražene u odnosu na testo koristiti u daljoj obradi podataka.

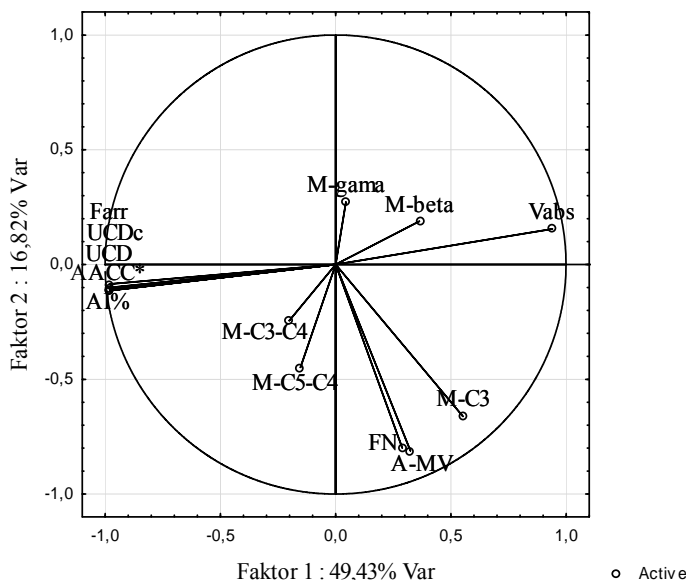
Pokazatelji sadržaja slobodnih –NH grupa pokazuju isti trend u odnosu na prvi glavni faktor (Slika 4.4. C). U odnosu na drugi glavni faktor diferenciraju se sadržaji slobodnih –NH grupa, prema različitim uslovima temperiranja glutena. Takođe, svi trendovi sadržaja slobodnih –NH grupa koje su izražene u odnosu na gluten, brašno i testo, gotovo su istovetni. Zajednički uticaj oba glavna faktora najveći je kod Am30–135d, Am30–0d i Am37–135d, koji će biti korišćeni u daljoj obradi podataka.

Kod pokazatelja stanja amilazno skrobnog kompleksa, prva dva glavna faktora objašnjavaju preko 65 % varijabilne ulaznih podataka. Kao što se vidi sa slike 4.5 pet pokazatelja: Farr, UCDC, UCD, AACC\* i AI% su grupisani, dok Vabs u odnosu na njih ima isti pravac, a suprotan smer, što znači da je uticaj ova dva faktora na njega identičan, kao i na ostale pokazatelje. Uticaj oba glavna faktora najveći je na AACC\*, pa će se on koristiti u daljoj obradi podataka. Na pokazitelje amilolitičke aktivnosti: FN, A–MV i M–C3, značajno više je uticao drugi glavni faktor i sva tri imaju isti trend. Najizrazitiji uticaj oba glavna faktora je na A–MV, zbog čega će se on koristiti u daljoj obradi podataka.

Pozicija pokazatelja oštećenog skroba i pokazatelji amilolitičke aktivnosti na *loading plotu* ukazuje da ove dve grupe pokazatelja ne zavise jedna od druge, odnosno ukazuju da oštećenje skroba najverovatnije potiče od mehaničkog oštećenja prilikom mlevenja, a ne i od amilolitičke aktivnosti. Oba glavna faktora mnogo manje su uticala na ostale dve grupe pokazatelja: prva grupa (M–C3–C4 i M–C5–C4) i druga grupa (M–beta i M–gamma). Njihov uticaj je veći na retrogradaciju skroba i brzinu želatinizacije, i zbog toga će se ova dva pokazatelja koristiti u daljoj obradi podataka.



**Slika 4.4.** Loading plot projekcija prva dva glavna faktora pokazatelja svojstava glutena u pogledu empirijskih pokazatelja svojstava glutena (A), sadržaja slobodnih –SH grupa (B) i sadržaja slobodnih –NH grupa (C)



*Slika 4.5. Loading plot projekcija prva dva glavna faktora pokazatelja stanja amilazno skrobnog kompleksa*

#### 4.4. Uticaj genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na pokazatelje tehnološkog kvaliteta i sastav glutena pšenice

Pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice odabrani PCA analizom, s obzirom na to da obuhvataju one pokazatelje koji najbolje reflektuju variranja sa aspekata kvaliteta i sastava pšenice iz tabele 4.1 u odnosu na najuticajnije faktore, predstavljaju validnu bazu podataka za dalju analizu uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na tehnološki kvalitet i sastav glutena pšenice. Ovako formirana baza podataka korišćena je za analizu značajnosti uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora, primenom na aspekte tehnološkog kvaliteta i sastava glutena pšenice. Takođe je primenom analize varijanse analizirana značajnost razlika među prosečnim vrednostima ovih pokazatelja za grupe srodne po definisanim genetskim (Tabela 3.1), mikroklimatskim (Tabela 3.3) odnosno ekološkim (Tabela 3.4) aspektima, primenom Dankan testa. Vrednosti koje se statistički značajno razlikuju obeležene su različitim slovima i bojom (Tabela 4.2), kako bi se izdvojile povoljnije/više vrednosti odnosno manje povoljne/nize vrednosti ispitanih pokazatelja.

*Tabela 4.2. Legenda korišćenih oznaka*

Legenda:	Statistički značajno povoljnije/više vrednosti	a
	Vrednosti koje se statistički ne razlikuju ili statistički srednji nivo vrednosti	b
	Statistički značajno manje povoljne/nize vrednosti	c

Rezultati analize značajnosti razlika dobijenih srednjih vrednosti pokazatelja istih grupa prikazani su u tabelama 4.3 – 4.90. Dobijeni rezultati prikazani su najpre prema sadržaju podjedinica na pojedinačnim lokusima da bi se utvrdio uticaj pojedinačnih podjedinica i prema grupama sorti koje imaju identičan sastav HMW–GS (uticaj genetskih faktora), zatim u odnosu na tri proizvodne godine (uticaj mikroklimatskih faktora), i konačno prema referentnim nivoima sadržaja prokljalih, steničavih, fuzarioznih i tamnokličnih zrna prikazanim u tabeli 3.4.

Rezultati analize varijanse uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora nisu posebno prikazivani. U slučajevima pokazatelja kod kojih su utvrđene statistički značajne razlike među srednjim vrednostima (Tabela 4.3. do 4.90) analiza varijanse je ukazala na značajnost uticaja posmatranog faktora.

#### **4.4.1. Uticaj genetskih faktora**

Različiti genotipovi pšenice imaju i različit tehnološki kvalitet. Uzimajući u obzir specifični sastav HMW gluteninskih podjedinica, kao jedan od najvažnijih genetskih faktora koji utiče na osobine testa pšeničnih sorti (Payne i Lawrence, 1987a), izvršena je podela sorti na osnovu razlika u HMW gluteninskim podjedinicama. U ispitivanom sortimentu, dominantan je par podjedinica 5 + 10 sa Glu D1 lokusa (10 sorti) u odnosu na 2 + 12 (3 sorte), a 30% sorti pšenice sadrži 2\* podjedinica sa Glu A1 lokusa. U prvom koraku analize posmatrano je da li postoje razlike prema podjedinicama na Glu A1 lokusa (prisutna ili nije prisutna podjedinica 2\*), odnosno Glu D1 lokusa (prisutna 5 + 10 podjedinica ili je prisutna 2 + 12 podjedinica). U drugom koraku posmatrane su razlike među grupama sorti sa različitom strukturom podjedinica gluteninina visokih molekulskih masa (grupe sorti A, B i C iz tabele 3.1. koje su u osnovnoj bazi podataka zastupljene sa većim brojem sorti). Različita genetska osnova rezultat je rada oplemenjivača Instituta za ratarstvo i povrtarstvo koji su uložili ogroman napor da bi stvorili nove sorte sa poboljšanom snagom glutena koje poseduju dobar pecivni kvalitet (Denčić i sar., 2008).

##### **4.4.1.1. Podjedinice Glu–A1 lokusa**

Analiza značajnosti razlika srednjih vrednosti pokazatelja reoloških osobina testa za sorte pšenice kod kojih je prisutna, odnosno nije prisutna podjedinica 2\* HMW–GS sa Glu A1 lokusa, pokazala je da ona nema znatan uticaj na njih. Samo su vrednosti A–P sorti sa 2\* podjedinicom značajno više, a A–L značajno niže u odnosu na sorte koje ne sadrže ovu podjedinicu (Tabela 4.3. i 4.4). Po Bordes i saradnicima (2008), prema vrednosti A–P, sorte koje sadrže 2\* HMW–GS su veoma dobrog kvaliteta, a sorte koje ne sadrže ovu podjedinicu su standardnog kvaliteta. Dobijene vrednosti A–L nisu u skladu sa rezultatima Barnlard i Dardevet (1985) koji su utvrdili da 2\* HMW–GS ima pozitivan uticaj na rastegljivost. S obzirom da u ispitivanom sortimentu samo 4 sorte imaju 2\* HMW–GS, ne

mogu se izvesti pouzdani zaključci. Dodatno, ovo ukazuje da je gluten sorti koje sadrže ovu podjedinicu čvrst i nerastegljiv, a sorti koje je ne sadrže mek i rastegljiv. Iako je snaga testa izražena preko pokazatelja E–E viša, što je u skladu sa rezultatima Barnlarda i Dardeveta (1985), ovo ipak nije statistički potvrđeno. Slaba diferencijacija indirektnih pokazatelja prema prisustvu/odsustvu 2\* HMW–GS sa Glu A1 lokusa, u skladu je sa rezultatima Tabiki i saradnika (2006). Ovi autori su utvrdili da slabiji uticaj na snagu testa imaju podjedinice sa Glu A1 lokusa, u poređenju sa podjedinicama sa Glu D1 lokusa.

**Tabela 4.3.** Analiza uticaja genetskog faktora (2\* HMW–GS) na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

podjedinica glu A1 lokusa	E–E	FQN	F–WA	F–DDT
<b>2* HMW–GS</b>				
Prisutna	92,1 <sup>b</sup>	70,8 <sup>b</sup>	63,6 <sup>b</sup>	2,92 <sup>b</sup>
Nije prisutna	82,4 <sup>b</sup>	63,6 <sup>b</sup>	61,9 <sup>b</sup>	2,78 <sup>b</sup>

**Tabela 4.4.** Analiza uticaja genetskog faktora (2\* HMW–GS) na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

podjedinica glu A1 lokusa	M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
<b>2* HMW–GS</b>					
Prisutna	0,082 <sup>b</sup>	162,7 <sup>b</sup>	1,70 <sup>b</sup>	98,7 <sup>a</sup>	78,2 <sup>c</sup>
Nije prisutna	0,082 <sup>b</sup>	161,6 <sup>b</sup>	1,64 <sup>b</sup>	73,1 <sup>c</sup>	90,0 <sup>a</sup>

Slično indirektnim pokazateljima kvaliteta, u odnosu na prisustvo 2\* podjedinice slabo su se izdiferencirali i direktni pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice. Statistički značajne razlike dobijene su samo kod pokazatelja teksture hleba Co–ss i Res (Tabela 4.5). Njihove vrednosti su kod sorti pšenice koje sadrže 2\* HMW–GS sa Glu A1 lokusa, statistički značajno više u odnosu na sorte bez ove podjedinice (Tabela 4.5), što ukazuju na njihov dobar tehnološki kvalitet. Suprotno ovome, pokazatelji zapremine i oblika hleba nisu se statistički izdiferencirali (Tabela 4.6), kao ni boja kore hleba (Tabela 4.7).

**Tabela 4.5.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na pokazatelje teksture sredine hleba

podjedinica glu A1 lokusa	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
<b>2* HMW–GS</b>				
Prisutna	3453,6 <sup>b</sup>	0,964 <sup>b</sup>	0,721 <sup>a</sup>	0,311 <sup>a</sup>
Nije prisutna	2818,7 <sup>b</sup>	0,965 <sup>b</sup>	0,706 <sup>c</sup>	0,286 <sup>c</sup>



**Tabela 4.6.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na pokazatelje zapremine i oblika hleba

podjedinica glu A1 lokusa	h f	delta h	b	Vcal
<b>2* HMW–GS</b>				
Prisutna	92,6 <sup>b</sup>	6,36 <sup>b</sup>	85,0 <sup>b</sup>	250,6 <sup>b</sup>
Nije prisutna	91,9 <sup>b</sup>	6,73 <sup>b</sup>	85,6 <sup>b</sup>	251,9 <sup>b</sup>

**Tabela 4.7.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na pokazatelje boje kore hleba

podjedinica glu A1 lokusa	L*	a*	b*
<b>2* HMW–GS</b>			
Prisutna	55,07 <sup>b</sup>	11,87 <sup>b</sup>	30,66 <sup>b</sup>
Nije prisutna	54,92 <sup>b</sup>	12,20 <sup>b</sup>	30,48 <sup>b</sup>

Prilikom analize značajnosti razlika srednjih vrednosti udela glutenina i glijadina među grupama sorti formiranim prema prisustvu/odsustvu 2\* HMW–GS, utvrđeno je da su udeli GliHMW sorti koje sadrže ovu podjedinicu statistički značajno više u odnosu na one koje ih ne poseduju (Tabela 4.8). Ovo je potvrđeno i preko statistički značajnih razlika u vrednostima pojedinačne glijadinske podjedinice od 148 kDa (Tabela 4.9). Analizom značajnosti razlika utvrđeno je da se udeli gluteninskih podjedinica, statistički značajno razlikuju kod glutenina molekulskih masa 21+25+29+34 kDa, i 41+44+48 i 59 kDa (Tabela 4.10). Takođe, vrednosti veličina HMW–GS od 148, 184 i 218 kDa su u skladu sa vrednostima koje su dobili Živančev i saradnici (2013).

**Tabela 4.8.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na udele i sastav glutenina i glijadina

podjedinica glu A1 lokusa	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
<b>2* HMW–GS</b>					
Prisutna	16,3 <sup>b</sup>	83,7 <sup>b</sup>	77,3 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	20,3 <sup>b</sup>
Nije prisutna	14,6 <sup>b</sup>	85,4 <sup>b</sup>	78,8 <sup>b</sup>	1,3 <sup>c</sup>	19,9 <sup>b</sup>

**Tabela 4.9.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na udele glijadinskih frakcija

podjedinica glu A1 lokusa	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
<b>2* HMW–GS</b>							
Prisutna	10,3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>a</sup>	17,5 <sup>b</sup>	37,1 <sup>b</sup>	0,60 <sup>a</sup>	1,8 <sup>c</sup>	0,68 <sup>a</sup>
Nije prisutna	10,0 <sup>b</sup>	3,1 <sup>c</sup>	19,5 <sup>b</sup>	40,7 <sup>b</sup>	0,01 <sup>c</sup>	2,9 <sup>a</sup>	0,37 <sup>c</sup>

**Tabela 4.10.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na udele gluteninskih frakcija

podjedinica glu A1 lokusa	13+14+15 +17	21+25 +29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
<b>2* HMW–GS</b>								
Prisutna	10,5 <sup>b</sup>	7,0 <sup>a</sup>	34,6 <sup>c</sup>	12,4 <sup>c</sup>	2,4 <sup>b</sup>	4,0 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	2,58 <sup>a</sup>
Nije prisutna	10,3 <sup>b</sup>	5,3 <sup>c</sup>	38,6 <sup>a</sup>	15,6 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	2,3 <sup>c</sup>	4,9 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>

Od osobina strukture proteinskog kompleksa, statistički se izdvojio F–DS (Tabela 4.11). Njegova vrednost je kod sorti sa 2\* HMW–GS statistički značajno viša u poređenju sa sortama bez ove podjedinice. Identično njemu se ponašaju i sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa (Tabela 4.12). Njihove vrednosti su potvrda da je gluten sorti sa 2\* HMW–GS čvrst i jak, a sorti bez ove podjedinice rastegljiv.

**Tabela 4.11.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

podjedinica glu A1 lokusa	F–DS	M–alfa	GI
<b>2* HMW–GS</b>			
Prisutna	50,0 <sup>a</sup>	-0,0732 <sup>b</sup>	94,8 <sup>b</sup>
Nije prisutna	73,3 <sup>c</sup>	-0,0664 <sup>b</sup>	90,8 <sup>b</sup>

**Tabela 4.12.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

podjedinica glu A1 lokusa	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
<b>2* HMW–GS</b>				
Prisutna	0,161 <sup>a</sup>	0,183 <sup>a</sup>	0,0160 <sup>a</sup>	0,0352 <sup>a</sup>
Nije prisutna	0,176 <sup>c</sup>	0,212 <sup>c</sup>	0,0210 <sup>c</sup>	0,0426 <sup>c</sup>

Ni jedan od pokazatelja skrobnog amilaznog kompleksa nije se izdiferencirao (Tabela 4.13), što ukazuje na činjenicu da podjedinica 2\* HMW–GS ne utiče na ove osobine.

**Tabela 4.13.** Analiza uticaja genetskog faktora – 2\* HMW–GS na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

podjedinica glu A1 lokusa	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC
<b>2* HMW–GS</b>				
Prisutna	532,9 <sup>b</sup>	0,478 <sup>b</sup>	1,328 <sup>b</sup>	5,50 <sup>b</sup>
Nije prisutna	551,8 <sup>b</sup>	0,434 <sup>b</sup>	1,381 <sup>b</sup>	5,30 <sup>b</sup>

#### 4.4.1.2. Podjedinice Glu–D1 lokusa

Nakon analize značajnosti uticaja prisustva HMW–GS sa glu D1 lokusa, dobijeno je da postoje statističke razlike u samo tri pokazatelja (Tabela 4.14. i 4.15). Vrednosti E–E i O/R sorti koje poseduju par podjedinica 5 + 10 statistički su značajno više, a A–P značajno niže, u odnosu na vrednosti sorti sa parom podjedinica 2 + 12. Dobijena statistička značajnost razlika pokazatelja E–E ukazuje da sorte sa 5 + 10 parom HMW–GS sa D1 lokusa formiraju jače testo, nego sorte sa parom 2 + 12, što je u skladu sa rezultatima Saint Pierre i saradnika (2008), zbog ekstra cisteinskog ostatka u ponavljajućoj aminokiselinskoj sekvenci 5 podjedinice (Lafiandra i sar., 1993). Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima Horvat i saradnika (2009) i Tabiki i saradnika (2006), koji su utvrdili da par podjedinica 5 + 10 sa glu D1 lokusa, pozitivno utiče na tehnološki kvalitet pšenice određen reološkim osobinama testa.

**Tabela 4.14.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

podjedinice glu D1 lokusa		E–E	FQN	F–WA	F–DDT
2 + 12	5 + 10				
Prisutna	Nema	68,0 <sup>c</sup>	61,9 <sup>b</sup>	62,2 <sup>b</sup>	3,22 <sup>b</sup>
Nema	Prisutna	90,6 <sup>a</sup>	67,0 <sup>b</sup>	62,5 <sup>b</sup>	2,70 <sup>b</sup>

**Tabela 4.15.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

podjedinice glu D1 lokusa		M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
2 + 12	5 + 10					
Prisutna	Nema	0,078 <sup>b</sup>	164,7 <sup>b</sup>	1,23 <sup>c</sup>	83,4 <sup>a</sup>	84,3 <sup>b</sup>
Nema	Prisutna	0,083 <sup>b</sup>	161,1 <sup>b</sup>	1,76 <sup>a</sup>	73,8 <sup>c</sup>	92,7 <sup>b</sup>

Slično indirektnim pokazateljima kvaliteta ponašaju se pecivne i teksturne osobine, a izdiferencirali su se h f, Vcal, Co–ss i Res (Tabela 4.16 i 4.17). Njihove vrednosti statistički su značajno više kod sorti sa parom podjedinica 5 + 10 u odnosu na sorte sa parom 2 + 12 i ukazuju na bolje narastanje testa, koje za posledicu ima veću zapreminu sa bolje povezanom i elastičnijom sredinom hleba kod ovih sorti. Ovo je u skladu sa istraživanjima Popineu i saradnika (2008). Boja kore hleba sorti sa 5 + 10 parom, statistički je značajno tamnija i sa manje izraženim žutim tonom u odnosu na sorte sa 2 + 12 parom podjedinica (Tabela 4.18).

**Tabela 4.16.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na pokazatelje zapremine i oblika hleba

podjedinice glu D1 lokusa		h f	delta h	b	Vcal
2 + 12	5 + 10				
Prisutna	Nema	89,8 <sup>c</sup>	5,74 <sup>b</sup>	85,0 <sup>b</sup>	232,1 <sup>c</sup>
Nema	Prisutna	90,8 <sup>a</sup>	6,87 <sup>b</sup>	85,5 <sup>b</sup>	257,3 <sup>a</sup>

**Tabela 4.17.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na pokazatelje teksture sredine hleba

podjedinice glu D1 lokusa		HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
2 + 12	5 + 10				
Prisutna	Nema	3543,6 <sup>b</sup>	0,957 <sup>b</sup>	0,689 <sup>c</sup>	0,275 <sup>c</sup>
Nema	Prisutna	2865,0 <sup>b</sup>	0,966 <sup>b</sup>	0,716 <sup>a</sup>	0,299 <sup>a</sup>

**Tabela 4.18.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na pokazatelje boje kore hleba

podjedinice glu D1 lokusa		L*	a*	b*
2 + 12	5 + 10			
Prisutna	Nema	53,18 <sup>c</sup>	12,31 <sup>b</sup>	29,26 <sup>c</sup>
Nema	Prisutna	55,50 <sup>a</sup>	12,04 <sup>b</sup>	30,92 <sup>a</sup>

Analiza značajnosti razlika u sadržaju glutenina i glijadina različitih molekulskih masa među grupama sa različitim podjedinicama HMW–GS sa glu D1 lokusa (Tabela 4.19 i 4.20), rezultirala je sličnim zapažanjima kao i u slučaju analize u odnosu na prisustvo/odustvo 2\* HMW–GS (Tabela 4.8 i 4.9). Naime, sorte koje poseduju par 5 + 10 podjedinica ponašaju se slično sortama sa 2\* HMW–GS, a sorte koje poseduju par 2 + 12 podjedinica slično sortama bez 2\* HMW–GS. Analiza značajnosti razlika udela pojedinačnih gluteninskih podjedinica, pokazala je da sorte koje sadrže par 5 + 10 HMW–GS sa glu D1 lokusa imaju statistički značajno nižu vrednost podjedinica od 41+44+48 kDa i statistički značajno višu vrednost podjedinice od 62 kDa (Tabela 4.21).

**Tabela 4.19.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na udele i sastav glutenina i glijadina

podjedinice glu D1 lokusa		SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
2 + 12	5 + 10					
Prisutna	Nema	15,7 <sup>b</sup>	84,3 <sup>b</sup>	79,0 <sup>b</sup>	1,0 <sup>c</sup>	19,9 <sup>b</sup>
Nema	Prisutna	15,0 <sup>b</sup>	85,0 <sup>b</sup>	78,1 <sup>b</sup>	1,8 <sup>a</sup>	20,1 <sup>b</sup>

**Tabela 4.20.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na udele glijadinskih frakcija

podjedinice glu D1 lokusa		14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
2 + 12	5 + 10							
Prisutna	Nema	10,0 <sup>b</sup>	1,8 <sup>c</sup>	20,2 <sup>b</sup>	41,5 <sup>b</sup>	0,03 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>
Nema	Prisutna	10,1 <sup>b</sup>	5,4 <sup>a</sup>	18,4 <sup>b</sup>	38,9 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,62 <sup>a</sup>

**Tabela 4.21.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na udele gluteninskih frakcija

podjedinice glu D1 lokusa		13+14 +15+17	21+25+ 29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
2 + 12	5 + 10								
Prisutna	Nema	10,8 <sup>b</sup>	6,2 <sup>b</sup>	40,7 <sup>a</sup>	13,3 <sup>b</sup>	1,9 <sup>c</sup>	0,0 <sup>c</sup>	4,9 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>
Nema	Prisutna	10,2 <sup>b</sup>	5,7 <sup>b</sup>	36,4 <sup>c</sup>	15,0 <sup>b</sup>	2,5 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	5,2 <sup>b</sup>	1,06 <sup>a</sup>

Ni jedan od pokazatelja strukture proteinskog kompleksa nije se statistički izdiferencirao među grupama sorti formiranim prema HMW–GS sa glu D1 lokusa (Tabela 4.22). Sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa sorti sa parom 5 + 10 podjedinica statistički su značajno niži, u odnosu na sorte sa parom podjedinica 2 + 12 (Tabela 4.23). Ove vrednosti potvrđuju činjenicu da par 5 + 10 HMW–GS sa glu D1 lokusa obrazuje jače testo i da je struktura glutena kompaktno povezana.

**Tabela 4.22.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

podjedinice glu D1 lokusa		F–DS	M–alfa	GI
2 + 12	5 + 10			
Prisutna	Nema	82,8 <sup>b</sup>	-0,0789 <sup>b</sup>	88,4 <sup>b</sup>
Nema	Prisutna	61,2 <sup>b</sup>	-0,0653 <sup>b</sup>	93,1 <sup>b</sup>

**Tabela 4.23.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

podjedinice glu D1 lokusa		SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
2 + 12	5 + 10				
Prisutna	Nema	0,192 <sup>c</sup>	0,237 <sup>c</sup>	0,0232 <sup>c</sup>	0,0482 <sup>c</sup>
Nema	Prisutna	0,165 <sup>a</sup>	0,194 <sup>a</sup>	0,0183 <sup>a</sup>	0,0380 <sup>a</sup>

Od osobina skrobno amilaznog kompleksa statistički su se izdiferencirale vrednosti A–MV i M–beta (Tabela 4.24). Sorte sa parom 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa imaju

statistički višu, indirektno određenu amilolitičku aktivnost i brzinu želatinizacije skroba, od sorti sa parom podjedinica 2 + 12. Vrednosti amilolitičke aktivnosti nisu u skladu sa bojom kore hleba (Tabela 4. 18), koja je kod sorti sa 5 + 10 HMW–GS sa glu D1 lokusa svetlija i sa izraženijim žutim tonom.

**Tabela 4.24.** Analiza uticaja genetskog faktora – podjedinica glu D1 lokusa na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

podjedinice glu D1 lokusa		A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC
2 + 12	5 + 10				
Prisutna	Nema	796,1 <sup>a</sup>	0,395 <sup>c</sup>	1,503 <sup>b</sup>	5,52 <sup>b</sup>
Nema	Prisutna	471,0 <sup>c</sup>	0,463 <sup>a</sup>	1,323 <sup>b</sup>	5,32 <sup>b</sup>

#### 4.4.1.3. Sorte različitog sastava podjedinica glutenina visokih molekulskih masa

Grupe sorti sa različitim kombinacijama HMW–GS prikazane u tabeli 3.1, imaju različit *glu score* prema Payne (Payne i Lawrence, 1987a).

Prvu, odnosno A grupu, čine četiri sorte koje sadrže 2\* HMW–GS sa Glu A1 lokusa, par 7 + 9 HMW–GS sa Glu B1 lokusa i par 5 + 10 HMW–GS sa Glu D1 lokusa, čiji *glu score* iznosi 9.

Grupi B čini šest sorti, koje ne sadrže HMW–GS na Glu A1 lokusu, a sadrže par 7 + 9 HMW–GS sa Glu B1 lokusa i par 5 + 10 HMW–GS sa Glu D1 lokusa, čiji *glu score* iznosi 7. Grupi C čine tri sorte, koje ne sadrže HMW–GS na Glu A1 lokusu, a sadrže par 7 + 9 HMW–GS sa Glu B1 lokusa i par 2 + 12 HMW–GS sa Glu D1 lokusa, čiji *glu score* iznosi 5.

Sorte iz grupe A i B, prema Tohver (2007), Denčiću i saradnicima (2008) i Tsenov i saradnicima (2009), poseduju kombinacije gluteninskih HMW podjedinica koje su dominantne kod evropskih sorti ozime pšenice. Da bi se ispitaio uticaj kombinacija HMW–GS, urađena je analiza značajnosti razlika srednjih vrednosti po pokazateljima tehnološkog kvaliteta i sastava glutena pšenice među ovako definisanim grupama.

Vrednosti reoloških pokazatelja E–E i A–P za sorte iz grupe A su statistički značajno više, a A–L je značajno niža u odnosu na sorte iz grupe C (Tabela 4.25 i 4.26). Takođe, vrednosti E–E i O/R sorti iz grupe B statistički su značajno više od sorti iz grupe C, dok su vrednosti A–P i A–L na istom nivou (Tabela 4.25 i 4.26). Ovakva diferencijacija i dobijene vrednosti za sorte iz grupe A ukazuju da je njihov gluten veoma jak. Ovo je u skladu sa istraživanjem Horvat i saradnika (2013) koji su ovakve osobine glutena utvrdili kod sorti koje poseduju podjedinice 2\* i 5 + 10. Niske vrednosti E–E, O/R i A–P sorti iz grupe C ukazuju na slabu snagu glutena genotipova pšenice sa ovom kombinacijom HMW–GS, što su potvrdili Horvat i saradnici (2009).

**Tabela 4.25.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW GS na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

Kombinacija HMW GS	E-E	FQN	F-WA	F-DDT
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	92,1 <sup>a</sup>	70,8 <sup>b</sup>	63,6 <sup>b</sup>	2,92 <sup>b</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	89,6 <sup>a</sup>	64,5 <sup>b</sup>	61,8 <sup>b</sup>	2,56 <sup>b</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	68,0 <sup>c</sup>	61,9 <sup>b</sup>	62,2 <sup>b</sup>	3,22 <sup>b</sup>

**Tabela 4.26.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW-GS na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

Kombinacija HMW GS	M-EL	E-EX	O/R	A-P	A-L
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	0,082 <sup>b</sup>	162,7 <sup>b</sup>	1,70 <sup>ac</sup>	98,7 <sup>a</sup>	78,2 <sup>c</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	0,084 <sup>b</sup>	160,1 <sup>b</sup>	1,81 <sup>a</sup>	72,8 <sup>c</sup>	88,6 <sup>ac</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	0,078 <sup>b</sup>	164,7 <sup>b</sup>	1,29 <sup>c</sup>	73,8 <sup>c</sup>	92,7 <sup>a</sup>

Slično indirektnim pokazateljima kvaliteta izdiferencirale su se i pecivne osobine (Tabela 4.27). Naime, vrednost h f sorti grupe A je statistički značajno viša, dok je vrednost Vcal viša u poređenju sa sortama iz grupe C. Vrednosti oba ova pokazatelja su i kod sorti iz grupe B statistički značajno više nego kod sorti iz grupe C. Očigledno da je niska vrednost A-L sorti iz grupe A, razlog zašto nisu dobijene bolje vrednosti Vcal. Horvat i saradnici (2013) su utvrdili da pojedine sorte sa ovom kombinacijom HMW-GS nemaju odlične osobine testa. S obzirom na vrednosti pokazatelja pecivnih osobina, očekivano je bilo da sorte iz grupe A i B imaju bolju teksturu sredine hleba nego sorte grupe C. Analiza značajnosti razlika među srednjim vrednostima pokazatelja teksturnih svojstava je ovo potvrdila, jer su vrednosti Co-ss i Res ove dve grupe sorti (A i B) statistički značajno više od sorti iz grupe C (Tabela 4.28). Dodatno, utvrđeno je da je vrednost HA-ss sorti iz grupe B najniža (Tabela 4.28).

**Tabela 4.27.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW-GS na pokazatelje zapremine i oblika hleba

Kombinacija HMW GS	h f	delta h	b	Vcal
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	92,6 <sup>a</sup>	6,36 <sup>b</sup>	85,0 <sup>b</sup>	250,6 <sup>ac</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	92,9 <sup>a</sup>	7,22 <sup>b</sup>	85,8 <sup>b</sup>	261,8 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	89,8 <sup>c</sup>	5,74 <sup>b</sup>	85,0 <sup>b</sup>	232,1 <sup>c</sup>

**Tabela 4.28.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na pokazatelje teksture sredine hleba

Kombinacija HMW GS	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
2*, 7+9, 5+10 (A)	3453,6 <sup>c</sup>	0,964 <sup>b</sup>	0,721 <sup>a</sup>	0,311 <sup>a</sup>
N, 7+9, 5+10 (B)	2463,3 <sup>a</sup>	0,968 <sup>b</sup>	0,714 <sup>a</sup>	0,291 <sup>b</sup>
N, 7+9, 2+12 (C)	3543,6 <sup>c</sup>	0,957 <sup>b</sup>	0,689 <sup>c</sup>	0,276 <sup>c</sup>

Boja kore hleba se prema kombinacijama HMW–GS statistički identično izdiferencirala (Tabela 4.29) kao i prema HMW–GS sa glu D1 lokusa (Tabela 4.18).

**Tabela 4.29.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na pokazatelje boje kore hleba

Kombinacija HMW GS	L*	a*	b*
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	55,07 <sup>a</sup>	11,87 <sup>b</sup>	30,66 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	55,80 <sup>a</sup>	12,15 <sup>b</sup>	31,09 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	53,18 <sup>c</sup>	12,31 <sup>b</sup>	29,26 <sup>c</sup>

Udeli glijadina i glutenina i udeli pojedinačnih glijadinskih podjedinica, prema kombinacijama HMW–GS (Tabela 4.30 i 4.31), izdiferencirali su se na sličan način kao i prema prisustvu/odsustvu 2\* HMW–GS sa Glu A1 lokusa (Tabela 4.8. i 4.9). Dodatno, dobijeno je da se prema frakciji malih molekularskih masa 21+25+29+34 kDa, sorte iz grupe A statistički ne razlikuju od sorti iz grupe C i da su udeli podjedinca od 59 i 63 kDa sorti iz grupe B, statistički značajno viši od sorti iz grupe C (Tabela 4.32).

**Tabela 4.30.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na udele i sastav glutenina i glijadina

Kombinacija HMW GS	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
2*, 7+9, 5+10 (A)	16,3 <sup>b</sup>	83,7 <sup>b</sup>	77,3 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	20,3 <sup>b</sup>
N, 7+9, 5+10 (B)	14,0 <sup>b</sup>	86,0 <sup>b</sup>	78,6 <sup>b</sup>	1,4 <sup>c</sup>	19,9 <sup>b</sup>
N, 7+9, 2+12 (C)	15,7 <sup>b</sup>	84,3 <sup>b</sup>	79,0 <sup>b</sup>	1,0 <sup>c</sup>	19,9 <sup>b</sup>

**Tabela 4.31.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na udele glijadinskih frakcija

Kombinacija HMW GS	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	10,3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>a</sup>	17,5 <sup>b</sup>	37,1 <sup>b</sup>	0,60 <sup>a</sup>	1,8 <sup>c</sup>	0,68 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	9,9 <sup>b</sup>	3,9 <sup>b</sup>	19,2 <sup>b</sup>	40,2 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	3,2 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	10,0 <sup>b</sup>	1,8 <sup>c</sup>	20,2 <sup>b</sup>	41,5 <sup>b</sup>	0,03 <sup>c</sup>	2,3 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>



**Tabela 4.32.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na udele gluteninskih frakcija

Kombinacija HMW GS	13+14+ 15+17	21+25+ 29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	10,5 <sup>b</sup>	7,0 <sup>a</sup>	34,6 <sup>c</sup>	12,4 <sup>c</sup>	2,4 <sup>ac</sup>	4,0 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	2,58 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	10,0 <sup>b</sup>	4,9 <sup>c</sup>	37,6 <sup>ac</sup>	16,8 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	4,9 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	10,8 <sup>b</sup>	6,2 <sup>ac</sup>	40,7 <sup>a</sup>	13,3 <sup>c</sup>	1,9 <sup>c</sup>	0,0 <sup>c</sup>	4,9 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>

Vrednosti F–DS i GI statistički su značajno više za sorte iz grupe A u poređenju sa sortama iz grupe C (Tabela 4.33). Ovo je takođe potvrda da je gluten sorti iz grupe A jači od sorti iz grupe C. Vrednosti F–DS i GI sorti iz grupe B nisu se statistički značajno razlikovale od one za sorte iz grupa A i C.

**Tabela 4.33.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

Kombinacija HMW GS	F–DS	M–alfa	GI
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	50,0 <sup>a</sup>	-0,0732 <sup>b</sup>	94,8 <sup>a</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	68,6 <sup>ac</sup>	-0,0601 <sup>b</sup>	91,9 <sup>ac</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	82,8 <sup>c</sup>	-0,0789 <sup>b</sup>	88,4 <sup>c</sup>

Sadržaj slobodnih –SH grupa se prema kombinacijama HMW–GS (Tabela 4.34) izdiferencirao na sličan način kao i kod sorti koje se razlikuju u pogledu podjedinica sa glu D1 lokusa (Tabela 4.23). Sadržaj slobodnih –NH grupa izdiferenciran je kod svih grupa sorti (Tabela 4.34) – najviši je kod sorti grupe A i najniži kod sorti grupe C. Ovo je takođe potvrda snage glutena koja je ranije utvrđena reološkim osobinama i pokazateljima strukture proteinskog kompleksa.

**Tabela 4.34.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

Kombinacija HMW GS	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
2*, 7+9, 5+10 (A)	0,161 <sup>a</sup>	0,183 <sup>a</sup>	0,0160 <sup>a</sup>	0,0352 <sup>a</sup>
N, 7+9, 5+10 (B)	0,168 <sup>a</sup>	0,200 <sup>a</sup>	0,0198 <sup>b</sup>	0,0398 <sup>b</sup>
N, 7+9, 2+12 (C)	0,192 <sup>c</sup>	0,237 <sup>c</sup>	0,0232 <sup>c</sup>	0,0482 <sup>c</sup>

Kod osobina skrobno amilaznog kompleksa dobijene su statistički značajne razlike u vrednostima A–MV i M–beta (Tabela 4.35). Vrednost A–MV sorti grupe B statistički je značajno niža od sorti iz grupe C, a vrednost M–beta sorti iz grupe A je statistički značajno viša od sorti iz grupe C.

**Tabela 4.35.** Analiza uticaja genetskog faktora – različite kombinacije HMW–GS na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

Kombinacija HMW GS	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC
2*, 7 + 9, 5 + 10 (A)	532,9 <sup>ac</sup>	0,477 <sup>a</sup>	1,328 <sup>b</sup>	5,50 <sup>b</sup>
N, 7 + 9, 5 + 10 (B)	429,7 <sup>c</sup>	0,454 <sup>ac</sup>	1,320 <sup>b</sup>	5,20 <sup>b</sup>
N, 7 + 9, 2 + 12 (C)	796,1 <sup>a</sup>	0,395 <sup>c</sup>	1,503 <sup>b</sup>	5,52 <sup>b</sup>

#### 4.4.2. Uticaj mikroklimatskih faktora

Za potrebe uporedne analize razlika u tehnološkom kvalitetu pšenice tokom tri ispitivane godine, potrebno je imati u vidu osnovne razlike mikroklimatskih uslova, u periodu od cvetanja i formiranja zrna, pa do žetve pšenice.

Kako bi se utvrdile najbitnije razlike u tehnološkom kvalitetu pšenice, nastale kao posledica mikroklimatskih uslova posmatranih proizvodnih godina, urađena je analiza značajnosti razlika prosečnih vrednosti pokazatelja tehnološkog kvaliteta i sastava glutena svih analiziranih sorti po proizvodnim godinama. Potrebno je naglasiti da se svi ostali uslovi u slučaju ovakve analize rezultata mogu smatrati konstantnim. Tokom trogodišnjeg ispitivanja analizirane su iste sorte, gajene na istom tipu zemljišta uz primenu iste agrotehnike, te se na ovaj način dobijene razlike u kvalitetu, ukoliko izuzmemo ekološke faktore, mogu uglavnom pripisati klimatskim uslovima pod kojim se rod formirao.

Za prvu – (*toplu*) posmatranu godinu karakteristično je da su vrednosti reoloških pokazatelja F–WA (Tabela 4.35), E–EX i A–P (Tabela 4.36) statistički značajno niže, a odnosni broj O/R značajno viši u odnosu na drugu – (*umerenu*) i treću – (*kišnu*) godinu (Tabela 4.36). Za razliku od ovih pokazatelja, A–L se po godinama drugačije ponaša. Iz tabele 4.36. vidi se da je vrednost A–L statistički značajno viša u *kišnoj* godini u odnosu na *toplu* i *umerenu* godinu. Vrednost ove osobine u *kišnoj* godini je bliska 100 mm, što prema Bordes i saradnicima (2008) ukazuje na dobar kvalitet. Ovi autori takođe smatraju da vrednosti P od 60 do 80 mm H<sub>2</sub>O ukazuju na standardan kvalitet pšenice (vrednost dobijena u *toploj* godini), a vrednosti od 80 do 100 mm H<sub>2</sub>O na veoma dobar kvalitet pšenice (vrednosti dobijene u *umerenoj* i *kišnoj* godini).

Dakle, ovakvi rezultati ukazuju na lošiji tehnološki kvalitet pšenice iz *tope* godine, na dobar tehnološki kvalitet pšenice iz *umerene* godine, ali neznatno slabiji nego pšenice iz *kišne* godine.

**Tabela 4.36.** Analiza uticaja klimatskih faktora na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

Pokazatelji	E–E	FQN	F–WA	F–DDT
<b>Godina</b>				
<i>topla</i>	92,6 <sup>b</sup>	71,5 <sup>b</sup>	58,6 <sup>c</sup>	2,88 <sup>b</sup>
<i>umerena</i>	79,1 <sup>b</sup>	63,5 <sup>b</sup>	63,8 <sup>a</sup>	2,77 <sup>b</sup>
<i>kišna</i>	84,4 <sup>b</sup>	62,5 <sup>b</sup>	64,9 <sup>a</sup>	2,81 <sup>b</sup>

**Tabela 4.37.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

Pokazatelji	M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
<b>Godina</b>					
<i>topla</i>	0,080 <sup>b</sup>	147,4 <sup>c</sup>	2,34 <sup>a</sup>	70,0 <sup>c</sup>	83,7 <sup>c</sup>
<i>umerena</i>	0,082 <sup>b</sup>	167,4 <sup>a</sup>	1,30 <sup>c</sup>	84,8 <sup>a</sup>	76,0 <sup>c</sup>
<i>kišna</i>	0,084 <sup>b</sup>	171,0 <sup>a</sup>	1,33 <sup>c</sup>	88,1 <sup>a</sup>	98,7 <sup>a</sup>

Slično kao i vrednosti A–L, pokazatelji pecivosti b i Vcal su u *toploj* i *umerenoj* godini bile na istom nivou i statistički značajno niže u odnosu na *kišnu* godinu (Tabela 4.38). Narastanje testa tokom završne fermentacije u *toploj* i *kišnoj* godini je statistički značajno više i njihove vrednosti se neznatno razlikuju (Tabela 4.38). Što se tiče pokazatelja teksture hleba, vrednosti HA–ss su vrlo slične u *toploj* i *umerenoj* godini i približno dvostruko više nego u *kišnoj* godini, pri čemu je ovakav trend karakterističan i za Res (Tabela 4.39). Pokazatelji zapremine i strukture sredine hleba, ukazuju da je njegov kvalitet u *toploj* i *umerenoj* godini veoma sličan i lošiji nego u *kišnoj* godini.

**Tabela 4.38.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje zapremine i oblika hleba

Pokazatelji	h f	delta h	b	Vcal
<b>Godina</b>				
<i>topla</i>	93,0 <sup>a</sup>	6,05 <sup>b</sup>	84,6 <sup>c</sup>	246,2 <sup>c</sup>
<i>umerena</i>	90,0 <sup>c</sup>	6,36 <sup>b</sup>	85,0 <sup>c</sup>	230,2 <sup>c</sup>
<i>kišna</i>	93,2 <sup>a</sup>	7,44 <sup>b</sup>	86,5 <sup>a</sup>	278,0 <sup>a</sup>

**Tabela 4.39.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje teksture sredine hleba

Pokazatelji	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
<b>Godina</b>				
<i>topla</i>	3560,7 <sup>c</sup>	0,961 <sup>b</sup>	0,709 <sup>b</sup>	0,300 <sup>a</sup>
<i>umerena</i>	3546,4 <sup>c</sup>	0,968 <sup>b</sup>	0,710 <sup>b</sup>	0,306 <sup>a</sup>
<i>kišna</i>	1982,4 <sup>a</sup>	0,963 <sup>b</sup>	0,712 <sup>b</sup>	0,276 <sup>c</sup>

Pokazatelji boje kore hleba jasno su izdiferencirani u sve tri godine. Dobijene vrednosti ukazuju da je kora hleba u *toploj* godini najsvetlija sa najmanjim udelom crvenog tona,

odnosno, kora je najmanje rumena sa najviše udela žutog tona, a najtamnija je u *kišnoj* godini sa najviše udela crvenog tona i najmanje udela žutog tona (Tabela 4.40).

**Tabela 4.40.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje boje kore hleba

Pokazatelji	L*	a*	b*
<b>Godina</b>			
<i>topla</i>	59,07 <sup>a</sup>	10,99 <sup>c</sup>	32,91 <sup>a</sup>
<i>umerena</i>	57,96 <sup>b</sup>	11,69 <sup>b</sup>	31,70 <sup>b</sup>
<i>kišna</i>	48,87 <sup>c</sup>	13,61 <sup>a</sup>	26,99 <sup>c</sup>

Niske vrednosti pokazatelja E–EX, A–P i A–L i visoka vrednost O/R, kao i lošije vrednosti pecivnih osobina i teksture hleba, posledica su čvrstog, neelastičnog i krtog glutena u *toploj* godini. Sa druge strane, visoke vrednosti pokazatelja E–EX i A–P i niska vrednost O/R za ispitivane uzorke *umerene* i *kišne* godine potiču od mekšeg i elastičnijeg glutena. Ove tvrdnje potvrđuje činjenica da su udeli SLMW glutenina (Tabela 4.41) i glutenina niskih molekulskih masa od 13 do 17 kDa i od 21 do 34 kDa i gluteninske frakcije od 59 kDa (Tabela 4.42) u *toploj* godini statistički značajno niži nego u *umerenoj* i *kišnoj* godini.

**Tabela 4.41.** Analiza uticaja klimatskih faktora na udele i sastav glutenina i glijadina

Pokazatelji	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
<b>Godina</b>					
<i>topla</i>	8,7 <sup>c</sup>	91,3 <sup>a</sup>	81,7 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	16,4 <sup>c</sup>
<i>umerena</i>	17,9 <sup>a</sup>	82,1 <sup>c</sup>	73,9 <sup>c</sup>	1,7 <sup>ac</sup>	24,4 <sup>a</sup>
<i>kišna</i>	18,9 <sup>a</sup>	81,1 <sup>c</sup>	79,7 <sup>a</sup>	1,3 <sup>c</sup>	19,0 <sup>c</sup>

**Tabela 4.42.** Analiza uticaja klimatskih faktora na udele gluteninskih frakcija

Pokazatelji	13+14+15 +17	21+25 +29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
<b>Godina</b>								
<i>topla</i>	5,6 <sup>c</sup>	3,8 <sup>c</sup>	35,0 <sup>c</sup>	19,1 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	0,83 <sup>b</sup>
<i>umerena</i>	12,4 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	36,4 <sup>ac</sup>	12,6 <sup>c</sup>	2,6 <sup>b</sup>	3,1 <sup>ac</sup>	4,4 <sup>b</sup>	0,77 <sup>b</sup>
<i>kišna</i>	13,0 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	40,6 <sup>a</sup>	12,2 <sup>c</sup>	1,5 <sup>c</sup>	2,1 <sup>c</sup>	3,0 <sup>c</sup>	0,86 <sup>b</sup>

Udeli gluteninskih frakcija od 62 i 184 kDa statistički su se značajno izdiferencirali u sve tri godine i najviši su u uzorcima *tope* godine, a najniži u uzorcima *kišne* godine. Najzastupljeniji glutenini u svim uzorcima su 41+44+48 kDa i značajno su viši u *kišnoj* godini u poređenju sa *toplom* godinom (Tabela 4.42), dok gluteninska frakcija od 148 kDa ima obrnut trend. Na osnovu dobijenih rezultata nameće se zaključak da je u odnosu na uzorke pšenice iz *tope* godine, došlo do smanjenja gluteninskih frakcija viših molekulskih masa kod uzoraka *umerene* i *kišne* godine što može biti uzrok povoljnijih vrednosti indirektnih pokazatelja. U *kišnoj* godini je utvrđeno da ispitivani uzorci imaju gotovo 1,5 puta manji udeo podjedinice 148 kDa (10 HMW–GS sa D1 lokusa) nego u *toploj* godini. S obzirom da je ova razlika i statistički značajna, potvrđeno je da smanjenje udela 10 HMW–GS sa D1 lokusa poboljšava rastegljivost testa (E–EX i A–L) (Tabela

4.37), koja prema Bloksmau (1990) najviše utiče na pecivne osobine. U svojim istraživanjima Rakszegi i saradnici (2005) su utvrdili da se povećavanjem (4 puta) udela 5 HMW–GS sa D1 lokusa povećava i snaga testa, ali se smanjuje njegova rastegljivost. Promene koje su se dogodile na gluteninskim proteinima nisu uticale na snagu testa, koja je na istom nivo u sve tri ispitivane godine i potvrda je dobrog tehnološkog kvaliteta (Šimurina, 2013). Kao što se vidi iz tabele 4.42, frakcije gluteninskih podjedinica (62 i 184 kDa) potvrđuju da su se veće promene u udelima gluteninskih podjedinica dogodile u *kišnoj* nego u *umerenoj* godini, čime se objašnjava najbolji tehnološki kvalitet u *kišnoj* godini.

Od glijadinskih proteina, udeo GliHMW ima statistički višu vrednost u *kišnoj* u odnosu na *toplu* godinu, dok razlika između *tope* i *umerene*, kao *umerene* i *kišne* godine nije statistički značajna (Tabela 4.41). Glijadini malih molekulskih masa 14+15+17 kDa jasno su se izdiferencirali u sve tri godine i imaju značajno najniži udeo u *toploj*, a najviši u *umerenoj* godini, što ukazuje na neznatne promene na pojedinačnim glijadinskim podjedinicama (Tabela 4.43).

**Tabela 4.43.** Analiza uticaja klimatskih faktora na udele glijadinskih frakcija

Pokazatelji	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
<b>Godina</b>							
<i>topla</i>	7,8 <sup>c</sup>	4,9 <sup>b</sup>	18,6 <sup>b</sup>	38,6 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	2,4 <sup>b</sup>	0,49 <sup>b</sup>
<i>umerena</i>	12,5 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	18,2 <sup>b</sup>	39,4 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	3,0 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>
<i>kišna</i>	9,7 <sup>b</sup>	4,4 <sup>b</sup>	19,8 <sup>b</sup>	40,5 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	2,2 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>

Vrednosti sadržaja slobodnih –SH grupa jasno su se izdiferencirale u sve tri godine (Tabela 4.44). U *toploj* godini sadržaj slobodnih –SH grupa statistički je najniži, što ukazuje da je uspostavljena čvrsta tercijerna struktura glutenina i da su gluteninski polimeri čvrsto povezani međusobno disulfidnim mostovima. Ovo je u skladu sa rezultatima Pérez i saradnika (2005), koji su dokazali da neznatno povećanje sadržaja slobodnih –SH grupa karakteriše gluten zdrave i neoštećene pšenice. Dodatno, statistički niska vrednost pokazatelja proteolitičke aktivnosti F–DS i visoka vrednost GI, potvrđuju da je gluten čvrst, jak i neelastičan (Tabela 4.45). Vrednosti GI bliske 100% ukazuju na izuzetnu snagu glutena (Ćurić i sar., 2001), što je u skladu sa GI vrednostima dobijenim za analizirane uzorke u *toploj* godini. U *kišnoj* godini vrednosti sadržaja slobodnih –SH grupa, F–DS i GI bile su statistički značajno niže u odnosu na vrednosti u *tople* godini, što potvrđuje da je došlo do omekšavanja glutena, poboljšavanja njegove elastičnosti i rastegljivosti. Vrednost GI u *kišnoj* godini je u rasponu vrednosti između 75 i 90% koje omogućavaju optimalnu pecivost (Ćurić i sar., 2001). U *umerenoj* godini vrednosti sadržaja slobodnih –SH grupa bile su između vrednosti određenih u *toploj* i *kišnoj* godini; F–DS je bio na nivou *kišne* godine, a GI se nije izdiferencirao. Ovi pokazatelji ukazuju da je gluten mekši i elastičniji nego u *toploj* godini, ali da je lošijih osobina nego gluten u *kišnoj* godini.

**Tabela 4.44.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje i na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

Pokazatelji	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
<b>Godina</b>				
<i>topla</i>	0,143 <sup>a</sup>	0,167 <sup>a</sup>	0,0242 <sup>c</sup>	0,0384 <sup>b</sup>
<i>umerena</i>	0,177 <sup>b</sup>	0,202 <sup>b</sup>	0,0172 <sup>a</sup>	0,0402 <sup>b</sup>
<i>kišna</i>	0,194 <sup>c</sup>	0,241 <sup>c</sup>	0,0168 <sup>a</sup>	0,0425 <sup>b</sup>

**Tabela 4.45.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

Pokazatelji	F–DS	M–alfa	GI
<b>Godina</b>			
<i>topla</i>	45,0 <sup>a</sup>	-0,0583 <sup>b</sup>	95,2 <sup>a</sup>
<i>umerena</i>	74,2 <sup>c</sup>	-0,0769 <sup>b</sup>	91,9 <sup>ac</sup>
<i>kišna</i>	79,2 <sup>c</sup>	-0,0701 <sup>b</sup>	89,0 <sup>c</sup>

Vrednosti slobodnih –NH grupa određene nakon temperiranja glutena 135 min na 37°C nisu se statistički razlikovale u ispitivanim godinama. Ovo potvrđuje da nije došlo do promena primarne strukture glutena, bez obzira na činjenicu da su vrednosti slobodnih amino grupa, odmah nakon ispiranja glutena statistički značajno više u *toploj* godini, u poređenju sa *umerenom* i *kišnom* godinom (Tabela 4.44).

Statistički značajno više vrednosti pokazatelja amilazno skrobnog kompleksa – A–MV i AACC\* i značajno niže vrednosti M–C5–C4 u *toploj* godini, u odnosu na *umerenu* i *kišnu* (Tabela 4.46), ukazuju da je u *toploj* godini amilolitička aktivnost niska i da je oštećenje skrobnih granula malo, što je u suprotnosti sa vrednostima ovih pokazatelja u *umerenoj* i *kišnoj* godini. Za potrebe proizvodnje hleba poželjna je amilolitička aktivnost ispod 800 AJ (Rothkaehl, 2000), što je suprotno amilolitičkoj aktivnosti u *toploj* godini (Tabela 4.46). Ovakvim vrednostima može se objasniti i niska vrednost F–WA u *toploj* godini, jer oštećeni skrob mnogo više vezuje vodu. Takođe, takve vrednosti uticale su i na boju kore hleba u *toploj* godini, jer nije bilo dovoljno glukoze za odigravanje *Maillardovih* reakcija, i da bi tokom fermentacije u testu kvasac proizveo CO<sub>2</sub> (Tabela 4.46). Visoka amilolitička aktivnost u *umerenoj* i *kišnoj* godini i veće oštećenje skroba razlog su tamnije boje kore hleba, sa više izraženim crvenim i manje izraženim žutim tonom (Tabela 4.40). Iako, nije potvrđena statistička značajnost razlika A–MV u *umerenoj* i *kišnoj* godini je skoro dva puta manja u *kišnoj* nego u *umerenoj* godini, što objašnjava dodatnu diferencijaciju boje kore. Razlog ovako niske vrednosti su klimatski uslovi u junu i julu *kišne* godine jer su bili idealni za proključavanje zrna pšenice u polju, pri čemu se A–MV smanjuje sa povećanjem procenta proključanih zrna (Kulp i sar., 1983).

**Tabela 4.46.** Analiza uticaja klimatskih faktora na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

Pokazatelji	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC*
<b>Godina</b>				
<i>topla</i>	826,5 <sup>a</sup>	0,432 <sup>b</sup>	0,588 <sup>c</sup>	5,05 <sup>a</sup>
<i>umerena</i>	529,2 <sup>c</sup>	0,463 <sup>b</sup>	1,894 <sup>a</sup>	5,59 <sup>c</sup>
<i>kišna</i>	289,3 <sup>c</sup>	0,447 <sup>b</sup>	1,612 <sup>a</sup>	5,46 <sup>c</sup>

Klimatski uslovi koji su vladali u *toploj* godini uticali su na formiranje čvrstog, neelastičnog i krutog glutena u pšeničnom zrnju. Ovo potvrđuju vrednosti udela glutenina i pojedinih glijadina niskih molekulskih masa (statistički značajno niže) i pojedinih frakcija glutenina i glijadina visokih molekulskih masa (statistički značajno više), u odnosu na druge dve godine. Takođe, sadržaj slobodnih –SH grupa bio je značajno najniži što je uticalo na lošiji tehnološki kvalitet, izražen preko direktnih i indirektnih pokazatelja. Ovakvi klimatski uslovi uzrokovali su nisku amilolitičku aktivnost, koja je uticala da boja kore hleba bude najsvetlija sa najmanje izraženim crvenim i najviše izraženim žutim tonom.

U *umerenoj* godini, klimatski uslovi uticali su da u zrnju dođe do formiranja mekšeg i elastičnijeg glutena. U odnosu na *toplu* godinu, vrednosti udela glutenina i pojedinih glijadina niskih molekulskih masa (statistički značajno više) i pojedinih frakcija glutenina visokih molekulskih masa (statistički značajno niže), uticale su na bolji tehnološki kvalitet, izražen preko indirektnih reoloških pokazatelja. Slab pecivni kvalitet posledica je neraskidanja potrebnog broja disulfidnih mostova, kako bi gluten postigao potrebne karakteristike, što je potvrđeno sadržajem slobodnih –SH grupa koji je bio značajno niži nego u *kišnoj* godini. Potrebno je reći da su ovakvi klimatski uslovi uzrokovali značajno višu amilolitičku aktivnost nego u *toploj* godini, što je uticalo da boja kore hleba bude prema svim određenim pokazateljima na srednjem nivou.

Klimatski uslovi koji su vladali u *kišnoj* godini uticali su da u zrnju dođe do formiranja najmekšeg i najelastičnijeg glutena. Ovo potvrđuju vrednosti udela glutenina niskih molekulskih masa (statistički značajno više) i pojedinih frakcija glutenina i glijadina visokih molekulskih masa (statistički značajno niže) u poređenju sa *toplom* godinom. Dodatno, sadržaj slobodnih –SH grupa najviši je u odnosu na sve tri godine, što ukazuje da je došlo do raskidanja potrebnog broja disulfidnih mostova neophodnog za postizanje optimalnih karakteristika glutena. Ovo je za posledicu imalo najbolji tehnološki kvalitet koji je određen direktnim i indirektnim pokazateljima. Klimatski uslovi su indirektno preko proključavanja doprineli da amilolitička aktivnost bude statistički značajno viša nego u *toploj* i viša nego u *umerenoj* godini, što je uticalo da je boja kore hleba statistički značajno najtamnija sa najviše izraženim crvenim i najmanje izraženim žutim tonom.



### 4.4.3. Uticaj ekoloških faktora

#### 4.4.3.1. Uticaj prokljalih zrna

Visok sadržaj vlage tokom žetve pšenice je klimatski faktor koji aktivira procese klijanja zrna na klasu. Ovo za posledicu ima prokljavanje zrna; klica postaje uočljiva golim okom i u masi zrna pšenice prisutna su prokljalna zrna. Rezervne materije zrna pšenice se delovanjem enzima aktiviranih u procesu prokljavanja razgrađuju do šećera i aminokiselina neophodnih za ishranu klice. Posledice promena koje se dešavaju na skrobu su povećana moć vezivanja vode skrobnih granula (Lorenz i Valvano, 1981) i smanjena moć zadržavanja vode skroba (Tipples i sar., 1966). Ove promene u kombinaciji sa promenama na proteinima izazivaju loš kvalitet brašna prokljalne pšenice (Kruger, 1972), i sredina hleba od ovakvog brašna je lepljiva, neelastična i vlažna (Kozmin, 1933). Dodatno, pri sečenju ovakva sredina hleba nakuplja se na oštrici noža i ne dobijaju se pravilne kriške (Dexter, 1993). Pored  $\alpha$ -amilaze u brašnu iz prokljalne pšenice prisutne su i proteaze (Lorenz i sar., 1983), i njihova povećana aktivnost dovodi do razlaganja proteina (Simsek i sar., 2013).

Da bi se utvrdile najbitnije razlike u tehnološkom kvalitetu pšenice, koje se generalno posmatraju kao posledica uticaja prokljalih zrna, urađena je analiza značajnosti razlika prosečnog kvaliteta prema nivoima prokljalih zrna, definisanih frekvencionom analizom svih sorti uključenih u ispitivanje (Slika 3.4 i tabela 3.4).

Analizom značajnosti razlika uzoraka grupisanih prema nivoima udela prokljalih zrna, reološki pokazatelji (Tabele 4.47. i 4.48) izdiferencirali su se slično kao i kod uticaja klimatskih promena (Tabele 4.36. i 4.37), osim u slučaju FQN. Vrednost ovog pokazatelja kod uzoraka sa visokim nivoom prokljalih zrna statistički je značajno niža od druge dve grupe uzoraka (Tabela 4.47) i očigledan je pad kvaliteta pšenice. Ovo je u skladu sa rezultatima Barbeau i saradnika (2006), koji su utvrdili da nezatno prokljavanje pšenice dovodi do znatnog umanjenja snage testa merene farinografom.

**Tabela 4.47.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

Pokazatelji	E–E	FQN	F–WA	F–DDT
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>				
Nizak	92,6 <sup>b</sup>	70,5 <sup>a</sup>	60,1 <sup>c</sup>	2,79 <sup>b</sup>
Srednji	79,0 <sup>b</sup>	66,2 <sup>a</sup>	64,6 <sup>a</sup>	3,20 <sup>b</sup>
Visok	78,1 <sup>b</sup>	56,6 <sup>c</sup>	64,7 <sup>a</sup>	2,50 <sup>b</sup>



**Tabela 4.48.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

Pokazatelji	M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>					
Nizak	0,082 <sup>b</sup>	153,0 <sup>c</sup>	2,06 <sup>a</sup>	81,1 <sup>b</sup>	78,5 <sup>c</sup>
Srednji	0,083 <sup>b</sup>	174,0 <sup>a</sup>	1,22 <sup>c</sup>	80,5 <sup>b</sup>	102,6 <sup>a</sup>
Visok	0,082 <sup>b</sup>	167,0 <sup>a</sup>	1,32 <sup>c</sup>	82,1 <sup>b</sup>	84,3 <sup>c</sup>

Većina uzoraka koji su sadržavali prokljalna zrna su iz *kišne* proizvodne godine (Prilog 4.1). Zato je očekivano da pecivne osobine ove dve grupe uzoraka (Tabela 4.49) budu na sličnom nivou i statistički se značajno razlikuju od uzoraka bez prokljalih zrna. Visoka vrednost narastanja testa u peći uzoraka sa prokljalim zrnima, posledica je prisustva endo  $\alpha$ -amilaza koje hidrolizuju  $\alpha$ -(1,4) veze skroba i povećavaju sadržaj dekstrina malih molekularnih masa, redukjućih i fermentišućih šećera (Bowles, 1996). Ovo omogućava da se dodatno tokom pečenja hleba proizvede još više CO<sub>2</sub>, koji svakako utiče na zapreminu i oblik hleba. Najviše vrednosti pokazatelja zapremine i oblika hleba su kod srednjeg nivoa prokljalih zrna, što je u skladu sa rezultatima dobijenim u disertaciji Shafqat (2013). Ovaj autor je dodatkom 1% i 5% brašna od prokljale pšenice dokazao da dolazi do statistički značajnog povećanja zapremine hleba u odnosu na kontrolni uzorak hleba. Dodatno, zapremina hleba dobijenog od brašna sa dodatkom 1% prokljalih zrna, bila je viša u poređenju sa hlebom dobijenim od brašna u koje je dodato 5% ovih zrna.

**Tabela 4.49.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na pokazatelje zapremine i oblika hleba

Pokazatelji	h f	delta h	b	Vcal
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>				
Nizak	91,2 <sup>b</sup>	5,70 <sup>c</sup>	84,5 <sup>c</sup>	232,0 <sup>c</sup>
Srednji	93,2 <sup>b</sup>	7,83 <sup>a</sup>	86,5 <sup>a</sup>	272,5 <sup>a</sup>
Visok	92,7 <sup>b</sup>	7,13 <sup>ac</sup>	86,0 <sup>a</sup>	267,4 <sup>a</sup>

Gluten uzoraka pšenice sa srednjim nivoom prokljalih zrna je najelastičniji, jer je vrednost A–L statistički značajno najviša (Tabela 4.48) (>100 mm), što prema Bordes i saradnicima (2008) ukazuje na dobar kvalitet. Ovo je za posledicu imalo da su SP–ss, Co–ss i Res statistički značajno viši (Tabela 4.50) i kvalitet hleba je bolji nego kod uzoraka bez i sa visokim sadržajem prokljalih zrna.

**Tabela 4.50.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na pokazatelje teksture sredine hleba

Pokazatelji	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>				
Nizak	4072,1 <sup>c</sup>	0,962 <sup>c</sup>	0,702 <sup>c</sup>	0,299 <sup>a</sup>
Srednji	1972,7 <sup>a</sup>	0,976 <sup>a</sup>	0,730 <sup>a</sup>	0,302 <sup>a</sup>
Visok	2101,0 <sup>a</sup>	0,958 <sup>c</sup>	0,708 <sup>c</sup>	0,275 <sup>c</sup>

Boja kore hleba prema nivoima prokljalih zrna (Tabela 4.51) statistički značajno se izdiferencirala na identičan način kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.40).

**Tabela 4.51.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na pokazatelje boje kore hleba

Pokazatelji	L*	a*	b*
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>			
Nizak	58,98 <sup>a</sup>	10,90 <sup>c</sup>	32,79 <sup>a</sup>
Srednji	52,23 <sup>b</sup>	12,58 <sup>b</sup>	28,85 <sup>b</sup>
Visok	50,07 <sup>c</sup>	13,91 <sup>a</sup>	27,94 <sup>c</sup>

Analizom značajnosti udela glutenina i gluteninskih podjedinica u odnosu na nivoe prokljalih zrna (Tabele 4.52 i 4.53) dobijen je sličan trend kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabele 4.41 i 4.42). Za razliku od glutenina, kod glijadina su uočene veće razlike za uzorke pšenice sa visokim sadržajem prokljalih zrna (Tabele 4.52. i 4.54). Statistički značajno viši udeli dobijeni su za Gliom+LMW glijadina i glijadinsku podjedinicu od 42 kDa (Tabele 4.52. i 4.54). Ovo je ukazalo na razgradnju glijadina, jer cistein proteaze koje čine oko 90% proteaza nastalih prokljavanjem zrna pšenice (Bigiarini i sar., 1995) su u stanju da nakon 15h delovanja potpuno hidrolizuju glijadine (Dunaevsky i sar., 1989).

**Tabela 4.52.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na udele i sastav glutenina i glijadina

Pokazatelji	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>					
Nizak	10,8 <sup>c</sup>	89,2 <sup>a</sup>	79,9 <sup>b</sup>	1,8 <sup>b</sup>	18,3 <sup>c</sup>
Srednji	17,2 <sup>b</sup>	82,8 <sup>b</sup>	77,1 <sup>b</sup>	1,6 <sup>b</sup>	21,3 <sup>ac</sup>
Visok	21,7 <sup>a</sup>	78,3 <sup>c</sup>	76,5 <sup>b</sup>	1,4 <sup>b</sup>	22,0 <sup>a</sup>

**Tabela 4.53.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na udele gluteninskih frakcija

Pokazatelji	13+14+15+1 7	21+25+2 9+34	41+44+48	59	62	148	184	218
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>								
Nizak	7,3 <sup>c</sup>	4,3 <sup>c</sup>	36,4 <sup>ac</sup>	17,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,1 <sup>b</sup>	6,9 <sup>a</sup>	0,86 <sup>b</sup>
Srednji	12,3 <sup>a</sup>	6,1 <sup>b</sup>	41,0 <sup>a</sup>	12,5 <sup>c</sup>	1,8 <sup>c</sup>	2,4 <sup>b</sup>	3,6 <sup>c</sup>	0,67 <sup>b</sup>
Visok	14,4 <sup>a</sup>	8,8 <sup>a</sup>	35,4 <sup>c</sup>	11,1 <sup>c</sup>	2,1 <sup>c</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,3 <sup>c</sup>	0,89 <sup>b</sup>

**Tabela 4.54.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na udele glijadinskih frakcija

Pokazatelji	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>							
Nizak	9,2 <sup>c</sup>	4,8 <sup>b</sup>	18,5 <sup>ac</sup>	38,8 <sup>ac</sup>	0,26 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,41 <sup>b</sup>
Srednji	10,0 <sup>ac</sup>	3,6 <sup>b</sup>	17,3 <sup>c</sup>	43,0 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,1 <sup>b</sup>	0,51 <sup>b</sup>
Visok	11,8 <sup>a</sup>	5,1 <sup>b</sup>	21,0 <sup>a</sup>	37,4 <sup>c</sup>	0,30 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>

Gluten sa srednjim nivoom prokljalih zrna je najelastičniji, jer je utvrđeno da je sadržaj slobodnih –SH grupa statistički značajno najviši (Tabela 4.55). Sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa uzoraka sa visokim nivoom prokljalih zrna, statistički su značajno niži u poređenju sa uzorcima srednjeg nivoa prokljalih zrna (Tabela 4.55), što potvrđuje da promene koje su se dogodile na primarnoj i tercijarnoj strukturi proteina su uzrokovale lošije osobine teksture hleba.

**Tabela 4.55.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

Pokazatelji	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>				
Nizak	0,154 <sup>a</sup>	0,178 <sup>a</sup>	0,0214 <sup>c</sup>	0,0375 <sup>a</sup>
Srednji	0,195 <sup>c</sup>	0,240 <sup>c</sup>	0,0202 <sup>c</sup>	0,0463 <sup>c</sup>
Visok	0,179 <sup>b</sup>	0,215 <sup>b</sup>	0,0149 <sup>a</sup>	0,0399 <sup>a</sup>

Pokazatelji strukture proteinskog kompleksa (Tabela 4.56) imali su sličan trend kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.45). Indirektno određena proteolitička aktivnost (F–DS) statistički se izdiferencirala kod sva tri nivoa prokljalih zrna i najviša je kod uzoraka sa visokim nivoom prokljalih zrna, iako to nije potvrđeno vrednostima GI (Tabela 4.55). Vrednost GI niža je od 90% samo kod uzoraka sa srednjim nivoom prokljalih zrna i nalazi se u opsegu vrednosti koji omogućavaju optimalnu pecivost (Ćurić i sar., 2001).

**Tabela 4.56.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

Pokazatelji	F–DS	M–alfa	GI
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>			
Nizak	49,2 <sup>a</sup>	-0,0672 <sup>b</sup>	94,8 <sup>a</sup>
Srednji	72,0 <sup>b</sup>	-0,0758 <sup>b</sup>	87,9 <sup>c</sup>
Visok	92,5 <sup>c</sup>	-0,0636 <sup>b</sup>	90,9 <sup>ac</sup>

Analizom značajnosti razlika prema nivoima prokljalih zrna, pokazatelji amilazno skrobnog kompleksa (Tabele 4.57) izdiferencirali su slično kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabele 4.46), pri čemu su očekivano dobijene bliske A–MV vrednosti za uzorke koji su sadržali prokljalna zrna. Statistički značajno visoke AACCC\* vrednosti kod uzoraka sa visokim sadržajem prokljalih zrna su u skladu sa rezultatima Živančev i saradnika (2012). Ovi autori su utvrdili da sorte pšenice sa niskom vrednošću broja padanja po *Hagbergu* imaju visok nivo AACCC\*.

**Tabela 4.57.** Analiza uticaja ekološkog faktora – prokljalih zrna na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

Pokazatelji	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACCC*
<b>Sadržaj prokljalih zrna</b>				
Nizak	810,8 <sup>a</sup>	0,434 <sup>b</sup>	1,134 <sup>b</sup>	5,22 <sup>a</sup>
Srednji	347,5 <sup>c</sup>	0,496 <sup>b</sup>	1,720 <sup>b</sup>	5,20 <sup>a</sup>
Visok	241,5 <sup>c</sup>	0,423 <sup>b</sup>	1,450 <sup>b</sup>	5,79 <sup>c</sup>

#### 4.4.3.2. Uticaj steničavih zrna

Steničava zrna nastaju kao posledica napada žitnih stenica (*Aelia* i *Eurigaster sp.*) tokom mlečne faze sazrevanja zrna pšenice, što u nekim slučajevima dovodi do pojave šturih zrna, smanjenja sadržaja skroba i zapreminske mase (Waage, 2000). Ovi insekti u svojoj pljuvački sadrže egzoproteaze, koje prilikom napada dospevaju u zrno pšenice (Lorenz i Meredith, 1988), uzrokujući oštećenje glutena, koje se ogleda preko znatnog povećanja sadržaja slobodnih –SH i –NH grupa (Pérez i sar., 2005). Ovakve promene na glutenu za posledicu imaju slabo i lepljivo testo, što dovodi do umanjenja zapremine, grube sredine i površine kore hleba (Every, 1992.). Nivo oštećenja glutena zavisi od faze zrelosti zrna u kojoj se dogodio napad stenica, ali u svakom slučaju može se očekivati manje ili veće oštećenje pecivnog kvaliteta (Corbellini i sar., 2001).

Da bi se utvrdilo kako ekološki faktor – napad žitnih stenica iskazan preko udela steničavih zrna, utiče na najvažnije osobine tehnološkog kvaliteta pšenice, urađena je analiza značajnosti razlika prosečnog kvaliteta među grupama uzoraka formiranim prema nivoima steničavih zrna, definisanih frekvencionom analizom svih sorti uključenih u ispitivanje (Slika 3.4. i tabela 3.4).

Pokazatelji reoloških osobina (Tabela 4.58. i 4.59) imali su skoro identičan trend kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.36. i 4.37). Vrednosti A–L uzoraka pšenice sa steničavim zrnima (srednji i visok nivo) statistički su značajno više u odnosu na uzorke bez steničavih zrna (Tabela 4.59). Dodatno, vrednost ovog pokazatelja za uzorke sa visokim sadržajem steničavih zrna je bliska 100 mm, što ukazuje na dobar kvalitet pšenice (Bordes i sar., 2008)

**Tabela 4.58.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

Pokazatelji	E–E	FQN	F–WA	F–DDT
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>				
Nizak	86,4 <sup>b</sup>	68,6 <sup>b</sup>	57,8 <sup>c</sup>	3,14 <sup>b</sup>
Srednji	86,5 <sup>b</sup>	67,1 <sup>b</sup>	62,7 <sup>a</sup>	2,78 <sup>b</sup>
Visok	82,4 <sup>b</sup>	61,5 <sup>b</sup>	64,9 <sup>a</sup>	2,68 <sup>b</sup>

**Tabela 4.59.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

Pokazatelji	M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>					
Nizak	0,077 <sup>b</sup>	141,3 <sup>c</sup>	2,48 <sup>a</sup>	65,6 <sup>c</sup>	76,8 <sup>c</sup>
Srednji	0,081 <sup>b</sup>	165,7 <sup>a</sup>	1,54 <sup>c</sup>	81,6 <sup>a</sup>	83,7 <sup>a</sup>
Visok	0,087 <sup>b</sup>	168,0 <sup>a</sup>	1,34 <sup>c</sup>	89,3 <sup>a</sup>	96,2 <sup>a</sup>

Pecivne i teksturne osobine (Tabela 4.60. i 4.61) takođe su se vrlo slično izdiferencirale kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabele 4.38. i 4.39), osim u slučaju delta h i Co–ss. Vrednosti visine narastanja testa u peći statistički su značajno više kod uzoraka sa steničavim zrnima (srednji i visok nivo) nego kod uzoraka bez steničavih zrna (Tabela 4.60). Ovo se može objasniti činjenicom da ove dve grupe uzoraka imaju statistički značajno višu elastičnost testa izraženu preko pokazatelja E–EX i A–L (Tabela 4.59), za šta je odgovorna egzoproteazna aktivnost usled prisustva steničavih zrna. Slično se ponaša i Co–ss, s razlikom da je statistički značajno viša vrednost dobijena za uzorke sa srednjim nivoom steničavih zrna, dok se vrednosti za uzorke sa visokim i niskim nivoom nisu statistički značajno razlikovale (Tabela 4.61).

Pad kvaliteta u pogledu pecivosti nije se dogodio jer je udeo steničavih zrna kod svih isptivanih uzoraka manji od 1% (maksimalna vrednost 0,87%, Prilog 4.1), a prema El–Haramain i saradnicima (1984) potrebno je prisustvo od 2% steničavih zrna da brašno pšenice postane neodgovarajuća sirovina za pekarsku proizvodnju.

**Tabela 4.60.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na pokazatelje zapremine i oblika hleba

Pokazatelji	h f	delta h	b	Vcal
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>				
Nizak	93,7 <sup>a</sup>	4,10 <sup>c</sup>	84,3 <sup>c</sup>	232,2 <sup>c</sup>
Srednji	91,2 <sup>c</sup>	7,00 <sup>a</sup>	85,2 <sup>c</sup>	244,3 <sup>c</sup>
Visok	92,9 <sup>ac</sup>	7,48 <sup>a</sup>	86,4 <sup>a</sup>	277,5 <sup>a</sup>

**Tabela 4.61.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na pokazatelje teksture sredine hleba

Pokazatelji	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>				
Nizak	3546,9 <sup>c</sup>	0,967 <sup>b</sup>	0,696 <sup>c</sup>	0,292 <sup>b</sup>
Srednji	3412,3 <sup>c</sup>	0,965 <sup>b</sup>	0,715 <sup>a</sup>	0,305 <sup>a</sup>
Visok	1961,2 <sup>a</sup>	0,962 <sup>b</sup>	0,710 <sup>ac</sup>	0,274 <sup>c</sup>

Boja kore hleba prema nivoima steničavih zrna (Tabela 4.62) statistički se izdiferencirala kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.40) i nivoa prokljalih zrna (Tabela 4.51).

**Tabela 4.62.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na pokazatelje boje kore hleba

Pokazatelji	L*	a*	b*
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>			
Nizak	61,83 <sup>a</sup>	9,89 <sup>c</sup>	33,41 <sup>a</sup>
Srednji	55,97 <sup>b</sup>	11,94 <sup>b</sup>	31,40 <sup>b</sup>
Visok	48,67 <sup>c</sup>	13,82 <sup>a</sup>	27,04 <sup>c</sup>

Udeli glutenina i glijadina uzoraka pšenice grupisanih prema nivoima udela steničavih zrna (Tabela 4.63), slično su se izdiferencirali kao i kod grupa uzoraka formiranih prema nivoima prokljalih zrna (Tabela 4.52). Udeli SLMW glutenina statistički se značajno povećavaju od uzoraka bez steničavih zrna ka uzorcima sa visokim sadržajem steničavih zrna, dok udeli HMW+HLMW glutenina imaju suprotan statistički značajan trend. Takođe, ekološki uticaj napada žitne stenice iskazan preko nivoa udela steničavih zrna, nije doprineo povećanju udela gluteninskih frakcija (Tabela 4.64), koje su se slično ponašale kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova i udela prokljalih zrna. Ova konstatacija je u skladu sa rezultatima Sivri i saradnika (1999) koji su ustanovili da hidroliza glutena proteazama stenica ne utiče na ukupne količine gluteninskih podjedinica, nego značajno

smanjuje odnos HMW–GS/LMW–GS. Glijadinske frakcije (Tabela 4.65) slično su se izdiferencirale kao i prema nivoima proklijalih zrna (Tabela 4.54).

**Tabela 4.63.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na udele i sastav glutenina i glijadina

Pokazatelji	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>					
Nizak	7,5 <sup>c</sup>	92,5 <sup>a</sup>	82,3 <sup>a</sup>	1,0 <sup>c</sup>	16,6 <sup>c</sup>
Srednji	15,5 <sup>b</sup>	84,5 <sup>b</sup>	76,3 <sup>c</sup>	2,0 <sup>a</sup>	21,6 <sup>a</sup>
Visok	19,1 <sup>a</sup>	80,9 <sup>c</sup>	79,9 <sup>ac</sup>	1,3 <sup>c</sup>	18,9 <sup>ac</sup>

**Tabela 4.64.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na udele gluteninskih frakcija

Pokazatelji	13+14 +15+17	21+25 +29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>								
Nizak	5,7 <sup>c</sup>	2,0 <sup>c</sup>	34,6 <sup>b</sup>	21,6 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	8,8 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>
Srednji	10,4 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	37,0 <sup>b</sup>	13,6 <sup>c</sup>	2,5 <sup>b</sup>	2,9 <sup>c</sup>	5,0 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b</sup>
Visok	13,0 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	39,6 <sup>b</sup>	12,2 <sup>c</sup>	1,5 <sup>c</sup>	2,1 <sup>c</sup>	3,1 <sup>c</sup>	0,78 <sup>b</sup>

**Tabela 4.65.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na udele glijadinskih frakcija

Pokazatelji	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>							
Nizak	7,8 <sup>c</sup>	3,6 <sup>b</sup>	18,1 <sup>b</sup>	39,1 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,1 <sup>b</sup>	0,23 <sup>c</sup>
Srednji	10,8 <sup>a</sup>	4,9 <sup>b</sup>	18,3 <sup>b</sup>	39,4 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	2,5 <sup>b</sup>	0,59 <sup>a</sup>
Visok	10,0 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	20,4 <sup>b</sup>	40,0 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	0,37 <sup>ac</sup>

Vrednosti F–DS statistički su se značajno izdiferencirale prema nivoima steničavih zrna (Tabela 4.66), kao i prema nivoima proklijalih zrna (Tabela 4.56). Šarić i saradnici (2004) utvrdili su da sorte pšenice sa niskim sadržajem steničavih zrna imaju niske vrednosti F–DS i dobar tehnološki kvalitet, dok se sa povećanjem sadržaja steničavih zrna povećava i F–DS, a tehnološki kvalitet opada. Vrednosti nagiba *Mixolabske* krive  $\alpha$  statistički značajno su više kod uzoraka sa srednjim nivoom steničavih zrna u poređenju sa uzorcima bez steničavih zrna, ukazujući da je proteolitička aktivnost viša (Tabela 4.66). Vrednosti ovog pokazatelja kod uzoraka sa steničavim zrnima (srednji i visok nivo) ukazuju na povećanu protelitičku aktivnost, jer se prema Banu i saradnicima (2011) kod brašna sa optimalnom proteolitičkom aktivnošću, opseg vrednosti kreće od 0 do -0,060 Nm/min. Iako je proteolitička aktivnost povećana, nije došlo do statistički značajnih razlika vrednosti GI (Tabela 4.66). Ovo potvrđuje da je proteolitička aktivnost nedovoljna da

izazove smanjenje GI koje je Critchley (1998) dobio prilikom analize pšenice koja je pretrpela napad žitnih stenica.

**Tabela 4.66.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

Pokazatelji	F–DS	M–alfa	GI
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>			
Nizak	50,0 <sup>a</sup>	-0,0502 <sup>a</sup>	93,9 <sup>b</sup>
Srednji	63,6 <sup>ac</sup>	-0,0767 <sup>c</sup>	92,6 <sup>b</sup>
Visok	81,4 <sup>c</sup>	-0,0644 <sup>ac</sup>	89,7 <sup>b</sup>

Sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa (Tabela 4.67) izdiferencirali su se, statistički značajno prema referentnim nivoima steničavih zrna, na gotovo identičan način kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.44). Dobijene vrednosti znatno su niže nego što su dobili Pérez i saradnici (2005) kod glutena pšenice oštećene usled napada žitnih stenica, tako da tokom inkubacije nije došlo do hidrolize glutena i oslobađanja polipeptida.

**Tabela 4.67.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

Pokazatelji	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>				
Nizak	0,140 <sup>a</sup>	0,158 <sup>a</sup>	0,0249 <sup>c</sup>	0,0383 <sup>b</sup>
Srednji	0,171 <sup>b</sup>	0,200 <sup>b</sup>	0,0194 <sup>b</sup>	0,0411 <sup>b</sup>
Visok	0,192 <sup>c</sup>	0,239 <sup>c</sup>	0,0159 <sup>a</sup>	0,0403 <sup>b</sup>

Prema nivoima udela steničavih zrna, pokazatelji skrobno amilaznog kompleksa (Tabela 4.68) izdiferencirali su se slično kao i kod uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.46).

**Tabela 4.68.** Analiza uticaja ekološkog faktora – steničavih zrna na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

Pokazatelji	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC*
<b>Sadržaj steničavih zrna</b>				
Nizak	753,6 <sup>a</sup>	0,454 <sup>b</sup>	0,596 <sup>c</sup>	4,93 <sup>a</sup>
Srednji	620,5 <sup>a</sup>	0,459 <sup>b</sup>	1,495 <sup>a</sup>	5,42 <sup>c</sup>
Visok	271,8 <sup>c</sup>	0,421 <sup>b</sup>	1,607 <sup>a</sup>	5,53 <sup>c</sup>



#### 4.4.3.3. Uticaj fuzarioznih zrna

Prisustvo fuzarioznih zrna u pšenici važan je indikator za razdvajanje zdrave od oštećene pšenice nakon infekcije plesnima iz roda *Fusarium* (Jones i Mirocha, 1999). Fuzariozna zrna su lakša i manja od zdravih zrna, što predstavlja dokaz da *Fusarium* plesni imaju negativan uticaj na nalivanje zrna. Pored ovoga, javljaju se promene na skrobu, celulozi, hemicelulozi i proteinima zrna (Boyacıoğlu i Hettiarachchy, 1995), što dovodi do gubitka tehnološkog kvaliteta brašna pšenice, kao i loših pecivnih osobina takvog brašna (Meyer i sar., 1986).

Kako bi se utvrdile najvažnije promene na pokazateljima tehnološkog kvaliteta pšenice, koje se generalno posmatraju kao posledica uticaja fuzarioznih zrna, urađena je analiza značajnosti razlika prosečnih vrednosti pokazatelja tehnološkog kvaliteta i sastava glutena među grupama uzoraka sa različitim nivoima udela fuzarioznih zrna, definisanih frekvencionom analizom svih uzoraka uključenih u ispitivanje (Slika 3.4 i tabela 3.4).

Osobine testa pri zamesu (Tabela 4.69) izdiferencirale su se na gotovo identičan način kao i kod analize uticaja mikroklimatskih uslova (Tabela 4.36). Suprotno ovome, vrednosti pokazatelja svojstava testa prilikom obrade E–EX i A–L, uzoraka sa srednjim nivoom fuzarioznih zrna, statistički su značajno više u poređenju sa uzorcima bez i sa visokim nivoom fuzarioznih zrna (Tabela 4.70). Takođe, vrednost A–P uzoraka sa srednjim nivoom fuzarioznih zrna statistički je značajno viša, a O/R niža od uzoraka bez fuzarioznih zrna. Ovo ukazuje da nizak udeo fuzarioznih zrna može povoljno da deluje na tehnološki kvalitet, iako je vrednost O/R znatno niža od 1,8 (Šimurina, 2013) koja je potrebna za proizvodnju hleba.

**Tabela 4.69.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

Pokazatelji	E–E	FQN	F–WA	F–DDT
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>				
Nizak	85,8 <sup>b</sup>	67,5 <sup>b</sup>	61,2 <sup>c</sup>	2,83 <sup>b</sup>
Srednji	86,3 <sup>b</sup>	60,3 <sup>b</sup>	65,8 <sup>a</sup>	3,20 <sup>b</sup>
Visok	83,2 <sup>b</sup>	63,8 <sup>b</sup>	64,3 <sup>a</sup>	2,56 <sup>b</sup>

**Tabela 4.70.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

Pokazatelji	M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>					
Nizak	0,081 <sup>b</sup>	157,4 <sup>c</sup>	1,82 <sup>a</sup>	77,6 <sup>c</sup>	79,7 <sup>c</sup>
Srednji	0,084 <sup>b</sup>	187,4 <sup>a</sup>	1,07 <sup>c</sup>	90,9 <sup>a</sup>	108,2 <sup>a</sup>
Visok	0,084 <sup>b</sup>	160,8 <sup>c</sup>	1,48 <sup>ac</sup>	86,2 <sup>ac</sup>	92,5 <sup>b</sup>

Pecivne osobine prema nivoima fuzarioznih zrna (Tabela 4.71) ponašaju se slično kao i prema nivoima prokljalih zrna (Tabela 4.49). Narastanje testa u peći nije se izdiferenciralo kod sve tri grupe uzoraka, iako je bilo najviše kod uzoraka sa visokim nivoom fuzarioznih zrna. Dodatno, vrednosti b i Vcal za uzorke iz ove grupe su više, nego za uzorke sa srednjim nivoom fuzarioznih zrna. Ovo je dokaz da je niska vrednost O/R uticala da i vrednosti pecivnih pokazatelja budu niže.

**Tabela 4.71.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na pokazatelje zapremine i oblika hleba

Pokazatelji	h f	delta h	b	Vcal
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>				
Nizak	91,5 <sup>b</sup>	6,20 <sup>b</sup>	84,8 <sup>c</sup>	238,2 <sup>c</sup>
Srednji	92,7 <sup>b</sup>	6,13 <sup>b</sup>	86,0 <sup>a</sup>	270,7 <sup>a</sup>
Visok	93,6 <sup>b</sup>	8,25 <sup>b</sup>	86,9 <sup>a</sup>	282,6 <sup>a</sup>

Tekstura hleba među grupama uzoraka sa različitim nivoima fuzarioznih zrna (Tabela 4.72) diferencira se na sličan način kao i prema nivoima prokljalih zrna (Tabela 4.50), osim u slučaju SP–ss i Co–ss čije se vrednosti nisu statistički razlikovale. Prema indirektnim i direktnim pokazateljima tehnološkog kvaliteta, uzorke pšenice koji sadrže fuzariozna zrna (srednji i visok nivo) karakteriše dobar tehnološki kvalitet. Ovo je u skladu sa rezultatima Seitz i saradnika (1986) i Antes i saradnika (2001), koji su utvrdili da kontaminacija *Fusarium* plesnima ne utiče na slabljenje tehnološkog kvaliteta pšenice, ali je i u suprotnosti sa rezultatima Gartner i saradnika (2008) i Papuškova i saradnika (2011), koji su došli do suprotnih zaključaka. Razlog ovakve suprotnosti u rezultatima može se objasniti činjenicom da je samo jedan uzorak pšenice imao oko 3% fuzarioznih zrna koji Seitz i saradnici (1986) smatraju visokim nivoom kontaminacije, dok su ostali imali < 0,6% što ukazuje da je u pitanju veoma nizak nivo kontaminacije, koji nije doveo do promena pecivnih osobina.

Konstatacije vezane za pozitivan uticaj prisustva fuzarioznih zrna na tehnološki kvalitet, ni u kom slučaju ne znači da se pojava fuzarioznih zrna može smatrati poželjnom, s obzirom na rizik zdravstvene bezbednosti koje fuzarijum plesni uzrokuju.

**Tabela 4.72.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na pokazatelje teksture sredine hleba

Pokazatelji	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>				
Nizak	3553,4 <sup>c</sup>	0,965 <sup>b</sup>	0,710 <sup>b</sup>	0,303 <sup>a</sup>
Srednji	2221,2 <sup>a</sup>	0,968 <sup>b</sup>	0,714 <sup>b</sup>	0,292 <sup>a</sup>
Visok	1830,0 <sup>a</sup>	0,961 <sup>b</sup>	0,711 <sup>b</sup>	0,265 <sup>c</sup>

Boja kore hleba značajno se izdiferencirala kod sva tri referentna nivoa fuzarioznih zrna, (Tabela 4.73). Dobijene vrednosti ukazuju da je kora hleba uzoraka sa niskim nivoom fuzarioznih zrna statistički značajno najsvetlija sa značajno najmanje izraženim crvenim tonom i značajno najviše izraženim žutim tonom, dok su kod uzoraka sa srednjim nivoom fuzarioznih zrna vrednosti ovih pokazatelja suprotne. Razlog za ovakvu diferencijaciju je veći uticaj prokljalih i steničavih, nego fuzarioznih zrna na boju kore hleba.

**Tabela 4.73.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na pokazatelje boje kore hleba

Pokazatelji	L*	a*	b*
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>			
Nizak	58,02 <sup>a</sup>	11,34 <sup>c</sup>	32,30 <sup>a</sup>
Srednji	46,28 <sup>c</sup>	14,20 <sup>a</sup>	25,91 <sup>c</sup>
Visok	50,48 <sup>b</sup>	13,25 <sup>b</sup>	27,61 <sup>b</sup>

U slučaju udela glutenina u odnosu na nivoe fuzarioznih zrna (Tabela 4.74) dobijen je sličan trend kao i prema prokljalim zrnima (Tabela 4.52), dok se udeli glijadina nisu statistički značajno izdiferencirali. Statistički značajno je viši udeo podjedinice od 148 kDa (10 podjedinica sa Glu D1 lokusa) kod uzoraka bez i sa niskim nivoom fuzarioznih zrna, u poređenju sa udelom uzoraka sa visokim nivoom udela fuzarioznih zrna (Tabela 4.75). Pored toga, udeo podjedinice od 218 kDa (2\* podjedinica sa Glu A1 lokusa) je statistički značajno najviši kod srednjeg nivoa fuzarioznih zrna. Dodatno, statistički značajno su se izdiferencirali udeli glijadinskih podjedinica od 44+47 i 96 kDa prema nivoima fuzarioznih zrna (Tabela 4.76).

**Tabela 4.74.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na udele i sastav glutenina i glijadina

Pokazatelji	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>					
Nizak	13,2 <sup>c</sup>	86,8 <sup>a</sup>	77,6 <sup>b</sup>	1,8 <sup>b</sup>	20,5 <sup>b</sup>
Srednji	17,1 <sup>ac</sup>	82,9 <sup>ac</sup>	81,3 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	17,6 <sup>b</sup>
Visok	20,0 <sup>a</sup>	80,0 <sup>c</sup>	78,6 <sup>b</sup>	1,4 <sup>b</sup>	20,0 <sup>b</sup>

**Tabela 4.75.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na udele gluteninskih frakcija

Pokazatelji	13+14 +15+17	21+25 +29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>								
Nizak	9,0 <sup>c</sup>	5,3 <sup>b</sup>	35,7 <sup>c</sup>	15,8 <sup>b</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	0,80 <sup>c</sup>
Srednji	11,3 <sup>ac</sup>	6,9 <sup>b</sup>	37,0 <sup>c</sup>	12,4 <sup>b</sup>	1,7 <sup>c</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,8 <sup>c</sup>	1,74 <sup>a</sup>
Visok	14,1 <sup>a</sup>	6,8 <sup>b</sup>	42,7 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	1,4 <sup>c</sup>	1,5 <sup>c</sup>	2,5 <sup>c</sup>	0,33 <sup>c</sup>

**Tabela 4.76.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na udele glijadinskih frakcija

Pokazatelji	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>							
Nizak	10,2 <sup>b</sup>	4,6 <sup>ac</sup>	18,4 <sup>b</sup>	39,0 <sup>c</sup>	0,19 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	0,52 <sup>b</sup>
Srednji	8,3 <sup>b</sup>	2,5 <sup>c</sup>	18,3 <sup>b</sup>	45,2 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,6 <sup>c</sup>	0,26 <sup>b</sup>
Visok	10,6 <sup>b</sup>	5,8 <sup>a</sup>	20,7 <sup>b</sup>	37,4 <sup>c</sup>	0,40 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>

Nijedna od osobina strukture proteinskog kompleksa nije se statistički značajno izdiferencirala prema nivoima fuzarioznih zrna (Tabela 4.77). Za GI ovo je očekivano, jer prema Papušková i saradnicima (2011) i Capouchová i saradnicima (2012) ne dolazi do statistički značajnog smanjenja ovog pokazatelja usled prisustva fuzarioznih zrna. Nizak nivo kontaminacije *Fusarium* plesnima je razlog zašto nije došlo do značajnije promene F–DS i M–alfa. Suprotno ovome, Gartner i saradnici (2008) su utvrdili da polovina ispitivanih sorti pšenice kontaminirane *Fusarium* plesnima, ima statistički značajno višu vrednost F–DS u poređenju sa kontrolnim uzorcima.

**Tabela 4.77.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

Pokazatelji	F–DS	M–alfa	GI
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>			
Nizak	59,6 <sup>b</sup>	-0,0676 <sup>b</sup>	93,5 <sup>b</sup>
Srednji	85,0 <sup>b</sup>	-0,0760 <sup>b</sup>	88,6 <sup>b</sup>
Visok	75,6 <sup>b</sup>	-0,0665 <sup>b</sup>	89,2 <sup>b</sup>

Sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa su se prema nivoima fuzarioznih zrna (Tabela 4.78) izdiferencirali na gotovo identičan način kao prema nivoima prokljalih zrna (Tabela 4.55).

**Tabela 4.78.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

Pokazatelji	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>				
Nizak	0,160 <sup>a</sup>	0,185 <sup>a</sup>	0,0207 <sup>c</sup>	0,0393 <sup>a</sup>
Srednji	0,215 <sup>c</sup>	0,251 <sup>c</sup>	0,0192 <sup>c</sup>	0,0474 <sup>c</sup>
Visok	0,180 <sup>b</sup>	0,235 <sup>c</sup>	0,0152 <sup>a</sup>	0,0393 <sup>a</sup>

Od osobina pokazatelja stanja amilazno skrobnog kompleksa, statistički značajno se prema nivoima fuzarioznih zrna, izdiferencirao samo A–MV (Tabela 4.79). Ovo se može objasniti činjenicom da, osim prisustva fuzarioznih zrna, u ovim uzorcima postoje i prokljalna zrna (Prilog 4.1), koja su amilolitičkom aktivnošću uzorkovala pad viskoziteta brašna. Zbog

niskog stepena kontaminacije uzoraka pšenice *Fusarium* plesnima, nije došlo do oštećenja skroba kao u istraživanjima Gartner i saradnika (2008) i Papuškova i saradnika (2011).

**Tabela 4.79.** Analiza uticaja ekološkog faktora – fuzarioznih zrna na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

Pokazatelji	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC*
<b>Sadržaj fuzarioznih zrna</b>				
Nizak	677,9 <sup>a</sup>	0,448 <sup>b</sup>	1,241 <sup>b</sup>	5,32 <sup>b</sup>
Srednji	235,0 <sup>c</sup>	0,491 <sup>b</sup>	1,652 <sup>b</sup>	5,68 <sup>b</sup>
Visok	311,9 <sup>c</sup>	0,421 <sup>b</sup>	1,588 <sup>b</sup>	5,32 <sup>b</sup>

#### 4.4.3.4. Uticaj tamnokličnih zrna

Tamnoklična zrna pšenice javljaju se usled promene boje kraja embriona, a njihovo postojanje obično je povezano sa prisustvom plesni *Alternaria alternata* (Dexter i Edwards, 1997). Takođe, utvrđeno je da klimatski faktori (kiša, vlaga, temperatura) utiču na pojavu ovih zrna (Conner i sar., 1992, Clarke i sar., 2004). U literaturno dostupnim istraživanjima o njihovom uticaju na tehnološki kvalitet pšenice postoje kontradiktorni rezultati. Prema Fernandez i saradnicima (1998) ova zrna izazivaju smanjenje tehnološkog kvaliteta pšenice. Suprotno njima, Dexter i Edwards (1997) su utvrdili da njihovo prisustvo u masi zrna pšenice izaziva neznatne promene na mlevnim i pecivnim osobinama.

Da bi se utvrdilo kako ekološki faktor – tamnoklična zrna utiče na najvažnije osobine tehnološkog kvaliteta pšenice, urađena je analiza značajnosti razlika prosečnih vrednosti pokazatelja po grupama uzoraka pšenice, formiranim prema nivoima udela tamnokličnih zrna, definisanih frekvencionom analizom svih uzoraka uključenih u ispitivanje (Slika 3.4. i tabela 3.4).

Vrednosti pokazatelja reoloških osobina uzoraka sa visokim sadržajem tamnokličnih zrna F–WA, A–P su statistički značajno više, a vrednost A–L je statistički značajno niža u odnosu na uzorke bez i sa visokim sadržajem ovih zrna (Tabela 4.80. i 4.81). Dodatno, vrednosti E–EX i O/R su za uzorke sa visokim sadržajem tamnokličnih zrna, niže u poređenju sa druge dve grupe uzoraka. Ovo je potvrda da je gluten uzoraka sa visokim sadržajem tamnokličnih zrna čvrst, neelastičan, snažan i dobrog tehnološkog kvaliteta, jer je E–E na statistički istom nivou kod sve tri grupe uzoraka i veća je od 50 cm<sup>2</sup> (Šimurina, 2013), dok su gluteni druge dve grupe uzoraka znatno elastičniji.

**Tabela 4.80.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na generalne pokazatelje tehnološkog kvaliteta pšenice i pokazatelje svojstava testa pri zamesu

Pokazatelji	E–E	FQN	F–WA	F–DDT
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>				
Nizak	87,5 <sup>b</sup>	67,4 <sup>b</sup>	61,0 <sup>c</sup>	3,00 <sup>b</sup>
Srednji	89,9 <sup>b</sup>	69,1 <sup>b</sup>	62,4 <sup>c</sup>	2,83 <sup>b</sup>
Visok	70,4 <sup>b</sup>	55,1 <sup>b</sup>	66,1 <sup>a</sup>	2,36 <sup>b</sup>

**Tabela 4.81.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na pokazatelje svojstava testa prilikom obrade

Pokazatelji	M–EL	E–EX	O/R	A–P	A–L
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>					
Nizak	0,080 <sup>b</sup>	157,9 <sup>ac</sup>	1,88 <sup>a</sup>	76,9 <sup>c</sup>	90,8 <sup>a</sup>
Srednji	0,087 <sup>b</sup>	170,9 <sup>a</sup>	1,55 <sup>ac</sup>	74,8 <sup>c</sup>	97,5 <sup>a</sup>
Visok	0,077 <sup>b</sup>	152,7 <sup>c</sup>	1,32 <sup>c</sup>	103,9 <sup>a</sup>	53,3 <sup>c</sup>

Dobijene vrednosti pokazatelja reoloških svojstava potvrđene su analizom značajnosti razlika u pećivnim osobinama grupa uzoraka sa različitim nivoima tamnokličnih zrna (Tabela 4.82). Vrednosti b i Vcal uzoraka sa niskim i srednjim nivoom tamnokličnih zrna statistički su značajno više, dok je vrednost h f viša nego za uzorke sa visokim nivoom tamnokličnih zrna. Suprotno ovome, pokazatelji teksture hleba nisu se statistički značajno izdiferencirali (Tabela 4.83). Samo je Co–ss uzoraka sa visokim sadržajem tamnokličnih zrna viša u odnosu na druge dve grupe uzoraka (nizak i srednji nivo).

**Tabela 4.82.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na pokazatelje zapremine i oblika hleba

Pokazatelji	h f	delta h	b	Vcal
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>				
Nizak	93,2 <sup>a</sup>	6,00 <sup>c</sup>	85,3 <sup>a</sup>	257,0 <sup>a</sup>
Srednji	91,7 <sup>ac</sup>	8,02 <sup>a</sup>	86,0 <sup>a</sup>	257,6 <sup>a</sup>
Visok	90,0 <sup>c</sup>	5,10 <sup>c</sup>	84,3 <sup>c</sup>	224,8 <sup>c</sup>

**Tabela 4.83.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na pokazatelje teksture sredine hleba

Pokazatelji	HA–ss	SP–ss	Co–ss	Res
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>				
Nizak	2696,5 <sup>b</sup>	0,968 <sup>b</sup>	0,706 <sup>ac</sup>	0,288 <sup>c</sup>
Srednji	3126,1 <sup>b</sup>	0,962 <sup>b</sup>	0,722 <sup>a</sup>	0,302 <sup>a</sup>
Visok	3537,5 <sup>b</sup>	0,960 <sup>b</sup>	0,696 <sup>c</sup>	0,292 <sup>ac</sup>

Suprotno svim prethodno ispitanim uticajima, nije došlo do diferencijacije boje kore hleba prema nivoma udela tamnokličnih zrna (Tabela 4.84). Naime, boja kore hleba je kod uzoraka sa niskim i srednjim nivoom tamnokličnih zrna na istom nivou. Takođe, boja kore hleba kod uzoraka sa visokim nivoom tamnokličnih zrna je najtamnija, sa najviše izraženim crvenim i najmanje izraženim žutim tonom (Tabela 4.84). Do diferencijacije boje kore hleba nije došlo, jer je veći uticaj prokljalih i steničavih, nego tamnokličnih zrna.

**Tabela 4.84.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na pokazatelje boje kore hleba

Pokazatelji	L*	a*	b*
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>			
Nizak	55,81 <sup>a</sup>	11,68 <sup>c</sup>	30,88 <sup>a</sup>
Srednji	55,38 <sup>a</sup>	11,80 <sup>c</sup>	30,59 <sup>a</sup>
Visok	52,02 <sup>c</sup>	13,74 <sup>a</sup>	29,58 <sup>c</sup>

Udeli glutenina i glijadina uzoraka pšenice sa različitim nivoima tamnokličnih zrna (Tabela 4.85), gotovo se identično diferenciraju kao i u slučaju različitih nivoa udela steničavih zrna (Tabela 4.30). Suprotno ovome, udeli pojedinačnih glijadinskih podjedinica 14+15+17 i 42 kDa imali su sličan trend kao i kod prokljalih zrna (Tabela 4.86). Statistički značajno viši je udeo podjedinice od 218 kDa (2\* podjedinica sa Glu A1 lokusa) kod uzoraka sa visokim udelom tamnokličnih zrna u odnosu na uzorke bez tamnokličnih zrna. Takođe, vrednost udela ove podjedinice kod uzoraka sa srednjim nivoom tamnokličnih zrna, tri puta je viša nego kod uzoraka bez tamnokličnih zrna (Tabela 4.87).

**Tabela 4.85.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na udele i sastav glutenina i glijadina

Pokazatelji	SLMW	HMW+HLMW	GliMain	GliHMW	Gliom+LMW
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>					
Nizak	12,1 <sup>c</sup>	87,9 <sup>a</sup>	80,9 <sup>a</sup>	1,2 <sup>c</sup>	17,8 <sup>c</sup>
Srednji	15,8 <sup>b</sup>	84,2 <sup>b</sup>	75,4 <sup>c</sup>	2,1 <sup>a</sup>	22,5 <sup>a</sup>
Visok	20,9 <sup>a</sup>	79,1 <sup>c</sup>	78,2 <sup>ac</sup>	1,7 <sup>ac</sup>	20,0 <sup>ac</sup>

**Tabela 4.86.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na udele glijadinskih frakcija

Pokazatelji	14+15+17	37	42	44+47	80	96	148
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>							
Nizak	8,8 <sup>c</sup>	4,1 <sup>b</sup>	19,3 <sup>ac</sup>	39,7 <sup>b</sup>	0,19 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,30 <sup>c</sup>
Srednji	11,0 <sup>a</sup>	4,6 <sup>b</sup>	16,9 <sup>c</sup>	39,3 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	0,58 <sup>ac</sup>
Visok	11,0 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	21,7 <sup>a</sup>	39,4 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	0,62 <sup>a</sup>

**Tabela 4.87.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na udele gluteninskih frakcija

Pokazatelji	13+14+15+17	21+25+29+34	41+44+48	59	62	148	184	218
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>								
Nizak	8,7 <sup>c</sup>	3,8 <sup>c</sup>	39,8 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	5,7 <sup>a</sup>	0,30 <sup>c</sup>
Srednji	10,7 <sup>c</sup>	6,3 <sup>b</sup>	36,1 <sup>ac</sup>	13,9 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	5,2 <sup>ac</sup>	1,02 <sup>ac</sup>
Visok	13,5 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>	34,2 <sup>c</sup>	9,4 <sup>c</sup>	2,4 <sup>b</sup>	3,6 <sup>b</sup>	3,8 <sup>c</sup>	1,61 <sup>a</sup>

Iako je vrednost F–DS, kao indirektnog pokazatelja proteolitičke aktivnosti, kod uzoraka sa visokim nivoom udela tamnokličnih zrna, statistički značajno viša u odnosu na uzorke sa niskim i srednjim nivoom tamnokličnih zrna (Tabela 4.88), vrednosti M–alfa i GI nisu se izdiferencirale. Ovo ukazuje da se na glutenu nisu dogodile promene. Najniži sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa uzoraka sa visokim sadržajem tamnokličnih zrna (Tabela 4.89), potvrda su da se na glutenu nisu dogodile promene koje bi uticale na povećanje rastegljivosti.

**Tabela 4.88.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na pokazatelje strukture proteinskog kompleksa

Pokazatelji	F–DS	M–alfa	GI
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>			
Nizak	61,5 <sup>a</sup>	-0,0652 <sup>b</sup>	91,8 <sup>b</sup>
Srednji	59,0 <sup>a</sup>	-0,0673 <sup>b</sup>	91,7 <sup>b</sup>
Visok	92,9 <sup>c</sup>	-0,0788 <sup>b</sup>	93,4 <sup>b</sup>



**Tabela 4.89.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na sadržaj slobodnih –SH i –NH grupa

Pokazatelji	SH30–0d	SH30–135d	Am30–0d	Am37–135d
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>				
Nizak	0,165 <sup>b</sup>	0,192 <sup>a</sup>	0,0214 <sup>c</sup>	0,0396 <sup>ac</sup>
Srednji	0,181 <sup>b</sup>	0,227 <sup>c</sup>	0,0196 <sup>c</sup>	0,0434 <sup>c</sup>
Visok	0,166 <sup>b</sup>	0,182 <sup>a</sup>	0,0142 <sup>a</sup>	0,0358 <sup>a</sup>

U pogledu osobina stanja amilazno skrobnog kompleksa, vrednost AACC\* statistički je značajno viša kod uzoraka sa visokim nivoom tamnokličnih zrna nego za druge dve grupe uzoraka (nizak i srednji nivo) (Tabela 4.90). Slično se ponaša i vrednost M–beta koja se između uzoraka sa visokim i niskim sadržajem tamnokličnih zrna nije statistička značajno razlikovala.

**Tabela 4.90.** Analiza uticaja ekološkog faktora – tamnokličnih zrna na pokazatelje stanja amilazno skrobnog kompleksa

Pokazatelji	A–MV	M–beta	M–C5–C4	AACC*
<b>Sadržaj tamnokličnih zrna</b>				
Nizak	598,5 <sup>b</sup>	0,433 <sup>ac</sup>	1,116 <sup>b</sup>	5,09 <sup>a</sup>
Srednji	595,3 <sup>b</sup>	0,484 <sup>a</sup>	1,623 <sup>b</sup>	5,24 <sup>a</sup>
Visok	312,9 <sup>b</sup>	0,405 <sup>c</sup>	1,417 <sup>b</sup>	6,31 <sup>c</sup>

## 5. Zaključci

U radu je analiziran uticaj genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na sastav glutena i tehnološki kvalitet sorti pšenice.

\*

Gluteninska HMW podjedinica 2\* sa Glu A1 lokusa nije imala značajan uticaj na osobine glutena i tehnološki kvalitet pšenice. Statistički su se izdiferencirali samo pojedini indirektni reološki pokazatelji, koji ukazuju da je gluten čvrst i nerastegljiv što potvrđuju vrednosti F–DS i sadržaja slobodnih –SH i –NH grupa, koje potvrđuju da je gluten sorti koje sadrže ovu podjedinicu čvrst i manje elastičan. Kod sorti pšenice koje ne sadrže ovu podjedinicu diferencijacija pokazatelja je bila suprotna.

Parovi HMW podjedinica 5 + 10 i 2 + 12 sa Glu D1 lokusa imaju veći uticaj na osobine glutena i tehnološki kvalitet pšenice u odnosu na podjedinicu 2\* sa Glu A1 lokusa. Par podjedinica 5 + 10 utiče da sorte imaju bolje osobine glutena jer su vrednosti pokazatelja E–E i O/R statistički više i bolje pecivne i teksturne osobine od sorti sa parom podjedinica 2 + 12. Amilolitička aktivnost sorti sa 5 + 10 parom je statistički niža u poređenju sa sortama koje sadrže par podjedinica 2 + 12, što nije uticalo da boja kore hleba bude tamnija.

Kombinacija gluteninskih HMW podjedinica preciznije je ukazala kako genetski faktori utiču na tehnološki kvalitet pšenice i osobine glutena.

\*\*

Ispitivane sorte pšenice iz grupe A (sadrže 2\* gluteninsku podjedinicu sa Glu A1 lokusa, par 7 + 9 podjedinica sa Glu B1 lokusa i par 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa) imaju snažan, čvrst i nerastegljiv gluten, sa visokim vrednostima E–E, A–P i nižom vrednošću A–L u odnosu na ostale ispitivane grupe sorti. Ovakav sastav HMW–GS uticao je i da vrednosti F–DS i GI budu najviše. Najniži sadržaji slobodnih –NH i –SH grupa dodatno potvrđuju da njihove niske vrednosti smanjuju rastegljivost, a povećavaju otpor glutena.

Sorte pšenice iz grupe B (sadrže par 7 + 9 podjedinica sa Glu B1 lokusa i par 5 + 10 podjedinica sa Glu D1 lokusa) imaju snažan, elastičan i rastegljiv gluten, sa visokim vrednostima E–E, A–L i nižom vrednošću A–P u odnosu na ostale ispitivane grupe sorti, koji je uticao da tehnološki kvalitet pšenice sorti iz grupe B bude najbolji. Sorte sa kombinacija HMW–GS iz ove grupe okarakterisane su vrednostima F–DS i GI koje su niže od sorti iz grupe A. Sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa su statistički značajno viši nego kod sorti iz grupe A.

Za sorte pšenice iz grupe C (sadrže par 7 + 9 podjedinica sa Glu B1 lokusa i par 2 + 12 podjedinica sa Glu D1 lokusa) karakteristično je da imaju slab, mek i rastegljiv gluten, što je potvrđeno i vrednostima F–DS i GI i pecivnim i teksturnim osobinama. Tehnološki kvalitet ovih sorti pšenice je najslabiji od svih ispitivanih grupa sorti. Alveografski i estenzografski pokazatelji A–P, E–E i O/R imali su najniže vrednosti, dok je A–L bila najviša. Najviši sadržaj slobodnih –NH i –SH grupa takođe potvrđuje da se sa njihovim povećanjem povećava rastegljivost a smanjuje otpor testa.

\*\*\*

Klimatski uslovi koji su vladali u *toploj* godini (sunčano i relativno toplo vreme tokom celokupnog posmatranog perioda) uticali su da u zrnu dođe do formiranja čvrstog, snažnog, neelastičnog i krutog glutena. Na ovo ukazuju statistički niska vrednost pokazatelja proteolitičke aktivnosti F–DS, visoka vrednost GI i nizak sadržaj –SH grupa. Udeli glutenina i pojedinih glijadina niskih molekulskih masa su značajno niži, a pojedinih frakcija glutenina i glijadina visokih molekulskih masa značajno viši nego u *umerenoj* i *kišnoj* godini. Pecivne i teksturne osobine su najlošije. Niska amilolitička aktivnost uticala je da boja kore hleba bude najsvetlija.

U *umerenoj* godini, kada je bilo relativno toplo vreme u periodu cvetanja pšenice, kišno i relativno vetrovito vreme u periodu formiranja i nalivanja zrna, a sunčano i toplo vreme tokom žetve, gluten je bio mekši i elastičniji. U odnosu na toplu godinu značajno su viši udeli glutenina i pojedinih glijadina niskih molekulskih masa, a niži pojedinih frakcija glutenina i glijadina visokih molekulskih masa. Slab pecivni kvalitet posledica je niskog sadržaja –SH grupa. Amilolitička aktivnost je bila značajno viša i uticala je tako da boja kore hleba bude na srednjem nivou (između *tope* i *kišne* godine).

*Kišna* godina, za koju je bilo karakteristično kišno i nestabilno vreme tokom celokupnog posmatranog perioda, uticala je da u zrnu dođe do formiranja najmekšeg i najelastičnijeg glutena, što je potvrđeno vrednostima reoloških pokazatelja. Udeli glutenina i pojedinih glijadina statistički se značajno razlikuju u odnosu na *toplu* godinu, a imaju isti statistički značaj kao i *umerena* godina. Sadržaj slobodnih –SH grupa, najviši je u odnosu na sve tri godine. Ovo je za posledicu imalo najbolji tehnološki kvalitet koji je određen direktnim i indirektnim pokazateljima. Amilolitička aktivnost je statistički značajno viša nego u *toploj* i viša nego u *umerenoj* godini, što je uticalo da je boja kore hleba statistički značajno najtamnija.

\*\*\*\*

Srednji nivo prokljalih zrna (0–0,5%) uticao je da reološke osobine uzoraka iz ove grupe budu najbolje, što je potvrđeno preko pecivnih (delta h, b i Vcal) i teksturnih (HA–ss, SP–ss, Co–ss i Res) osobina hleba. Pored utvđenih statistički značajnih razlika u udelima glutenskih proteina u odnosu na uzorke bez prokljalih zrna, na kvalitet su uticali i statistički značajno najviši sadržaji slobodnih –SH i –NH grupa.

Visok nivo prokljalih zrna (>0,5%) uticao je da pojedini indirektni pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice (FQN i A–L) imaju niže vrednosti od uzoraka sa srednjim nivoom prokljalih zrna. Pri tome nisu izazvane značajne promene na pecivnim i teksturnim osobinama hleba, osim u slučaju SP–ss i Res. Razlog nastanka ovih promena na osobinama glutena je sadržaj slobodnih –SH grupa, koji je statistički značajno niži, nego kod uzoraka sa srednjim nivoom prokljalih zrna. Takođe, visoka amilolitička aktivnost kod ovih uzoraka uticala je na osobine boje kore hleba, gubitak elastičnosti i otpora sredine hleba, kao i na povećanje sadržaja oštećenog skroba.

\*\*\*\*\*

Prisustvo steničavih zrna (srednji (0–0,5%) i visok nivo(>0,5%)), uticalo je da rastegljivost testa bude statistički značajno viša od uzoraka bez steničavih zrna i da se povećava udeo SLMW glutenina, a smanjuje udeo HMW+HLMW glutenina. Takođe, vrednosti indirektno određene proteolitičke aktivnosti M–alfa, su više kod uzoraka sa steničavim zrnima, nego kod uzoraka bez steničavih zrna. Nije utvrđena statistička značajnost između vrednosti M–alfa uzoraka sa visokim nivoom steničavih zrna i bez steničavih zrna. Do pada tehnološkog kvaliteta pšenice nije došlo jer je maksimalna vrednost steničavih zrna iznosila 0,87% što je ipak niska vrednost.

\*\*\*\*\*

Do pojave fuzarioznih zrna došlo je samo u *kišnoj* godini, koju je karakterisao i najmekši i najelastičniji gluten, najbolji pecivni kvalitet i osobine teksture hleba od svih ispitivanih godina. Vrednosti indirektnih i direktnih pokazatelja tehnološkog kvaliteta uzoraka sa srednjim i visokim nivoom fuzarioznih zrna su bolje od uzoraka bez fuzarioznih zrna što ne umanjuje njihovu neadekvatnost sa aspekta zdravstvene bezbednosti. Samo jedan uzorak pšenice imao je oko 3% fuzarioznih zrna, dok su ostali imali oko 0,5%. Ovakav nivo kontaminacije pšenice *Fusarium* plesnima je nizak te nije došlo do umanjenja tehnološkog kvaliteta pšenice. Uzorci sa srednjim nivoom fuzarioznih zrna imali su statistički viši nivo para podjedinica 5 + 10 sa Glu D1 lokusa i podjedinice 2\* sa Glu A1 lokusa u odnosu na uzorke sa visokim nivoom fuzarioznih zrna, što je dodatno izdiferenciralo pecivne i teksturne osobine prema uticaju genetskih faktora.

\*\*\*\*\*

Nije se moglo sa sigurnošću utvrditi kakav uticaj imaju tamnoklična zrna na tehnološki kvalitet i osobine glutena zbog dobijene diferencijacija pokazatelja.

## Literatura

- AACC. (1988). 74–09 Measurement of bread firmness by universal testing machine *Approved methods of the AACC*. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
- Aitken, T. R., & Geddes, W. F. (1934). The behaviour of strong flours of widely varying protein content when subjected to normal and severe baking procedures. *Cereal Chemistry*, *11*, 487–504.
- Aitken, T. R., & Geddes, W. F. (1939). The relation between protein content and strength of gluten–enriched flours. *Cereal Chemistry*, *16*, 223–231.
- Aja, S., Pérez, G., & Rosell, C. M. (2004). Wheat damage by *Aelia spp.* and *Erygaster spp.*: effects on gluten and water–soluble compounds released by gluten hydrolysis. *Journal of Cereal Science*, *39*(2), 187–193. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2003.10.001>
- Allen, H. M., Fleming, D. K., & Pan, H. Y. (2001). *Black point and product quality of wheat*. Paper presented at the Proceedings of the 51st Aust. Cereal Chem. Conference, Melbourne, Australia.
- Altaf, A., Atkins, I. M., Rooney, L. W., & Porter, K. B. (1969). Kernel dimensions, weight, protein content and milling yeild of grain from portions of wheat spike. *Crop Science*, *9*(3), 329–330.
- Altenbach, S. B., DuPont, F. M., Kothari, K. M., Chan, R., Johnson, E. L., & Lieu, D. (2003). Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal Science*, *37*(1), 9–20. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2002.0483>
- Anderson, O. D., & Bekes, F. (2011). Incorporation of high–molecular–weight glutenin subunits into doughs using 2 gram mixograph and extensigraphs. *Journal of Cereal Science*, *54*(3), 288–295. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2011.06.001>
- Antes, S., Birzele, B., Prange, A., Krämer, J., Meier, A., Dehne, . . . Köhler, P. (2001). Rheological and bread making properties of wheat samples infected with *Fusarium spp.* *Mycotoxin Research A*, *17*, 76–80.
- AOAC. (2000). 992.23 Crude Protein in Cereal Grains and Oilseed, Generic Combustion Method First Action 1992 *Official Method of Analysis of the AOAC International*, *17th ed.* Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists
- Australian–Wheat–Board. (2003–2004). AWB Wheat Receival Standard 2003–2004: Australian Wheat Board Limited.
- Barak, S., Mudgil, D., & Khatkar, B. S. (2013). Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties. *LWT – Food Science and Technology*, *51*(1), 211–217. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.011>

- Barbeau, W. E., Griffey, C. A., & Yan, Z. H. (2006). Evidence that minor sprout damage can lead to significant reductions in gluten strength of winter wheats. *Cereal Chemistry*, 83, 306–310.
- Basso, B., Fiorentino, C., Cammarano, D., Cafiero, G., & Dardanelli, J. (2012). Analysis of rainfall distribution on spatial and temporal patterns of wheat yield in Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 41, 52–65.
- Beasley, H. L., Uthayakumaran, S., Stoddard, F. L., Partridge, S. J., Daqiq, L., Chong, P., & Bekes, F. (2002). Synergistic and additive effects of three high molecular weight glutenin subunit loci. II. Effects on wheat dough functionality and end-use quality. *Cereal Chemistry*, 79, 301–307.
- Becthel, D. B., Kaleikau, L. A., Gaines, R. L., & Seitz, L. M. (1985). The effects of *Fusarium graminearum* infection on wheat kernels. *Cereal Chemistry*, 62, 191–197.
- Biddulph, T. B., Plummer, J. A., Setter, T. L., & Mares, D. J. (2008). Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. *Field Crops Research*, 107(2), 116–128. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2008.01.003>
- Bigiarini, L., Pieri, N., Grilli, I., Galleschi, L., A. Capocchi, & D. Fontanini. (1995). Hydrolysis of gliadin during germination of wheat seeds. *Journal of Plant Physiology* 147, 161–167.
- Bietz, J. A. (1987). Genetic and biochemical studies of nonenzymatic endosperm proteins. In E. G. Heyne (Ed.), *Wheat and Wheat Improvement* (second ed., pp. 195–201). Madison, USA: American Society of Agronomy.
- Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., & Rattan, O. (1995). Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. *Food Chemistry*, 5, 165–171.
- Bleuwx, W., Torrekens, S., Van Leuven, F., & Delcour, J. A. (1998). Purification, properties and N-terminal amino acid sequence of a wheat gluten aspartic proteinase. *Journal of Cereal Science*, 28(3), 223–232. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(98\)90002-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(98)90002-9)
- Banu, I., Stoenesc, G., Ionesc, V., & Aprodu, I. (2011). Estimation of the Baking Quality of Wheat Flours Based on Rheological Parameters of the Mixolab Curve *Czech Journal of Food Science* 29(1), 35–44.
- Bloksma, A. H. (1990). Dough structure, dough rheology, and baking quality. *Cereal Foods World*, 35, 237–244.
- Blumenthal, C., Bekes, F., Gras, P. W., Barlow, E. W. R., & Wrigley, C. W. (1995a). Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. *Cereal Chemistry*, 72, 539–544.
- Blumenthal, C., Gras, P. W., Bekes, F., Barlow, E. W. R., & Wrigley, C. W. (1995b). Possible role for the *Glu-D1* locus with respect to tolerance to dough-quality change after stress. *Cereal Chemistry*, 72, 135–136.
- Borghi, B., Corbellini, M., Ciaffi, M., Lafiandra, D., De Stefanis, E., Sgrulletta, S., . . . Di Fonzo, N. (1995). Effects of heat shock during grain filling on grain quality of bread and durum wheats. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46, 1365–1380.
- Borghi, B., Corbellini, M., Minoia, C., Palumbo, M., Di Fonzo, N., & Perenzin, M. (1997). Effects of Mediterranean climate on wheat bread-making quality. *European Journal of Agronomy*, 6(3–4), 145–154. doi: 10.1016/s1161-0301(96)02040-0

- Bordes, J., Branlard, G., Oury, F. X., Charmet, G., & Balfourier, F. (2008). Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection *Journal of Cereal Science*, 48, 569–579.
- Bowles, L. K. (1996). Amylolytic enzymes. I. In R. E. Hebeda & H. F. Zobel (Eds.), *Baked goods freshness: Technology, evaluation, and inhibition of staling* (pp. 105–129). New York, USA: NY: Marcel Dekker.
- Boyacıoğlu, D., & Hettiarachchy, N. S. (1995). Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with *Fusarium graminearum*. *Journal of Cereal Science*, 21(1), 57–62. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(95)80008-5)
- Branlard, G., & Dardevet, M. (1985). Diversity of grain protein and bread wheat quality: II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. *Journal of Cereal Science*, 3(4), 345–354. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(85\)80007-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(85)80007-2)
- Briones-Reyes, D., Gómez-Martínez, L., & Cueva-Rolón, R. (2007). Zearalenone contamination in corn for human consumption in the state of Tlaxcala, Mexico. *Food Chemistry*, 100(2), 693–698. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.027>
- Bucheli, B., Diserens, P., Rychener, M., Tieche, J. D., & Trenkner, N. (1996). Untersuchungen zum Fusarien Befall und zur Mykotoxinbelastung des schweizerischen Brotgetreides der Ernten 1992–1994. *Mitteilungen auf dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, 87, 84–102.
- Bunce, N. A. C., White, R. P., & Shewry, P. R. (1985). Variation in Estimates of Molecular Weights of Cereal Prolamins by SDS–PAGE. *Journal of Cereal Science*, 3(2), 131–142. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(85\)80023-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(85)80023-0)
- Búza (1998).
- Capouchová, I., Papoušková, L., Kostelanská, M., Prokinová, E., Škeříková, A., Hajšlová, J., . . . Faměra, O. (2012). Effect of different intensities of *Fusarium* infestation on grain yield, deoxynivalenol content and baking quality of winter wheat. *Romanian Agricultural Research*, 29, 297–306.
- Carceller, J. L., & Aussenac, T. (1999). Accumulation and changes in molecular size distribution of polymeric proteins in developing grains of hexaploid wheats: role of the desiccation phase. *Australian Journal of Plant Physiology*, 26, 301–310.
- Carceller, J.–L., & Aussenac, T. (2001a). SDS–insoluble glutenin polymer formation in developing grains of hexaploid wheat: the role of the ratio of high to low molecular weight glutenin subunits and drying rate during ripening. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28, 193–201.
- Carceller, J. L., & Aussenac, T. (2001b). Size Characterisation of Glutenin Polymers by HPSEC–MALLS. *Journal of Cereal Science*, 33(2), 131–142. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2000.0356>
- Cato, L., & Mills, C. (2008). Evaluation of the MixoLab for assessment of flour quality. *Food Australia* 60, 577–581.
- Chamberlain, N., Collins, T. H., & McDermott, E. E. (1983). The influence of alpha–amylase on loaf properties in the U.K. In J. H. a. J. Kratochvil (Ed.), *Progress in Cereal Science and Technology* (pp. 841–845). Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers.

- Chopin, M. (1921). Relations entre les proprietes mecaniques des pates de farines et la panification. *Bulletin de la Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, 133, 261.
- Ciaffi, M., Tozzi, L., Borghi, B., Corbellini, M., & Lafiandra, D. (1996). Effect of Heat Shock During Grain Filling on the Gluten Protein Composition of Bread Wheat. *Journal of Cereal Science*, 24(2), 91–100. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.1996.0042>
- CIE. (1976).
- Clarke, M. P., Gooding, M. J., & Jones, S. A. (2004). The effect of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg falling number, specific weight and black point winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 227–236.
- Clear, R. M., & Patrick, S. K. (2000). Fusarium head blight pathogens isolated from Fusarium-damaged kernels of wheat in western Canada, 1993 to 1998. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 22, 51–60.
- Cleemput, G., Hessing, M., van Oort, M., Deconynck, M., & Delcour, J. A. (1997). Purification and Characterization of a [beta]-D-Xylosidase and an Endo-Xylanase from Wheat Flour. *Plant Physiology*, 113(2), 377–386. doi: 10.1104/pp.113.2.377
- Colonna, P., & Buléon, A. (1992). *New insights on starch structure and properties*. Paper presented at the Cereal chemistry and technology: A long past and a bright future, Proceedings of the ninth international cereal and bread congress.
- Conner, R. L., Carefoot, J. M., Bole, J. B., & Kozub, G. C. (1992). The effect of nitrogen fertiliser and irrigation on black point incidence in soft white spring wheat. *Plant and Soil* 140, 41–47.
- Corbellini, M., Vaccino, P., Boggini, G., & Spina, A. (2001). The wheat bug: detection and damage caused to crops. *Tecnica Molitoria*, 52, 743–747.
- Daniel, C., & Triboi, E. (2000). Effects of Temperature and Nitrogen Nutrition on the Grain Composition of Winter Wheat: Effects on Gliadin Content and Composition. *Journal of Cereal Science*, 32(1), 45–56. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2000.0313>
- Debaeke, P., Aussenac, T., Fabre, J. L., Hilaire, A., Pujol, B., & Thuries, L. (1996). Grain nitrogen content of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) as related to crop management and to the previous crop. *European Journal of Agronomy*, 5(3–4), 273–286. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301\(96\)02038-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(96)02038-2)
- Denčić, S., Obreht, D., Kobiljski, B., Štatkčić, S., & Bede, B. (2008). *Genetic determination of breadmaking quality in wheat*. Paper presented at the 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia.
- Detrixhe, P., Chandelier, A., Cavelier, M., Buffet, D., & Oger, R. (2003). Development of an agro-meteorological model integrating leaf wetness duration estimation to assess the risk of head blight infection in wheat. *Aspects of Applied Biology*, 68, 199–204.
- Dexter, D. E., Clear, R. M., & Preston, K. R. (1996). *Fusarium* head blight: Effect on milling and baking of some Canadian wheats. *Cereal Chemistry*, 73, 695–701.
- Dexter, D. E., & Edwards, N. M. (1997). *The Implications of Frequently Encountered Grading Factors on the Processing Quality of Common Wheat*. Winnipeg, Manitoba, Canada: Canadian Grain Commission, Grain Research Laboratory.



- Dexter, J. E. (1993). End–use quality implications of grading factors in wheat. In E. J. Bass (Ed.), *Grain and Oilseeds: Handling, Marketing, Processing* (4th ed., pp. 697–722). Winnipeg, Canada: Canadian International Grains Institute.
- Dobraszczyk, B. J. (1997). Development of a new dough inflation system to evaluate doughs. *Cereal Foods World*, 42, 516–519.
- Dobraszczyk, B. J., & Morgenstern, M. P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38, 229–245.
- Dobraszczyk, B. J., & Roberts, C. A. (1994). Strain hardening and dough gas cell–wall failure in biaxial extension. *Journal of Cereal Science* 20, 265–274.
- Don, C., Lookhart, G., Naeem, H., MacRitchie, F., & Hamer, R. J. (2005). Heat stress and genotype affect the glutenin particles of the glutenin macropolymer–gel fraction. *Journal of Cereal Science*, 42(1), 69–80. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2005.01.005>
- Dumur, J., Jahier, J., Dardevet, M., Chiron, H., Tanguy, A.–M., & Branlard, G. (2010). Effects of the replacement of *Glu–A1* by *Glu–D1* locus on agronomic performance and bread–making quality of the hexaploid wheat cv. Courtot. *Journal of Cereal Science*, 51, 175–181.
- Dunaevsky, Y. E., Sarbakanova, S. T., & Belozersky, M. A. (1989). Wheat seed carboxypeptidase and joint action on gliadin of proteases from dry and germinating–seeds. *Journal of Experimental Botany*, 40, 1323–1239.
- DuPont, F. M., Altenbach, S., Chan, R., Cronin, K., & Lieu, D. (2000). Interactions between fertilizer, temperature and drought in determining flour composition and quality for bread wheat. In P. R. Shewry & A. S. Tatham (Eds.), *Wheat gluten* (pp. 488–491). Cambridge, UK: Gluten Royal Society of Chemistry.
- Dupont, F. M., & Altenbach, S. B. (2003). Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*, 38(2), 133–146. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733–5210\(03\)00030–4](http://dx.doi.org/10.1016/S0733–5210(03)00030–4)
- DuPont, F. M., Chan, R., & Lopez, R. (2007). Molar fractions of high–molecular–weight glutenin subunits are stable when wheat is grown under various mineral nutrition and temperature regimens. *Journal of Cereal Science*, 45(2), 134–139. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2006.07.008>
- Edwards, N. M., Dexterl, J. E., & Scanlon, M. G. (2001). The use of rheological techniques to elucidate durum wheat dough strength properties. *ICHEAP–5*, 2, 825–830.
- Egli, D. B. (1998). *Seed biology and the yield of grain crops* Wallingford, Oxon; New York; USA CAB International.
- El–Haramain, F. J., Williams, P. C., & Rashwani, A. (1984). A simple test for the degree of damage caused in wheat by suni bug (*Eurygaster spp.*) infestation. *Rachis*, 3, 11–17.
- Eliasson, A.–C., & Larsson, K. (1993). *Cereals in breadmaking A molecular colloidal approach*. New York, NY, USA: Marcel Dekker.
- Every, D. (1992). Relationship of bread baking quality to levels of visible wheat–bug damage and insect proteinase activity in wheat. *Journal of Cereal Science*, 16(2), 183–193. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733–5210\(09\)80150–1](http://dx.doi.org/10.1016/S0733–5210(09)80150–1)
- Ewart, J. A. D. (1990). Comments on recent hypothesis for glutenin. *Food Chemistry*, 38, 159–169.

- Feher, J. (2012). 2.3 – Protein Structure. In J. Feher (Ed.), *Quantitative Human Physiology* (pp. 100–109). Boston: Academic Press.
- Fernandez, M. R., DePauw, R. M., Clarke, M. P., & Fox, S. L. (1998). Discoloration of wheat kernels by *Pyrenophora tritici-repentis*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 20, 380–383.
- Field, J. M., Bhandari, D., Bonet, A., Underwood, C., Darlington, H., & Shewry, P. (2008). Introgression of transgenes into a commercial cultivar confirms differential effects of HMW subunits 1Ax1 and 1Dx5 on gluten properties. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 457–463. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.10.010>
- Finney, K. F., Meyer, J. W., Smith, F. W., & Fryer, H. C. (1957). Effect of foliar spraying of pawnee wheat with urea solutions on yeild, protein content, and protein quality. *Agronomy Journal*, 49, 341–347.
- FINS. (2007). Određivanje sadržaja vlage i proteina primenom Infratec–a 1241 FINSLab–5.4–3M–001 interna metoda. Novi Sad, Srbija: Institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu.
- Gálová, Z., Michalik, I., Knoblochova, H., & Gregova, E. (2002). Variation in HMW glutenin subunits of different species of wheat. *Rostlinna Vyroba*, 48, 15–19.
- Garrido-Lestache, E., López-Bellido, R. J., & López-Bellido, L. (2004). Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 85(2–3), 213–236. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00167-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00167-9)
- Gartner, B. H., Munich, M., Kleijer, G., & Mascher, F. (2008). Characterisation of kernel resistance against Fusarium infection in spring wheat by baking quality and mycotoxin assessments. *European Journal of Plant Pathology*, 120, 61–68.
- Gibson, L. R., McCluskey, P. J., Tilley, K. A., & Paulsen, G. M. (1998). Quality of hard red winter wheat grown under high temperature conditions during maturation and ripening. *Cereal Chemistry*, 75, 421–427.
- Gibson, L. R., & Paulsen, G. M. (1999). Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, 39, 1841–1846.
- Gil-Humanes, J., Pistón, F., Rosell, C. M., & Barro, F. (2012). Significant down-regulation of  $\gamma$ -gliadins has minor effect on gluten and starch properties of bread wheat. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 161–170. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2012.02.009>
- Gil, D. H., Bonfil, D. J., & Svoray, T. (2011). Multi scale analysis of the factors influencing wheat quality as determined by Gluten Index. *Field Crops Research*, 123(1), 1–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2011.04.001>
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 12–30.
- Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R., & Schofield, J. D. (2003). Effects of Restricted Water Availability and Increased Temperature on the Grain Filling, Drying and Quality of Winter Wheat. *Journal of Cereal Science*, 37(3), 295–309. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2002.0501>
- Goswami, A. K., & Sehgal, K. L. (1969). Quality evaluation of wheat grains with black point disease caused by *Helminthosporium sativum* and *Alternaria tenuis*. *Journal of Food Science and Technology*, 6, 35–37.

- Gras, P. W., Anderssen, R.S., Keentock, M., Bekes, F., & Appels, R. (2001). Gluten protein functionality in wheat flour processing: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(12), 1311–1323.
- Graybosch, R. A., Peterson, C. J., Baenziger, P. S., & Shelton, D. R. (1995). Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. *Journal of Cereal Science*, 22(1), 45–51. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(05\)80006-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(05)80006-2)
- Gupta, R. B., Masci, S., Lafiandra, D., Bariana, H. S., & MacRitchie, F. (1996). Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheats. *Journal of Experimental Botany*, 47(9), 1377–1385. doi: 10.1093/jxb/47.9.1377
- Gupta, R. B., & Shepherd, K. W. (1990). Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutelin. 1. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats. *Theoretical and Applied Genetics*, 80, 65–74.
- Gupta, R. B., Shepherd, K. W., & MacRitchie, F. (1991). Genetic control and biochemical properties of some high molecular weight albumins in bread wheat. *Journal of Cereal Science*, 13(3), 221–235. doi: 10.1016/s0733-5210(09)80002-7
- Gupta, R. B., Singh, N. K., & Shepard, K. W. (1989). The cumulative effect of allelic variations in LMW and HMW glutenin subunits and physical dough properties in progeny of two bread wheats. *Theoretical and Applied Genetics*, 77, 57–64.
- Halford, N. G., Forde, J., Anderson, O. D., Greene, F. C., & Shwery, P. R. (1987). The nucleotide and deduced amino acid sequences of an HMW glutenin subunit gene from chromosome 1B of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and comparison with those of genes from chromosomes 1A and 1D. *Theoretical and Applied Genetics*, 75, 117–126.
- Hamer, R. J., Weegels, P. L., & Marseille, J. P. (1992). Prediction of the breadmaking quality of wheat: the Use of HMW glutenin-A subunit-based quality scoring systems. *Journal of Cereal Science*, 15(1), 91–102. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80059-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80059-3)
- Harberd, N. P., Bartels, D., & Thompson, R. D. (1986). DNA restriction-fragment variation in the gene family encoding high molecular weight (HMW) glutenin subunits of wheat. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Biochemical Genetics*, 24(7–8), 579–596.
- Hariri, G., Williams, P. C., & El-Haramein, F. J. (2000). Influence of Pentatomid Insects on the Physical Dough Properties and Two-layered Flat Bread Baking Quality of Syrian Wheat. *Journal of Cereal Science*, 31(2), 111–118. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.1999.0294>
- Henry, R. J. (1985). A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36, 1243–1253.
- Horvat, D., Kurtanjek, Z., Drezner, G., Šimic, G., & Magdić, D. (2009). Effect of HMM glutenin subunits on wheat quality attributes. *Food Technology and Biotechnology*, 47, 253–259.
- Horvat, D., Đukić, N., Magdić, D., Mastilović, J. S., Šimić, G., Torbica, A., & Živančev, D. (2013). Characterization of Bread Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.) by Glutenin Proteins. *Cereal Research Communications*, 41(1), 133–140. doi: DOI:10.1556/CRC.2012.0021

- Högy, P., & Fangmeier, A. (2008). Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on grain quality of wheat. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 580–591. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.006>
- Hrckova, M., Rusnakova, M., & Zemanovic, J. (2002). Enzymatic hydrolysis of defatted soy flour by three different proteases and their effect on the functional properties of resulting protein hydrolysates. *Czech Journal of Food Science*, 2, 7–14.
- Huebner, F. R., Bietz, J. A., Nelsen, T. C., Bains, G. S., & Finney, P. L. (1999). Soft wheat quality as related to protein composition. *Cereal Chemistry*, 76(5), 650–655.
- ICC. (1996). Standard Method. No. 107/1 Determination of the “Falling Number” according to Hagberg – Perten as a Measure of the Degree of Alpha –Amylase Activity in Grain and Flour. Vienna, Austria: International Association for Cereal Science and Technology.
- ICC. (1996). Standard Method. No. 121 Method for using Chopin–Alveograph. Vienna, Austria: International Association for Cereal Science and Technology.
- ICC. (1996). Standard Method. No. 137/1 Mechanical Determination of the Wet Gluten Content of Wheat Flour (Perten Glutomatic). Vienna, Austria: International Association for Cereal Science and Technology.
- ICC. (1996). Standard Method. No. 155 Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. to Perten ) of Whole Wheat Meal and Wheat Flour (*Triticum aestivum*). Vienna, Austria: International Association for Cereal Science and Technology
- ICC. (2011). Standard Method. No. 173 Whole Meal and Flour from *T. aestivum* – Determination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase. Vienna, Austria: International Association for Cereal Science and Technology.
- Indrani, D., Swetha, P., Soumya, C., Rajiv, J., & Venkateswara Rao, G. (2011). Effect of multigrains on rheological, microstructural and quality characteristics of north Indian parotta – An Indian flat bread. *LWT – Food Science and Technology*, 44(3), 719–724. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.017>
- Jelaca, S. L., & Hlynca, I. (1971). Water binding capacity of wheat flour crude pentosans and their relation to mixing characteristics of dough. *Cereal Chemistry*, 48, 211–222.
- Jelaca, S. L., & Hlynca, I. (1972). Effect of wheat–flour pentosans in dough, gluten and bread. *Cereal Chemistry*, 49, 489–495.
- Johansson, E., Oscarson, P., Heneen, W. K., & Lundborg, T. (1994). Differences in accumulation of storage proteins between wheat cultivars during development. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22, 358–364.
- Johnson, V. A., & Mattern, P. J. (1987). Wheat, rye and triticale. In R. A. Olson & K. J. Frey (Eds.), *Nutritional Quality of Cereal Grains: Genetic and Agronomy Improvements* (pp. 133–182). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Inc.
- Jones, R. K., & Mirocha, C. J. (1999). Quality parameters in small grains from Minnesota affected by *Fusarium* head blight. *Plant Disease*, 83, 506–511.
- Kaluđerski, G., Filipović, N (1998). Laboratorijsko mlevenje pšenice *Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda* (pp. 62–70). Novi Sad, SRJ

- Jugoslavija: Tehnološki fakultet u Novom Sadu, SRJ Jugoslavija, Zavod za tehnologiju žita i brašna.
- Kasarda, D. D., Da-Roza, D. A., & Ohms, J. I. (1974). N-terminal sequence of alpha 2-gliadin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 209, 154–162.
- Kasarda, D. D., Lafiandra, D., Morris, R., & Shwery, P. R. (1984). *Genetic relationships of wheat gliadin protein*. Paper presented at the 3rd Symp. Seed Proteins, Kulturpflanzen.
- Khatkar, B. S., Bell, A. E., & Schofield, J. D. (1995). The dynamic rheological properties of gluten and gluten sub-fractions from wheats of good and poor bread making quality. *Journal of Cereal Science*, (22), 29–44.
- Khelifi, D., & Branlard, G. (1992). The Effects of HMW and LMW subunits of glutenin and of gliadins on the technological quality of progeny from four crosses between poor breadmaking quality and strong wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*, 16(3), 195–209. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80084-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80084-2)
- Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M. H., & Graveland, A. (1998). Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a Micro-scale. *Journal of Cereal Science*, 27, 53–60.
- King, J. E., Evers, A. D., & Stewart, B. A. (1981). Black point of grain in spring wheats of the 1971 harvest. *Plant Pathology*, 30, 51–53.
- Kobata, T., Palta, J. A., & Turner, N. C. (1992). Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Science*, 32, 1238–1242.
- Kozmin, N. (1933). Biochemical characterisitc of dough and bread from sprouted grain. *Cereal Chemistry*, 10, 420.
- Kokkonen, M., Ojala, L., Parikka, P., & Jestoi, M. (2010). Mycotoxin production of selected *Fusarium* species at different culture conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 143, 17–25.
- Kretovich, V. L. (1944). Biochemistry of the damage to grain by wheat bug. *Cereal Chemistry*, 21, 1–16.
- Kruger, J. E. (1972). Changes in the amylases of Hard Red Spring Wheat during germination. *Cereal Chemistry*, 49, 391–398.
- Ktenioudaki, A., Butler, F., & Gallagher, E. (2011). Dough characteristics of Irish wheat varieties II. Aeration profile and baking quality. *LWT – Food Science and Technology*, 44(3), 602–610. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.015>
- Kulp, K., Rroewe-Smith, P., & Lorenz, K. (1983). Preharvest sprouting of Winter Wheat. I Rheological Properties of Flours and Physicochemical Characteristics of Starch. *Cereal Chemistry*, 60(5), 335–359.
- Kurtanjek, Ž., Horvat, D., Magdić, D., & Drezner, G. (2008). Factor analysis and modelling for rapid quality assessment of Croatian Wheat cultivars with different gluten characteristics. *Food Technology and Biotechnology*, 46, 270–277.
- Kuschel, M. N., T. Barthmaier, P. & Kratzmeiera, M. (2002). Use of Lab-on-a-Chip technology for protein sizing and quantitation. *Journal of Biomolecular Technique*, 13, 172–178.
- Lafiandra, D., Masci, S., D'ovidio, R., & Margiotta, B. (2000). The genetics of wheat gluten proteins: An overview. In P. R. Shwery & A. S. Tatham (Eds.), *Wheat Gluten* (pp. 3–10). Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.

- Lanza, E., Jone, D. Y., Block, G., & Kessler, L. (1987). Dietary fiber intake in the U.S. population. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46, 790–797.
- Larsson, H., & Eliasson, A.-C. (1997). Influence of the starch granule surface on the rheological behaviour of wheat flour dough. *Journal of Texture Studies*, 28, 487–501.
- Launay, B., Bure, J., & Praden, J. (1977). Use of the Chopin Alveograph as a rheological tool. I. Dough deformation measurements. *Cereal Chemistry*, 54, 1042–1048.
- Lawrence, G. J., MacRitchie, F., & Wrigley, C. W. (1988). Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunits controlled by the Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 loci. *Journal of Cereal Science*, 7(2), 109–112. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(88\)80012-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(88)80012-2)
- Lindsay, M. P., & Skerrit, J. H. (1999). The glutenin macropolymer of wheat flour doughs: structure–function perspectives. *Trends in Food Science Technology*, 10, 247–253.
- Lookhart, G. (1991). Cereal Proteins: Composition of Their Major Fractions and Methods for Identification. In K. L. Kulp, K. (Ed.), *Handbook of Cereal Science and Technology* (pp. 441–468). New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc.
- López-Bellido, L., López-Bellido, R. J., Castillo, J. E., & López-Bellido, F. J. (2001). Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Research*, 72(3), 197–210. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00177-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00177-0)
- Lorenz, K., & Meredith, P. (1988). Insect-damaged wheat effects on starch characteristics. *Starch*, 40, 136–139.
- Lorenz, K., Roewe-Smith, P., Kulp, K., & Bates, L. (1983). Preharvest sprouting of winter wheat. II. Amino acid composition and functionality of flour and flour fractions. *Cereal Chemistry*, 60, 360–366.
- Lorenz, K., & Valvano, R. (1981). Functional characteristics of sprout-damaged soft white wheat flours. *Journal of Food Science*, 46, 1018–1020.
- Lorenz, K., & Valvano, R. (2006). Functional characteristics of sprout-damaged soft white wheat flours. *Journal of Food Science*, 46, 1018–1020.
- Luo, C., Griffin, W. B., Branlard, G., & McNeil, D. L. (2001). Comparison of low- and high molecular-weight wheat glutenin allele effects on flour quality. *Theoretical and Applied Genetics*, 102(6–7), 1088–1098. doi: 10.1007/s001220000433
- MacRitchie, F. (1985). Studies of the methodology for fractionation and reconstitution of wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 3(3), 221–230. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(85\)80015-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(85)80015-1)
- MacRitchie, F. (1992). Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. *Advances in Food and Nutrition Research*, 36, 1–87.
- MacRitchie, F., Kasarda, D. D., & Kuzmick, D. D. (1991). Characterization of wheat protein fractions differing in contributions to breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 68, 122–130.
- MacRitchie, F., & Lafiandra, D. (2001). The use of near-isogenic wheat lines to determine protein composition–functionality relationship. *Cereal Chemistry*, 78 (5), 501–506.
- Mak, Y., Willows, R. D., Roberts, T. H., Wrigley, C. W., Sharp, P. J., & Copeland, L. (2006). Black point is associated with reduced levels of stress, disease- and

- defence-related proteins in wheat grain. *Molecular Plant Pathology*, 7(3), 177–189.
- Mann, G., Diffey, S., Allen, H., Pumpa, J., Nath, Z., Morell, M. K., . . . Smith, A. (2008). Comparison of small-scale and large-scale mixing characteristics: Correlations between small-scale and large-scale mixing and extensional characteristics of wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*, 47(1), 90–100. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.03.001>
- Mares, D. J., & Stone, B. A. (1973). Studies on wheat endosperm. II. Properties of the wall components and studies on their organization in the wall. *Australian Journal of Biological Sciences*, 26, 813–830.
- Martínez-Anaya, M. A., & Jiménez, T. (1997). Functionality of enzymes that hydrolyse starch and non-starch polysaccharide in breadmaking. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, 205, 209–214.
- Masci, S., D'Ovidio, R., Lafiandra, D., & Kasarda, D. D. (1998). Characterization of a Low-Molecular-Weight Glutenin Subunit Gene from Bread Wheat and the Corresponding Protein That Represents a Major Subunit of the Glutenin Polymer. *Plant Physiology*, 118(4), 1147–1158. doi: 10.1104/pp.118.4.1147
- Mastilović, J. S., Horvat, D. I., Živančev, D. R., Torbica, A. M., Kevrešan, Ž. S., Đukić, N., . . . Šimić, G. H. Analysis of interrelations between wheat protein fractions composition and its technological quality with combined multivariate and univariate statistics. *Hemijska Industrija*(0). DOI:10.2298/HEMIND130313057M
- Menkovska, M., Knežević, D., & Ivanoski, M. (2002). Protein allelic composition, dough rheology, and baking characteristics of flour mill streams from wheat cultivars with known and varied baking qualities. *Cereal Chemistry*, 79(5), 720–725.
- Metakovsky, E. V. (1991). Gliadin allele identification in common wheat II. Catalogue of gliadin alleles in common wheat. *Journal of Genetics and Breeding*, 45, 325–344.
- Metakovsky, E. V., Novoselskaya, A. Y., & Sozinov, A. A. (1984). Genetic analysis of gliadin components in winter wheat using two-dimensional polyacrylamide gel-electrophoresis. *Theoretical and Applied Genetics*, 69, 31–37.
- Metakovsky, E. V., Wrigley, C. W., Bekes, F., & Gupta, R. B. (1990). Gluten polypeptides as useful genetic markers of dough quality in Australian wheats. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41, 289–306.
- Meteorološki godišnjak – Meteorološka opservatorija Novi Sad. (2008). Novi Sad, Republika Srbija: Republički hidrometeorološki zavod Srbije.
- Meteorološki godišnjak – Meteorološka opservatorija Novi Sad. (2009). Novi Sad, Republika Srbija: Republički hidrometeorološki zavod Srbije.
- Meteorološki godišnjak – Meteorološka opservatorija Novi Sad. (2010). Novi Sad, Republika Srbija: Republički hidrometeorološki zavod Srbije.
- Meyer, D., Weipert, D., & Mielke, H. (1986). Beeinflussung der Qualität von Weizen durch den Befall mit *Fusarium culmorum*. *Getreide Mehl und Brot*, 2, 35–39.
- Miller, B. S., Hays, B., & Johnson, J. A. (1956). Correlation of Farinograph, Mixograph, sedimentation and baking data for hard red winter wheat flour samples varying widely in quality. *Cereal Chemistry*, 33, 277–290.

- Miš, A., & Dziki, D. (2013). Extensograph curve profile model used for characterising the impact of dietary fibre on wheat dough. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 471–479. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2013.02.004>
- Morrison, W. R., & Gadan, H. (1987). The amylose and lipid contents of starch granules in developing wheat endosperm. *Journal of Cereal Science*, 5, 263–275.
- Ng, P. K. W., & Bushuk, W. (1988). Statistical relationships between high molecular weight subunits of glutenin and breadmaking quality of Canadian-grown wheats. *Cereal Chemistry*, 65, 408–424.
- Nielsen, P. M., Petersen, D., & Dambmann, C. (2001). Improved Method for Determining Food Protein Degree of Hydrolysis. *Journal of Food Science*, 66(5), 642–646.
- Osborne, T. B. (1907). The proteins of wheat kernel. Washington DC: Carnegie Institute.
- Panozzo, J. F., Eagles, H. A., & Wootton, M. (2001). Changes in protein composition during grain development in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52, 485–493.
- Panozzo, J. F., & Eagles, H. E. (2000). Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51, 629–636.
- Panyam, D., & Arun, K. (1996). Enhancing the functionality of food protein by enzymatic modification. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 120–125.
- Papoušková, L., Capouchová, I., Kostelanská, M., Škeříková, A., Prokinová, E., Hajšlová, J., . . . Faměra, O. (2011). Changes in baking quality of winter wheat with different intensity of fusarium spp. contamination detected by means of new rheological system mixolab. *Czech Journal of Food Science*, 29(4), 420–429.
- Parry, D. W., Jenkinson, P., & McLeod, L. (1995). *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathology*, 44, 207–238.
- Payne, P. I., Holt, L. M., Harinder, K., Macartney, D. P., & Lawrence, G. J. (1987b). *The use of near-isogenic lines with different HMW glutenin subunits in studying breadmaking quality and glutenin structures*. Paper presented at the 3rd Int. Workshop on Gluten Proteins, Singapore.
- Payne, P. I., Holt, L. M., Jackson, E. A., Law, C. N., & Damania, A. B. (1984). Wheat Storage Proteins: Their Genetics and Their Potential for Manipulation by Plant Breeding [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 304(1120), 359–371. doi: 10.2307/2396200
- Payne, P. I., Holt, L. M., & Law, C. N. (1981). Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. *Theoretical and Applied Genetics*, 60(4), 229–236. doi: 10.1007/bf02342544
- Payne, P. I., & Lawrence, G. J. (1983). Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Research Communications*, 11, 29–35.
- Payne, P. I., Nightingale, M. A., Krattiger, A. F., & Holt, L. M. (1987a). The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 40(1), 51–65. doi: 10.1002/jsfa.2740400108



- Pena, R. J., Amaya, A., Rajaram, S., & Mujeeb-Kazi, A. (1990). Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats. *Journal of Cereal Science*, 12(2), 105–112. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80092-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80092-1)
- Pérez, G., Bonet, A., & Rosell, C. M. (2005). Relationship between gluten degradation by *Aelia spp* and *Eurygaster spp* and protein structure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(7), 1125–1130. doi: 10.1002/jsfa.2078
- Pestorić, M., Pojić, M., Mastilović, J., Šimurina, O., Tasić, T., Živančev, D., & Šoronja Simović, D. (2008). Sensory evaluation of traditional bread in Vojvodina. *Food Processing Quality and Safety*, 35, 99–112.
- Peterson, C. J., Graybosch, R. A., Shelton, D. R., & Baenziger, P. S. (1998). Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains. *Euphytica*, 100(1–3), 157–162. doi: 10.1023/a:1018361502435
- Pierre, C. S., Peterson, C. J., Ross, A. S., M.C., J. B. O., Verhoeven, Larson, M., & Hofer, B. (2008). Winter wheat genotypes under different levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition. *Journal of Cereal Science*, 47, 407–416.
- Pirozi, M. R., Margiotta, B., Lafiandra, D., & MacRitchie, F. (2008). Composition of polymeric proteins and bread-making quality of wheat lines with allelic HMW-GS differing in number of cysteines. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 117–122. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.08.011>
- Pleijel, H., Danielsson, H., Gelang, J., Sild, E., & Selldén, G. (1998). Growth stage dependence of the grain yield response to ozone in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 70(1), 61–68. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00167-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00167-9)
- Pogna, N., Lafiandra, D., Feillet, P., & Autran, J. C. (1988). Evidence for a direct causal effect of low molecular weight subunits of glutenins on gluten viscoelasticity in durum wheats. *Journal of Cereal Science*, 7(3), 211–214. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(88\)80001-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(88)80001-8)
- Pomeranz, Y., Peterson, C. J., & Mattern, P. J. (1985). Hardness of winter wheats grown under widely different climatic conditions. *Cereal Chemistry*, 62, 463–467.
- Pomeranz, Y., Shogren, M. D., Finney, K. F., & Bechtel, D. B. (1977). Fiber in breadmaking—effects on functional properties. *Cereal Chemistry*, 54(1), 25–41.
- Pomeranz, Y., & Williams, P. C. (1990). Wheat hardness: its genetics, structural, and biochemical background, measurement, and significance. In Y. Pomeranz (Ed.), *Advanced in cereal Science and Technology* (pp. 471–548). St. Paul, MN, USA AACC.
- Popineu, Y., Cornec, M., Lefebvre, J., & Marchylo, B. (1994). Influence of High Mr Glutenin Subunits on Glutenin Polymers and Rheological Properties of Glutens and Gluten Subfractions of Near-isogenic Lines of Wheat Sicco. *Journal of Cereal Science*, 19, 231–241.
- Popov-Raljić, J. V., Mastilović, J. S., Laličić-Petronijević, J. G., & Popov, V. S. Investigations of bread production with postponed staling applying instrumental measurements of bread crumb color. *Sensors*, 9, 8613–8623. doi: 10.3390/s91108613
- Prange, A., Birzele, B., Krämer, J., Meier, A., Modrow, H., & Köhler, P. (2005). Fusarium-inoculated wheat: deoxynivalenol contents and baking quality in

- relation to infection time. *Food Control*, 16(8), 739–745. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.06.013>
- Prasada Rao, U. J. S., Vatsala, C. N., & Haridas Rao, P. (2002). Changes in protein characteristics during the processing of wheat into flakes. *European Food Research and Technology*, 215, 322–326.
- Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (1988).
- Rakszegi, M., Pastori, G., Jones, H. D., Békés, F., Butow, B., Láng, L., . . . Shewry, P. R. (2008). Technological quality of field grown transgenic lines of commercial wheat cultivars expressing the 1Ax1 HMW glutenin subunit gene. *Journal of Cereal Science*, 47(2), 310–321. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.04.010>
- Randall, P. J., & Moss, H. J. (1990). Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41, 603–617.
- Rath, C. R., Gras, P. W., Wrigley, C. W., & Walker, C. E. (1990). Evaluation of dough properties from two grams of flour using the Mixograph principle. *Cereal Foods World*, 35, 572–574.
- Rees, R. G., Martin, D. J., & Law, D. P. (1984). Black point in bread wheat: Effects on quality and germination, and fungal associations. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 24, 601–605.
- Rhazi, L., Bodard, A.-L., Fathollahi, B., & Aussenac, T. (2009). High throughput microchip-based separation and quantitation of high-molecular-weight glutenin subunits. *Journal of Cereal Science*, 49, 272–277.
- Rhazi, L., Cazalis, R., Lemelin, E., & Aussenac, T. (2003). Changes in the glutathione thiol-disulfide status during wheat grain development. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41(10), 895–902. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0981-9428\(03\)00134-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0981-9428(03)00134-7)
- Rosell, C. M., Aja, S., & Sadowska, J. (2002). Amylase activities in insect (*Aelia* and *Eurygaster*)-damaged wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(9), 977–982. doi: 10.1002/jsfa.1138
- Rosell, C. M., Santos, E., & Collar, C. (2010). Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab®. *European Food Research and Technology*, 231, 535–544.
- Rothkaehl, J. (2000). Ocena stopnia aktywnosci  $\alpha$ -amylazy przy zastosowaniu amylografu. *Przegląd Zbozowo-Mylnarski*, 12, 21–23.
- Ruml, M., Vuković, A., Vujadinović, M., Djurdjević, V., Ranković-Vasić, Z., Atanacković, Z., . . . Petrović, N. (2012). On the use of regional climate models: Implications of climate change for viticulture in Serbia. *Agricultural and Forest Meteorology* 158–159, 53–62.
- Santin, E. (2005). Mould growth and mycotoxin production *Evaluating the impact of Mycotoxins in Europe* (pp. 58–68). Altech, USA.
- Schropp, P., & Wieser, H. (1996). Effects of high molecular weight subunits of glutenin on the rheological properties of wheat gluten. *Cereal Chemistry*, 73, 410–413.
- Schuler, S. F., Bacon, R. K., Finney, P. L., & Gbur, E. E. (1995). Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in soft red winter wheat. *Crop Science*, 35(4), 949–963.

- Seitz, L. M., Eustace, W. D., Mohr, H. E., Shogren, M. D., & Yamazaki, W. T. (1986). Cleaning, milling, and baking tests with hard red winter wheat containing deoxynivalenol. *Cereal Chemistry*, 63, 146–150.
- Shafqat, S. (2013). *Effect of Different Sprouting Conditions on Alpha Amylase Activity, Functional Properties of Wheat Flour and on Shelf-Life of Bread Supplemented with Sprouted Wheat*. University of Guelph.
- Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(6), 1537–1553.
- Shewry, P. R., Halford, N. G., & Tatham, A. S. (1989). The high molecular weight subunits of wheat, barley and rye: genetics, molecular biology, chemistry and role in wheat structure and functionality. *Oxford Surveys of Plant Molecular and Cell Biology*, 6, 163.
- Shewry, P. R., Halford, N. G., & Tatham, A. S. (1992). High molecular weight subunits of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science*, 15(2), 105–120. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80062-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80062-3)
- Shibanuma, K., Takeda, Y., Hizukuri, S., & Shibata, S. (1994). Molecular-structures of some wheat starches. *Carbohydrate Polymers*, 25, 111–116.
- Simsek, S., Ohm, J.-B., Lu, H., Rugg, M., Berzonsky, W., Alamri, M. S., & Mergoum, M. (2013). Effect of Pre-harvest Sprouting on Physicochemical Changes of Proteins in Wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, n/a–n/a. doi: 10.1002/jsfa.6229
- Singh, H., & MacRitchie, F. (2001a). Use of sonication to probe wheat gluten structure. *Cereal Chemistry*, 78, 526–529.
- Singh, H., & MacRitchie, F. (2001b). Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 33, 231–243.
- Singh, N. K., Donovan, R., & MacRitchie, F. (1990). Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as measure of breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 67, 161–170.
- Singh, N. K., & Shepherd, K. W. (1985). The structure and genetic control of a new class of disulphide-linked proteins in wheat endosperm. *Theoretical and Applied Genetics*, 71(1), 79–92. doi: 10.1007/bf00278258
- Singh, N. K., & Shepherd, K. W. (1987). Solubility behaviour, synthesis, degradation and subcellular location of a new class of disulfide-linked proteins in wheat endosperm. *Australian Journal of Plant Physiology*, 14 (3), 245–252.
- Sivri, D., Koxsel, H., & Bushuk, W. (1998). Effect of wheat bug (*Eurygaster maura*) proteolytic enzymes on electrophoretic properties of gluten proteins. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 26, 117–125.
- Sivri, D., Sapirstein, H. D., Koxsel, H., & Bushuk, W. (1999). Effect of wheat bug (*Eurygaster maura*) protease on glutenin proteins. *Cereal Chemistry*, 76, 816–820.
- Skendi, A., Biliaderis, C. G., Papageorgiou, M., & Izydorczyk, M. S. (2010). Effects of two barley  $\beta$ -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, 119(3), 1159–1167. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.030>
- Slaughter, D. C. (1989). *Guide to wheat hardness* Springfield, VA, USA: USDA-ARS, ARS 79, National Technology Information Service

- Sofield, I., Evans, L. T., Cook, M. G., & Wardlaw, I. F. (1977). Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 4, 785–797.
- Sozinov, A. A., & Poperelya, F. A. (1980). Genetic classification of prolamins and its use for plant breeding. *Annals of Technology and Agriculture*, 29, 229–245.
- Spiertz, J. H. J., Hamer, R. J., Xu, H., Primo–Martin, C., Don, C., & van der Putten, P. E. L. (2006). Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): Effects on grain growth and quality traits. *European Journal of Agronomy*, 25(2), 89–95. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2006.04.012>
- Spies, R. (1990). Application of rheology in the bread industry. In H. F. Faridi, J.M. (Ed.), *Dough Rheology and Baked Product Texture* (pp. 343–361). New York, USA: Van Nostrand Reinhold.
- SRPS E.B1. 200 Pšenica kao sirovina za mlisnku industriju – opšti uslovi kvaliteta (1978).
- STATISTICA (Data Analysis Software System), version 10. StatSoft, Inc, Tulsa, OK, USA (2011) ([www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)).
- Stauffer, C. E. (1987). Protease, peptidase and inhibitors. In J. E. Kruger, D. Lineback & C. E. Stauffer (Eds.), *Enzymes and their role in cereal technology* (pp. 201–237). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemist, Inc.
- Stone, P., & Savin, R. (1999). Grain quality and its physiological determinants. In E. H. Satorre & G. A. Slafer (Eds.), *Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination* (pp. 85–120). New York; USA: Food Products Press/The Haworth Press.
- Stone, P. J., & Nicolas, M. E. (1996). Varietal difference in mature protein composition of wheat resulted from different rates of polymer accumulation during grain filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23, 727–737.
- Stoy, V. (1983). *Progress and prospect in sprouting research*. Paper presented at the Third International Symposium on Pre–harvest Sprouting in Cereals, Canada.
- Šarić, M., Psodorov, Đ., Živančev, D., & Košutić, M. (2004). Uticaj neodvojivih primesa na promene tehnološkog kvaliteta pšenice. *PTEP – Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 8(1–2), 31–34.
- Šimurina, O. (2013). *Optimizacija koncentracije organskih kiselina i enzimskih preparata u biohemijском matriksu supstandardnog kvaliteta*. Novi Sad, Republic of Serbia
- Swanson, C. O., & Working, E. B. (1933). Testing the quality of flour by the recording dough mixer. *Cereal Chemistry*, 10, 1–5.
- Tabiki, T., Ikeguchi, S., & Ikeda, T. M. (2006). Effects of High–molecular–weight and Low–molecular–weight Glutenin Subunit Alleles on Common Wheat Flour Quality. *Breeding Science – BREEDING SCI.*, 56(2), 131–136.
- Tashiro, T., & Wardlaw, I. F. (1990). The response to high temperature shock and humidity changes prior to and during the early stages of grain development in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 17, 551–561.
- Texture Expert A5 Manual*. (1997).
- Thomson, N. H., Miles, M. J., Popineau, Y., Harries, J., Shewry, P., & Tatham, A. S. (1999). Small angle X–ray scattering of wheat seed–storage proteins:  $\alpha$ –,  $\gamma$ – and  $\omega$ –gliadins and the high molecular weight (HMW) subunits of glutenin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1430, 359–366.

- Tipples, K. H., Kilborn, R. H., & Bushuk, W. (1966). Effect of malt and sprouted wheat on baking. *Cereal Science today*, *11*, 362–364. doi: 370.375.418.
- Tkachuk, R., Dexter, J. E., Tipples, K. H., & Nowicki, T. W. (1991). Removal of tombstone kernels from Fusarium head blight infected wheat on a specific gravity table. *Cereal Chemistry*, *68*, 428–431.
- Tohver, M. (2007). High molecular weight (HMW) glutenin subunit composition of Nordic and Middle European wheats. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *54*, 67–81.
- Torbica, A., Antov, M., Mastilović, J., & Knežević, D. (2007). The influence of changes in gluten complex structure on technological quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Research International*, *40*(8), 1038–1045. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2007.05.009>
- Triboi, E., Abad, A., Michelena, A., Lloveras, J., Ollier, J. L., & Daniel, C. (2000). Environmental effects on the quality of two wheat genotypes: 1. quantitative and qualitative variation of storage proteins. *European Journal of Agronomy*, *13*(1), 47–64. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00059-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00059-9)
- Tsenov, N., Atanasova, D., Todorov, I., Ivanova, I., & Stoeva, I. (2009). Allelic diversity in bulgarian winter wheat varieties based on polymorphism of glutenin subunit composition. *Cereal Research Communication*, *37*, 551–558.
- Uthayakumaran, S., Batey, I., & Wrigley, C. (2005). On-the-spot identification of grain variety and wheat quality by Lab-on-a-chip capillary electrophoresis. *Journal of Cereal Science*, *41*, 371–374.
- Uthayakumaran, S., Listiohadi, Y., Baratta, M., Batey, I. L., & Wrigley, C. W. (2006). Rapid identification and quantitation of high-molecular-weight glutenin subunits. *Journal of Cereal Science*, *44*, 34–39.
- Uthayakumaran, S., Tömösközi, S., Tatham, A. S., Savage, A. W. J., Gianibelli, M. C., Stoppard, F. L., & Békés, F. (2001). Effects of gliadin fractions on functional properties of dough depending on molecular size and hydrophobicity. *Cereal Chemistry*, *78*, 138–141.
- Uthayakumaran, S., Zhao, F. J., Sivri, D., Roohani, M., Baety, I. L., & Wrigley, C. (2007). Defect identification in wheat grain by micro-fluid electrophoresis.: sulfur deficiency and bug damage. *Cereal Chemistry*, *84*(4), 301–303.
- Varga, B., Svečnjak, Z., Jurković, Z., Kovačević, J., & Jukić, Ž. (2003). Wheat Grain and Flour Quality. *Food Technology and Biotechnology*, *41*(4), 321–329.
- Veraverbeke, W. S., & Delcour, J. A. (2002). Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality. [Article]. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, *42*(3), 179–208.
- Veraverbeke, W. S., Verbruggen, I. M., & Delcour, J. A. (1998). Effects of Increased High Molecular Weight Glutenin Subunits Content of Flour on Dough Mixing Behavior and Breadmaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*(12), 4830–4835. doi: 10.1021/jf980636y
- Verbruggen, I. M., Veraverbeke, W. S., & Delcour, J. A. (2001). Significance of LMW-GS and HMW-GS for Dough Extensibility: «Addition» versus «Incorporation» Protocols. *Journal of Cereal Science*, *33*(3), 253–260. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2000.0353>
- Waage, J. (2000). Prospects for augmentation of egg parasitoids for management of sunn pest, *Eurygaster integriceps* and related species. In K. Melan, Lomer, C. (Ed.), *Integrated Sunn Pest Control. Republic of Turkey and FAO* (pp. 13–32).

- Walker, C. E., & Hazelton, J. L. (1996). Dough rheological tests. *Cereal Foods World*, 41, 23–28.
- Wang, Y., Khan, K., Hareland, G., & Nygard, G. (2006). Quantitative glutenin composition from gel electrophoresis of flour mill streams and relationship to breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 83 (3), 293–299.
- Wardlaw, I. F., & Moncur, L. (1995). The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 391–397.
- Weegels, P. L., Hamer, R. J., & Schofield, J. D. (1996). Functional Properties of Wheat Glutenin. *Journal of Cereal Science*, 23(1), 1–17. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.1996.0001>
- Whitlow, L. W., & Hagler, W. M. (2005). Mycotoxins in feeds. *Feedstuffs*, 14, 69–79.
- Wiegand, C. L., & Cuellar, J. A. (1981). Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Science*, 21, 95–101.
- Wieser, H., Seilmeier, W., & Belitz, H.–D. (1994). Use of RP–HPLC for a better understanding of the structure and the functionality of wheat gluten proteins. In J. E. K. a. J. A. Bietz (Ed.), *HPLC of Cereal and Legume Proteins* (pp. 235–272). St. Paul, MN, USA: AACC.
- Williamson, P. M. (1997). Black point of wheat: *In vitro* production of symptoms, enzymes involved, and association with *Alternaria alternate*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 13–19.
- Wrigley, C. W. (1996). Gaint proteins with flour power. *Nature*, 381, 738–739.
- Wrigley, C. W., Autran, J. C., & Bushuk, W. (1982). Identification of cereal varieties by gel electrophoresis of the grain proteins. *Advances in Cereal Science and Technology*, 5, 211–259.
- Wrigley, C. W., & Beitz, J. A. (1988). Proteins and amino acids. In Y. Pomeranz (Ed.), *Wheat Chemistry and Technology* (3rd ed., pp. 159–275). St. Paul, MN, USA: AACC.
- Wrigley, C. W., & Békés, F. (1999). Glutenin–protein formation during the continuum from anthesis to processing. *Cereal Foods World*, 44, 562–565.
- Yamazaki, W. T., & Briggles, L. W. (1969). Components of test weight in soft wheat. *Crop Science*, 9, 457–459.
- Zhang, C., Zhang, S., Lu, Z., Bie, X., Zhao, H., Wang, X., & Lu, F. Effects of recombinant lipoxygenase on wheat flour, dough and bread properties. *Food Research International*(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.05.025>
- Zhang, P., He, Z., Chen, D., Zhang, Y., Larroque, O. R., & Xia, X. (2007). Contribution of common wheat protein fractions to dough properties and quality of northern–style Chinese steamed bread. *Journal of Cereal Science*, 46(1), 1–10. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2006.10.007>
- Zhao, C.–X., He, M.–R., Wang, Z.–L., Wang, Y.–F., & Lin, Q. (2009). Effects of different water availability at post–anthesis stage on grain nutrition and quality in strong–gluten winter wheat. *Comptes Rendus Biologies*, 332(8), 759–764. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crvi.2009.03.003>
- Zhu, J., & Khan, K. (1999). Characterization of monomeric and glutenin polymeric proteins of hard red spring wheats during grain development by multistacking SDS–PAGE and capillary zone electrophoresis. *Cereal Chemistry*, 76(2), 261–269.

- Zobel, H. F. (1988). Starch crystal transformations and their industrial importance. *Starch/Stärke*, 40, 1–7.
- Žeželj, M. (1995). *Tehnologija žita i brašna, knjiga I, poznavanje čevanje i prerada žita*. Novi Sad, SRJ: Tehnološki fakultet u Novom Sadu, Zavod za tehnologiju žita i brašna.
- Živančev, D., Nikolovski, B., Torbica, A., Mastilović, J., Đukić N. (2013) Lab-on-a-chip method uncertainties in determination of high-molecular-weight glutenin subunits. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly (CI&CEQ)* 19(4), 553–561 doi: 10.2298/CICEQ120517090Z
- Živančev, D., Torbica, A., Mastilović, J., Knežević, D., & Đukić, N. (2012). Povezanost različitih pokazatelja sadržaja oštećenog skroba, broja padanja i nivoa mehaničkog oštećenja. *Ratarstvo i Povrtarstvo / Field and Vegetable Crop Research*, 49(3), 282–287 doi:10.5937/ratpov49-2345

## Prilog 4.1.

Godina	Sorta	Oznaka	Broj padanja (s)	Hl na 13% vlage	Hektolitarska masa (kg/hl)	Sadržaj proteina (%/s.m.)
2008	VOJVODINA	NH-D-1	388	78,73	78,70	13,08
2008	ANGELINA	NH-D-2	258	82,55	83,10	12,38
2008	DRAGANA	NH-D-3	396	84,54	84,90	12,87
2008	ARIJA	NH-D-4	326	82,74	82,70	11,44
2008	LJILJANA	NH-D-5	358	83,33	83,30	13,1
2008	NS RANA 5	NH-D-6	331	85,03	85,30	12,63
2008	POBEDA	NH-D-8	388	82,68	83,10	12,38
2008	BASTIJANA	NH-D-9	341	85,98	85,50	14,12
2008	DAMA	NH-D-11	230	83,68	82,70	12,86
2008	EVROPA 90	NH-D-12	386	84,69	84,90	13,54
2008	NS 40S	NH-D-13	308	79,24	79,10	11,87
2008	KANTATA	NH-D-14	251	82,14	81,90	9,84
2008	RAPSODIJA	NH-D-15	494	83,12	82,90	12,55
2008	SIMONIDA	NH-D-16	310	86,03	86,30	12,69
2008	ETIDA	NH-D-17	329	83,33	83,30	10,43
2008	RENEŠANSA	NH-D-19	219	84,99	85,10	13,79
2009	VOJVODINA	NH-D-1	364	79,20	80,10	12,68
2009	ANGELINA	NH-D-2	271	80,15	81,10	13,21
2009	DRAGANA	NH-D-3	204	80,46	81,30	13,06
2009	ARIJA	NH-D-4	274	76,72	77,45	13,01
2009	LJILJANA	NH-D-5	333	81,46	82,50	13,84
2009	NS RANA 5	NH-D-6	380	81,00	82,10	14,12
2009	POBEDA	NH-D-7	309	79,38	80,30	14,02
2009	BASTIJANA	NH-D-8	290	80,96	81,90	13,52
2009	DAMA	NH-D-10	328	79,28	80,10	13,6
2009	EVROPA 90	NH-D-11	316	81,94	82,90	13,56
2009	NS 40S	NH-D-12	168	75,63	76,25	13,45
2009	KANTATA	NH-D-13	218	81,43	81,90	12,77
2009	RAPSODIJA	NH-D-14	334	81,57	82,70	13,2
2009	SIMONIDA	NH-D-15	253	80,18	81,30	13,54
2009	ETIDA	NH-D-16	111	81,86	82,90	12,82
2009	RENEŠANSA	NH-D-17	217	79,59	80,70	14,27
2010	VOJVODINA	NH-D-1	319	75,68	75,45	14,49
2010	ANGELINA	NH-D-2	216	75,54	76,05	16,86
2010	DRAGANA	NH-D-3	203	80,95	80,50	13,66
2010	ARIJA	NH-D-4	419	73,65	73,45	13,85
2010	LJILJANA	NH-D-5	192	82,85	82,50	15,51
2010	NS RANA 5	NH-D-6	269	75,29	75,05	15,91
2010	POBEDA	NH-D-7	216	77,95	77,65	15,95
2010	BASTIJANA	NH-D-8	282	81,15	81,30	16,51
2010	DAMA	NH-D-9	297	80,34	80,70	16,58
2010	EVROPA 90	NH-D-10	306	73,21	73,25	13,29
2010	NS 40S	NH-D-11	158	69,67	69,65	14,52
2010	KANTATA	NH-D-12	61	77,16	77,05	14,87
2010	RAPSODIJA	NH-D-13	283	77,69	77,65	13,58
2010	SIMONIDA	NH-D-14	227	84,17	84,30	14,28
2010	ETIDA	NH-D-15	187	77,40	76,85	14,26
2010	RENEŠANSA	NH-D-16	228	76,94	76,65	15,57



Prilog 4.1.

Sadržaj vlage (%)	Sedimentaciona vrednost Infratec	štura i lom (%)	korovsko seme (%)	lakoodvojivih (%)	prokljajala zrna (%)
13,04	41,9	0,25	0,00	0,25	0,00
12,36	36,7	0,10	0,00	0,10	0,00
12,63	39,7	0,00	0,00	0,00	0,00
13,05	29,7	0,00	0,00	0,00	0,00
13,03	43,2	0,00	0,00	0,00	0,00
12,73	41,1	0,00	0,00	0,00	0,00
12,51	30,5	0,00	0,00	0,00	0,00
13,45	53	0,00	0,00	0,00	0,00
14,06	33,4	0,00	0,00	0,00	0,00
12,79	47,4	0,00	0,00	0,00	0,00
13,21	28,2	0,00	0,00	0,00	0,00
13,29	13,8	0,00	0,00	0,00	0,00
13,25	39,5	0,00	0,00	0,00	0,00
12,75	39,6	0,00	0,00	0,00	0,00
13,03	22,2	0,00	0,00	0,00	0,00
12,89	51,4	0,00	0,00	0,00	0,00
11,64	35,3	1,00	0,00	1,00	0,00
11,67	41,3	1,40	0,00	1,40	0,00
11,86	40	0,50	0,00	0,50	0,36
11,57	33,7	1,40	0,00	1,40	0,22
11,68	42	2,60	0,00	2,60	0,27
11,56	45,2	3,20	0,00	3,20	0,00
11,63	43,1	0,50	0,00	0,50	0,28
11,76	39,2	0,80	0,00	0,80	0,00
11,77	40	1,40	0,00	1,40	0,42
11,83	41,9	1,16	0,00	1,16	0,00
11,62	38	2,80	0,00	2,80	0,72
12,4	32,6	0,64	0,00	0,64	0,24
11,59	37,15	2,90	0,00	2,90	0,12
11,44	37,1	1,10	0,00	1,10	1,70
11,73	37,6	3,01	0,00	3,01	0,56
11,37	43,3	2,00	0,00	2,00	0,68
13,5	46,7	0,18	0,00	0,18	0,87
11,86	62,1	3,14	0,00	3,14	0,68
13,59	45,3	4,92	0,00	4,92	0,58
13,59	37,1	0,30	0,00	0,30	0,00
13,4	62,3	3,91	0,03	3,94	0,88
13,57	55,5	2,57	0,02	2,59	0,44
13,52	61,2	0,33	0,00	0,33	0,35
12,81	59,8	4,47	0,00	4,47	0,35
12,51	64,2	5,88	0,00	5,88	0,32
12,88	37,2	4,57	0,00	4,57	0,00
13,2	43,8	1,11	0,00	1,11	2,10
13,2	53,6	0,96	0,00	0,96	6,84
13,07	36	0,35	0,00	0,35	0,31
12,86	50,7	3,95	0,00	3,95	0,30
13,99	45,4	0,67	0,00	0,67	0,62
13,56	55,1	1,54	0,00	1,54	0,47

Prilog 4.1.

nagrižena zrna (%)	steničava zrna (%)	pokvarena zrna (%)	fuzariozna zrna (%)	tamnoklična zrna (%)	teškoodvojivih (%)
0,00	0,20	0,09	0,00	0,30	0,59
0,00	0,15	0,00	0,00	0,20	0,35
0,00	0,25	0,05	0,00	0,00	0,30
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,14
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,18	0,09	0,00	0,10	0,37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
0,00	0,30	0,00	0,00	0,25	0,55
0,00	0,12	0,00	0,00	0,09	0,21
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,20	0,76	0,00	0,84	1,80
0,00	0,21	0,76	0,00	0,31	1,28
0,00	0,38	0,26	0,00	0,00	1,00
0,00	0,31	2,28	0,00	0,30	3,11
0,00	0,28	0,14	0,00	0,09	0,78
0,00	0,20	0,06	0,00	0,11	0,37
0,00	0,16	0,19	0,00	0,10	0,73
0,00	0,20	0,40	0,00	0,12	0,72
0,00	0,20	1,42	0,00	0,48	2,52
0,00	0,20	0,64	0,00	0,10	0,94
0,00	0,30	1,88	0,00	0,34	3,24
0,00	0,32	0,06	0,00	0,00	0,62
0,00	0,15	0,21	0,00	0,78	1,26
0,00	0,26	0,36	0,00	0,19	2,51
0,00	0,34	0,48	0,00	0,74	2,12
0,00	0,16	0,34	0,00	0,18	1,36
0,00	0,62	0,00	0,27	0,97	2,73
0,00	0,61	0,00	0,50	0,00	1,79
0,00	0,78	0,00	0,34	0,38	2,08
0,00	0,61	0,00	0,21	0,00	0,82
0,00	0,70	0,00	0,29	0,26	2,13
0,00	0,61	0,00	0,36	0,00	1,41
0,00	0,42	0,00	0,27	0,18	1,22
0,00	0,48	0,00	0,32	0,21	1,36
0,00	0,68	0,00	0,25	0,00	1,25
0,00	0,66	0,00	0,59	0,00	1,25
0,00	0,63	0,00	2,82	0,00	5,55
0,00	0,78	0,00	0,49	0,28	8,39
0,00	0,71	0,00	0,49	1,02	2,53
0,00	0,87	0,00	0,28	0,00	1,45
0,00	0,76	0,00	0,38	0,29	2,05
0,00	0,68	0,00	0,31	0,00	1,46

Prilog 4.1.

Ukupno primesa (%)	Vlaga Brašna (%)	MUV Farinogram (%)	razvoj testa (min) Farinogram	stabilitet (min) Farinogram
0,84	13,7	58,0	2,0	0,5
0,45	12,9	61,7	2,0	8,0
0,30	13,4	59,8	4,5	1,5
0,00	13	57,0	2,0	1,0
0,14	13,1	57,9	2,0	1,5
0,00	13,6	57,0	2,0	1,0
0,00	13,4	57,7	6,5	1,0
0,37	12,7	61,6	2,5	7,5
0,00	13,7	59,2	2,0	4,0
0,00	13,4	56,9	6,0	2,5
0,00	12,9	57,3	2,0	0,5
0,12	14	51,4	1,0	0,5
0,55	14,2	57,1	3,0	11,0
0,21	12,6	58,5	2,5	3,5
0,00	13	56,9	1,5	0,5
0,00	12,9	59,8	2,0	6,0
2,80	11	65,3	2,0	0,5
2,68	15	68,3	2,5	1,5
1,50	12	67,0	2,5	1,0
4,51	15	65,0	3,0	2,0
3,38	12	61,9	3,5	1,5
3,57	11	62,2	2,5	3,5
1,23	12	66,1	2,5	1,0
1,52	12	60,5	3,0	7,0
3,92	11	64,8	4,0	2,0
2,10	15	61,0	3,0	6,0
6,04	11	61,3	2,0	0,5
1,26	12	62,5	2,5	0,5
4,16	10	62,1	2,5	3,0
3,61	10	61,9	3,0	2,5
5,13	10	65,0	2,0	1,0
3,36	10	64,0	3,5	1,5
2,91	12,4	69,0	2,0	1,5
4,93	11,9	65,8	3,0	4,5
7,00	12	68,9	2,0	1,0
1,12	12,4	64,8	3,0	2,0
6,07	12,3	65,5	3,0	1,5
4,00	12,4	63,8	2,5	4,0
1,55	12,8	64,2	4,0	3,5
5,83	12,3	65,3	3,0	2,5
7,13	12,2	66,8	4,0	3,0
5,82	12,3	62,0	2,5	0,5
6,66	12,3	62,1	2,0	1,0
9,35	12,3	63,6	3,5	1,0
2,88	12,7	64,5	2,5	1,5
5,40	12,4	63,5	3,0	1,0
2,72	12,6	63,4	2,5	1,0
3,00	12,8	63,0	3,0	5,0

Prilog 4.1.

Stepen omekšanja (FJ) Farinogram	Površina isplanimetrisana (cm <sup>2</sup> ) Farinogram	Kvalitetni broj Farinogram	max Viskozitet (AJ) Amilogram	P (mm H <sub>2</sub> O) Alveogram	L (mm) Alveogram
15	5,3	70,7	1060	104,0	69,5
20	1,2	86,4	300	89,6	56,8
80	8,1	63,5	950	76,4	88,2
80	9,6	60,2	830	57,2	77,4
30	2,8	78,8	1170	58,5	105,0
25	4	74,6	860	71,6	92,0
35	3,4	76,7	750	69,6	76,8
35	2,4	80,4	950	71,0	112,4
60	5,5	70,2	420	57,8	71,0
45	3,4	76,7	1600	54,3	83,8
75	14,3	50,9	1000	78,0	70,3
110	21	39,5	265	61,0	40,8
5	0,4	92,1	1600	89,4	82,4
55	5,9	69	1040	51,6	112,8
75	12,5	54,3	285	66,5	49,3
35	3,2	77,4	360	64,5	90,8
80	14,7	50,2	890	110,2	35,0
45	4,8	72,2	220	178,0	30,2
110	13,3	52,8	580	100,8	53,0
80	10,1	59,2	1000	136,6	39,0
70	7,6	64,7	640	59,4	109,6
65	5,5	70,2	750	68,8	103,3
75	8,8	62	255	94,8	74,6
30	2,4	80,4	820	70,6	100,4
80	5,9	69	190	57,2	65,6
45	3,2	77,4	1250	114,0	63,6
110	16,2	47,4	275	80,2	59,8
100	11,8	55,6	290	87,0	54,3
45	4,8	72,2	1000	63,0	85,0
85	10,2	59	550	38,3	140,3
110	14,9	49,8	120	64,4	67,8
60	5,3	70,7	340	56,0	98,6
95	13,5	52,4	300	142,2	57,8
35	1,8	83,2	170	90,2	103,0
130	17,8	44,6	195	95,2	57,2
70	8,1	63,5	1150	104,2	69,8
105	12,8	53,7	155	66,2	110,0
50	4,3	73,6	410	84,0	107,6
60	5,2	71	190	74,2	112,6
75	7,8	64,2	490	89,5	115,0
55	5,5	70,2	260	115,4	109,4
85	9,7	60	730	72,0	83,8
105	15,4	48,8	170	105,6	68,6
125	11,6	56	40	59,0	102,0
60	6,4	67,8	490	111,4	61,6
110	12,6	54,1	270	56,6	151,4
90	11,5	56,2	140	74,2	90,8
35	2,5	80	190	78,3	124,8

Prilog 4.1.

G Alveogram	W (10-4J) Alveogram	P/L Alveogram	le% Alveogram	Energija (cm2) Ekstenzogram	Otpor (EJ) Ekstenzogram	Rastezanje (mm) Ekstenzogram
18,5	271,3	1,5	58,0	110,3	482,5	133,0
16,8	180,0	1,6	47,3	75,8	341,3	129,3
20,9	199,4	0,9	47,1	63,3	220,0	152,5
19,5	135,0	0,8	44,2	68,0	288,8	137,8
22,8	186,3	0,6	52,0	106,0	332,5	155,8
21,3	218,6	0,8	54,2	135,5	471,3	152,5
19,4	163,6	0,9	44,2	76,8	228,8	167,0
23,6	248,2	0,6	55,6	137,3	261,3	189,8
18,6	125,4	0,9	41,9	38,8	207,5	127,8
20,2	146,3	0,7	51,8	86,5	293,8	151,8
18,6	213,7	1,1	60,8	124,5	491,3	138,3
14,2	103,6	1,5	30,9	63,3	465,0	103,3
20,1	252,2	1,1	54,5	117,8	328,8	167,8
23,6	154,4	0,5	46,3	106,5	311,3	167,3
15,6	124,5	1,4	48,6	49,5	352,5	104,5
21,1	181,0	0,7	49,8	93,5	345,0	147,3
13,0	170,6	3,3	23,0	106,0	250,0	144,5
12,1	232,8	6,0	0,0	45,5	210,0	134,5
16,2	193,0	1,9	45,5	50,5	207,5	143,5
13,8	211,2	3,6	16,6	57,0	185,0	164,5
23,2	193,6	0,5	51,7	59,0	190,0	159,5
22,6	233,5	0,7	56,2	127,5	267,5	194,5
19,2	237,4	1,3	50,7	66,5	212,5	157,5
22,1	241,0	0,7	58,0	126,0	267,5	185,5
17,9	115,8	0,9	40,6	28,5	120,0	147,0
17,7	255,4	1,8	49,7	95,0	240,0	180,0
17,0	185,6	1,5	58,7	124,5	295,0	178,0
14,9	181,0	1,6	51,6	59,5	225,0	146,5
20,5	194,0	0,7	58,3	106,0	232,5	186,5
26,1	140,0	0,3	48,0	64,5	140,0	210,0
18,3	158,4	1,0	54,4	70,5	190,0	169,5
22,0	183,4	0,6	55,6	64,0	197,5	172,5
16,8	333,2	2,5	62,3	100,0	280,0	169,5
22,5	291,6	0,9	53,4	70,5	200,0	167,0
16,8	182,4	1,7	41,1	17,5	95,0	126,0
18,5	240,8	1,5	48,4	75,0	272,5	148,0
23,3	204,4	0,6	48,8	43,5	157,5	152,5
23,0	293,6	0,8	56,8	98,5	250,0	180,5
23,5	245,6	0,7	51,8	97,5	182,5	207,0
23,8	302,0	0,8	53,2	93,0	270,0	168,0
23,2	416,4	1,1	62,6	116,5	210,0	208,0
20,3	186,2	0,9	47,4	54,5	195,0	151,5
18,2	274,8	1,6	61,8	143,5	385,0	168,0
22,4	169,2	0,6	46,6	27,5	95,0	157,0
17,4	264,4	1,8	57,5	100,0	302,5	154,5
27,2	199,4	0,4	46,1	74,0	162,5	200,0
21,1	223,4	0,8	54,5	82,5	262,5	157,0
24,8	297,8	0,6	57,7	106,0	280,0	168,5

Prilog 4.1.

Otpor/rastezanje Ekstenzogram	Moć upijanja vode (%) preračunato na	Razvoj testa Time for C1 (min) - <i>Mixolab</i>	Elastičnost testa (Nm) <i>Mixolab</i>	Stabilitet testa Stability (min) – <i>Mixolab</i>
3,63	56,4	1,40	0,10	12,97
2,64	59,1	5,20	0,08	7,48
1,45	58,4	2,55	0,10	9,72
2,13	54,8	2,00	0,10	7,85
2,15	55,4	6,65	0,05	10,17
3,10	55,4	1,33	0,09	11,08
1,35	57,5	6,40	0,08	9,03
1,38	58,0	8,48	0,07	10,03
1,64	59,5	3,12	0,08	4,50
1,97	55,6	6,10	0,05	9,08
3,56	54,1	1,47	0,09	4,13
4,56	52,8	0,97	0,12	3,15
1,97	58,5	9,27	0,07	11,05
1,88	55,0	1,70	0,10	10,45
3,40	55,0	1,20	0,09	3,60
2,35	57,4	5,73	0,06	8,90
1,73	59,2	1,17	0,09	2,80
1,56	68,2	4,35	0,07	8,02
1,45	62,7	1,43	0,08	8,35
1,13	65,9	5,22	0,08	8,53
1,19	57,3	1,58	0,10	9,33
1,38	56,3	1,60	0,12	9,90
1,35	60,5	1,43	0,10	8,90
1,45	56,6	1,75	0,10	10,82
0,83	59,1	2,92	0,06	5,63
1,34	61,0	8,57	0,06	10,02
1,67	56,0	1,43	0,07	5,85
1,54	57,8	1,52	0,08	9,78
1,25	54,5	1,57	0,09	11,12
0,67	52,7	5,98	0,08	8,77
1,12	55,4	1,50	0,08	8,93
1,15	55,5	6,72	0,06	9,77
1,62	63,3	1,33	0,09	8,18
1,20	61,9	4,10	0,07	7,65
0,76	64,3	1,25	0,08	4,70
1,85	61,8	1,42	0,07	8,58
1,04	57,3	1,58	0,10	9,33
1,39	57,8	1,53	0,10	10,33
0,89	60,6	6,95	0,06	9,37
1,61	58,9	7,70	0,07	9,92
1,02	60,3	2,77	0,09	10,52
1,29	55,0	2,17	0,07	9,42
2,30	56,8	1,87	0,09	3,98
0,61	59,2	3,68	0,07	4,82
1,98	60,0	2,05	0,09	9,90
0,81	57,9	2,33	0,08	8,97
1,68	57,9	1,78	0,10	4,73
1,67	57,9	2,25	0,09	9,78

Prilog 4.1.

Brzina slabljenja proteinske mreže usled zagrevanja - $\alpha$ (Nm/min) – <i>Mixolab</i>	Maksimum torzije (Nm) - C3 (Nm) – <i>Mixolab</i>	Brzina želatinizacije skroba - $\beta$ (Nm/min)– <i>Mixolab</i>
-0,072	2,12	0,440
-0,060	1,78	0,382
-0,068	1,89	0,350
-0,056	2,01	0,430
-0,078	2,08	0,446
0,000	2,09	0,504
-0,068	2,25	0,600
-0,042	1,92	0,416
-0,044	1,69	0,456
-0,080	1,95	0,442
-0,002	2,35	0,370
-0,060	2,13	0,576
-0,076	2,19	0,174
-0,086	1,96	0,400
-0,090	1,70	0,364
-0,068	1,87	0,444
-0,082	1,88	0,404
-0,068	1,69	0,408
-0,098	1,60	0,358
-0,032	1,87	0,422
-0,036	1,96	0,480
-0,094	1,99	0,512
-0,020	1,92	0,504
-0,096	2,10	0,538
-0,062	1,56	0,444
-0,092	2,10	0,570
-0,084	1,84	0,450
-0,104	2,05	0,482
-0,100	2,22	0,534
-0,080	1,83	0,474
-0,098	1,43	0,384
-0,090	1,93	0,500
-0,100	1,56	0,434
-0,066	1,44	0,424
-0,058	1,07	0,312
-0,062	1,82	0,434
-0,036	1,96	0,480
-0,090	1,88	0,380
-0,094	1,69	0,556
-0,110	1,89	0,628
-0,088	1,94	0,530
-0,086	2,10	0,196
-0,022	1,63	0,412
-0,070	1,23	0,408
-0,100	1,99	0,746
-0,062	1,68	0,454
-0,002	1,52	0,386
-0,098	1,80	0,628

## Prilog 4.1.

Brzina enzimske razgradnje - $\gamma$ (Nm/min)– <i>Mixolab</i>	Stabilnost tople paste - C4-C3 (Nm)– <i>Mixolab</i>	Iznos retrogradacije skroba -C5-C4 (Nm)–	AI% KSDAM
-0,010	0,12	0,79	94,61
-0,064	0,33	0,45	95,33
-0,034	0,26	0,59	95,24
0,002	0,12	0,71	95,35
-0,030	0,16	0,61	94,12
-0,072	0,32	0,46	93,86
-0,042	0,18	0,62	94,095
-0,056	0,30	0,49	94,02
-0,038	0,25	0,46	94,235
-0,018	0,07	1,04	93,915
-0,054	0,13	0,70	93,885
-0,066	0,39	0,47	93,83
-0,490	0,47	1,45	94,76
-0,036	0,28	0,55	94,33
-0,060	0,42	0,38	94,405
-0,042	0,38	0,51	94,225
-0,060	1,63	2,27	96,465
-0,090	1,10	1,59	95,92
-0,068	1,03	1,44	96,25
-0,042	1,72	2,64	95,685
-0,082	1,59	2,24	94,205
-0,076	1,63	2,22	94,355
-0,080	1,27	1,85	95,1
-0,042	1,80	1,86	93,85
-0,054	1,11	1,53	95,02
-0,034	1,95	3,06	94,535
-0,120	1,23	1,66	94,99
-0,058	1,53	2,20	95,69
-0,028	1,85	3,17	94,675
-0,058	1,49	1,98	94,57
-0,096	0,58	0,78	95,96
-0,064	1,44	2,15	94,71
-0,066	1,02	1,40	97,06
-0,074	0,96	1,34	94,147
-0,072	0,52	0,69	96,815
-0,022	1,58	2,38	95,005
-0,082	1,59	2,24	95,715
-0,062	1,46	1,95	93,855
-0,086	1,11	1,43	94,1
-0,078	1,39	1,85	94,55
-0,052	1,44	1,90	94,715
-0,014	1,98	2,89	95,365
-0,068	0,79	1,07	94,54
-0,066	0,25	0,32	95,32
-0,094	1,60	2,08	94,825
-0,082	0,92	1,29	94,285
-0,080	0,83	1,19	94,93
-0,090	1,14	1,72	93,28



Prilog 4.1.

UCD KSDAM	UCDc KSDAM	AACC 76-31 KSDAM	Farrand KSDAM	Vabs I 80% [s] KSDAM	Sadržaj vlažnog glutena (%)	Sadržaj suvog glutena (%)
22,55	22,25	5,25	29,33	45,0	27,9	10,0
24,45	24,10	5,77	35,43	37,5	26,1	8,0
22,85	22,50	5,34	30,41	44,0	28,3	10,0
24,50	23,85	5,78	35,62	39,0	23,4	8,0
21,20	21,00	4,91	25,58	47,0	28,4	10,0
20,55	20,15	4,73	23,64	48,5	27,8	10,0
21,15	20,85	4,89	25,38	48,0	25,4	10,0
20,95	20,80	4,84	24,80	47,5	30,7	14,0
21,55	21,30	4,98	26,41	47,5	27,4	11,0
20,70	20,50	4,77	24,03	48,0	30,4	12,0
21,90	21,20	5,09	27,55	44,0	23,3	8,0
20,45	19,45	4,71	23,43	49,5	18,9	6,0
22,95	22,55	5,35	30,55	41,5	24,3	10,0
21,80	21,40	5,05	27,13	43,5	28,2	11,0
21,95	21,10	5,10	27,71	47,0	21,5	8,0
21,50	21,40	4,98	26,32	46,5	30,3	10,0
27,45	27,05	6,64	46,35	30,5	25,5	10,0
26,00	25,55	6,21	40,92	33,5	29,0	9,0
26,95	26,45	6,47	44,16	29,0	31,0	11,0
25,40	24,95	6,03	38,68	35,0	30,0	9,3
21,45	21,35	4,96	26,17	42,0	40,0	13,0
21,85	21,80	5,07	27,32	42,0	36,4	12,0
23,85	23,45	5,60	33,42	38,5	29,4	11,0
20,50	20,35	4,73	23,57	46,0	30,8	10,0
23,65	23,45	5,54	32,73	37,0	31,3	10,0
22,30	22,20	5,20	28,73	42,0	38,6	12,0
23,55	23,00	5,52	32,48	37,5	24,6	10,0
25,40	25,05	6,04	38,73	34,0	28,4	8,0
22,70	22,50	5,29	29,86	43,5	28,8	10,0
22,30	22,10	5,18	29,12	41,0	36,2	11,0
26,15	25,85	6,24	41,30	32,5	25,2	9,0
22,80	22,95	5,32	30,14	42,5	37,1	12,0
29,05	29,05	7,12	52,69	27,0	35,0	13,0
21,30	21,50	4,92	25,72	52,0	35,0	12,0
28,40	27,90	6,92	50,03	26,5	33,0	11,0
23,55	23,55	5,53	32,60	41,0	33,0	11,0
25,50	25,30	6,06	38,96	33,5	37,0	12,0
20,50	20,80	4,73	23,62	50,5	36,0	12,0
21,15	21,60	4,89	25,39	47,0	37,0	13,0
22,35	22,45	5,20	28,86	43,0	40,0	13,0
22,80	23,20	5,32	30,20	51,0	40,0	14,0
24,55	24,15	5,79	35,75	36,0	29,0	10,0
22,35	22,20	5,20	28,77	41,0	28,0	10,0
24,40	24,40	5,76	35,34	39,0	32,0	11,0
23,10	22,70	5,40	30,69	41,0	28,0	10,0
21,65	21,55	5,02	26,79	45,5	38,0	13,0
23,40	23,25	5,48	31,97	42,0	29,0	10,0
19,00	19,55	4,35	19,72	53,5	39,0	14,0

Prilog 4.1.

Gluten index (%)	Gluten index na 37 °C (%)	SLMW % površine	HLMW % površine	HMW % površine	Glu 13 %	Glu 14 %
100	90	15,62	72,30	12,09	0,00	3,07
99	67	15,49	67,07	17,44	0,00	3,65
94	57	6,87	80,14	12,99	0,00	3,04
94	63	7,10	78,04	14,87	0,00	1,72
94	74	8,22	76,86	14,92	0,00	1,92
98	95	6,51	78,12	15,38	0,00	2,16
99	53	11,11	59,75	29,14	0,00	4,41
96	64	6,81	69,09	24,09	0,85	1,66
78	44	9,60	69,91	20,49	0,00	3,67
94	68	6,46	76,48	17,07	0,00	0,85
99	98	8,66	73,30	18,05	1,60	0,00
99	98	11,41	72,31	16,28	0,00	4,30
99	90	12,25	68,80	18,94	0,00	4,97
97	78	6,56	72,89	20,55	0,00	1,72
96	64	3,29	80,54	16,18	0,00	0,89
93	70	8,18	73,75	18,07	0,00	5,16
100	90	14,06	75,21	10,73	0,00	4,52
95	67	14,41	70,63	14,96	0,00	3,05
92	53	13,23	78,30	8,47	0,00	2,28
93	51	13,82	71,73	14,44	0,00	3,54
88	65	15,46	71,27	13,27	0,00	3,79
97	76	11,02	76,58	12,40	0,00	1,72
97	71	18,45	56,18	25,37	0,00	4,07
99	87	15,27	65,46	19,27	3,52	0,00
79	55	29,36	62,75	7,90	0,00	10,57
88	73	16,43	76,09	7,48	0,00	3,81
99	97	23,39	63,60	13,01	6,71	0,00
89	64	26,83	61,93	11,25	0,00	6,98
99	90	17,12	68,08	14,80	0,00	4,54
81	56	33,18	57,85	8,97	0,00	12,17
98	84	14,97	73,53	11,50	0,00	3,63
82	64	16,95	71,50	11,55	0,00	5,80
97	72	22,33	43,40	34,27	0,00	4,62
86	61	23,46	66,21	10,33	0,00	6,08
86	41	26,62	65,25	8,14	0,00	6,90
89	60	10,99	80,30	8,71	0,00	3,24
89	54	17,06	71,81	11,12	0,00	5,64
92	74	11,41	80,84	7,75	0,00	4,14
86	58	12,03	74,05	13,92	0,00	2,21
84	60	23,86	63,48	12,66	0,00	8,64
92	77	17,11	70,91	11,99	0,00	4,34
85	59	20,35	72,90	6,75	0,00	4,75
99	88	20,88	69,04	10,07	5,34	0,00
84	43	20,89	67,81	11,30	0,00	3,84
98	80	21,46	70,13	8,41	0,00	4,91
79	46	17,10	70,18	12,72	0,00	3,90
92	59	19,26	70,12	10,62	0,00	4,30
90	61	10,67	80,87	8,46	0,00	2,55

Prilog 4.1.

Glu 15 %	Glu 17 %	Glu 21 %	Glu 25 %	Glu 29 %	Glu 34 %	Glu 38 %
2,26	0,00	5,12	5,16	0,00	2,30	6,72
3,45	0,62	5,15	2,62	0,00	3,33	6,95
2,03	0,00	1,41	0,39	0,00	0,16	2,56
2,98	0,00	2,39	0,00	0,00	0,22	1,60
3,43	0,80	1,85	0,23	0,00	0,08	1,74
1,88	0,13	1,48	0,77	0,09	0,00	1,39
2,85	0,86	2,40	0,43	0,16	0,23	1,56
2,20	0,28	1,22	0,45	0,16	0,03	1,72
2,82	0,63	1,95	0,53	0,00	0,29	1,18
2,77	1,36	1,17	0,31	0,00	0,03	1,77
2,65	2,66	1,27	0,48	0,00	0,22	2,89
3,45	0,66	1,94	0,88	0,18	0,17	1,79
4,18	0,60	1,86	0,29	0,37	0,01	3,63
2,10	0,44	1,39	0,91	0,00	2,03	2,65
1,27	0,48	0,46	0,19	0,00	0,29	1,92
1,69	0,00	1,33	0,00	0,00	0,12	1,76
4,40	1,11	3,38	0,65	0,00	0,55	3,45
4,50	1,46	4,84	0,56	0,00	1,07	4,08
4,09	1,12	4,78	0,96	0,00	1,08	4,88
4,15	1,42	4,27	0,45	0,00	0,49	3,73
4,96	1,96	4,04	0,70	0,00	0,78	3,46
4,33	1,50	3,08	0,39	0,00	0,35	2,89
6,40	2,51	4,65	0,83	0,00	0,47	2,90
5,12	2,26	3,59	0,79	0,00	0,76	3,13
6,96	2,75	7,57	1,49	0,00	5,13	5,13
6,74	2,88	3,33	0,78	0,00	1,57	3,81
6,62	2,00	6,12	1,79	0,16	2,12	5,31
8,67	2,99	6,66	1,25	0,28	1,64	3,35
5,51	2,23	3,78	1,07	0,00	0,88	4,78
7,50	2,94	8,01	2,56	0,00	3,12	4,04
5,22	2,02	3,48	0,62	0,00	0,60	3,28
4,61	2,64	3,34	0,56	0,00	0,53	2,65
4,14	3,22	5,98	4,38	0,00	2,76	2,98
7,22	4,00	5,21	0,94	0,00	1,51	2,30
7,23	2,80	6,84	2,84	0,00	1,95	4,34
3,60	1,15	2,26	0,75	0,00	0,80	4,04
4,76	1,71	4,11	0,85	0,00	0,55	3,49
4,51	0,95	0,86	0,95	0,00	1,16	5,60
4,73	1,10	3,12	0,88	0,00	0,67	2,67
7,34	2,59	4,06	1,24	0,00	0,33	4,81
6,16	1,84	3,70	1,08	0,00	0,37	3,09
6,11	3,02	4,60	1,88	0,00	0,64	3,16
5,69	2,15	4,55	3,04	0,11	0,27	4,68
10,91	1,22	3,69	1,04	0,19	0,91	2,53
6,07	2,45	5,42	2,61	0,00	0,69	6,44
5,22	3,32	3,72	0,96	0,00	1,08	3,17
6,89	2,23	3,56	2,28	0,00	1,51	4,42
3,82	1,38	2,16	0,77	0,00	0,25	2,52

Prilog 4.1.

Glu 41 %	Glu 44 %	Glu 48 %	Glu 53 %	Glu 59 %	Glu 62 %	Glu 71 %
9,94	15,91	6,20	7,87	13,96	3,05	5,05
12,06	22,27	4,11	8,36	4,56	1,55	3,37
9,91	26,32	7,98	8,43	18,00	1,36	4,65
4,50	23,96	3,83	2,86	28,57	6,07	4,83
8,41	25,57	6,65	7,21	17,25	2,31	6,20
6,62	13,92	3,92	11,21	29,01	5,14	5,54
7,00	12,59	6,23	5,19	19,53	4,38	2,41
7,09	14,96	3,30	6,34	25,26	4,28	4,94
9,54	25,77	8,61	8,61	4,03	3,09	7,03
11,19	26,33	7,51	7,83	14,19	2,43	3,42
3,53	19,15	3,14	5,61	32,00	4,14	1,06
5,16	16,74	4,42	6,20	27,89	3,65	4,91
5,11	18,93	7,44	7,20	21,30	2,81	1,93
8,11	20,70	4,03	5,25	19,29	3,87	5,06
7,71	22,47	8,72	5,56	26,35	2,39	3,50
8,06	25,00	5,24	6,25	20,32	3,23	2,32
9,00	24,73	8,63	4,82	17,16	2,00	3,77
10,94	28,04	3,96	8,85	6,73	1,89	3,80
14,47	27,25	4,68	6,81	10,96	1,23	5,15
7,30	21,78	4,55	3,53	20,17	3,72	4,83
9,87	20,73	5,33	7,46	13,18	2,12	6,41
9,62	18,06	5,39	10,79	19,41	3,38	4,36
6,87	15,04	4,55	5,78	14,50	3,11	1,05
6,93	16,22	3,61	6,21	17,64	3,30	5,86
10,33	20,69	4,54	2,56	1,09	2,49	6,90
12,01	27,22	6,61	6,34	10,34	1,58	3,97
6,75	18,21	3,30	2,79	13,40	4,31	4,80
8,69	21,19	6,04	4,71	8,69	2,46	3,36
5,80	22,96	5,29	6,05	19,17	1,19	1,24
8,83	12,02	3,02	4,21	11,02	2,76	5,83
9,87	22,60	6,62	5,40	16,65	2,55	3,96
11,18	24,31	8,62	4,04	12,15	2,42	3,53
3,69	4,60	4,14	3,45	5,74	2,76	5,05
14,45	23,67	10,72	6,69	3,42	0,31	1,75
13,34	19,68	5,62	5,30	7,59	0,78	4,50
13,32	29,54	8,62	2,79	16,12	1,75	2,12
12,38	23,68	6,39	5,96	10,87	1,35	4,89
14,40	22,41	9,06	8,51	15,50	1,40	0,79
14,30	25,50	12,04	3,01	13,32	0,90	0,00
4,91	24,31	9,45	1,98	10,29	2,13	3,69
12,83	19,76	7,23	4,99	17,00	1,66	2,32
12,48	24,89	7,41	5,84	12,57	1,39	2,95
7,59	19,09	5,96	2,74	21,39	1,96	2,01
18,00	16,70	4,70	4,80	13,59	2,21	3,19
5,96	23,72	8,34	5,85	17,02	0,92	0,63
13,85	19,72	6,97	4,61	14,57	1,73	2,49
11,61	20,42	9,33	3,00	11,14	2,01	3,51
14,82	25,40	14,49	4,62	15,14	1,24	0,93

## Prilog 4.1.

Glu 84 %	Glu 97 %	Glu 108 %	Glu 123 %	Glu 131 %	Glu 133 %	Glu 139 %
0,00	1,28	0,00	1,70	0,00	1,45	0,00
0,00	0,50	0,00	1,24	0,00	2,56	0,00
0,00	0,78	0,00	0,59	0,00	6,17	0,00
0,00	1,60	0,00	1,32	1,83	0,00	2,05
0,00	1,44	0,00	1,97	0,00	1,65	0,00
0,00	1,36	0,00	2,79	0,00	0,37	0,00
0,00	0,62	0,00	2,27	0,00	3,65	0,00
0,00	1,17	0,00	3,01	0,00	4,37	0,00
0,00	1,77	0,00	0,38	0,00	4,50	0,00
0,00	1,78	0,00	1,06	0,00	8,15	0,00
0,00	1,55	0,00	1,39	0,00	3,64	0,00
0,00	1,39	0,00	0,45	7,58	0,00	0,00
0,45	0,00	0,00	0,40	0,32	0,00	3,02
0,00	1,90	0,00	2,18	0,00	9,26	0,00
0,00	1,63	0,00	1,30	0,00	2,70	0,00
0,00	1,44	0,00	2,08	0,00	3,12	0,00
0,00	1,11	0,00	1,82	0,00	1,84	0,00
0,00	1,27	0,00	0,72	0,00	2,03	0,00
0,00	1,79	0,00	0,32	0,00	4,17	0,00
0,00	1,63	0,00	1,46	2,07	0,00	2,38
0,00	1,94	0,00	2,00	0,00	1,62	0,00
0,00	2,34	0,00	3,12	0,00	0,97	0,00
0,00	1,91	0,00	3,63	0,00	4,75	0,00
0,00	1,79	0,00	2,27	0,00	3,38	0,00
0,78	3,12	0,00	0,38	0,00	1,20	0,00
0,26	2,38	0,00	1,68	0,00	3,33	0,00
0,00	2,61	0,00	2,06	0,00	2,34	0,00
0,00	1,80	0,00	0,79	4,23	0,00	0,00
0,10	0,00	0,62	1,83	1,09	0,00	0,57
0,00	2,99	0,00	1,72	0,00	4,37	0,00
0,00	2,01	0,00	2,51	0,00	2,21	0,00
0,00	2,07	0,00	2,55	0,00	2,60	0,00
0,00	8,22	0,00	8,50	0,00	6,67	0,00
0,00	1,38	0,00	1,62	0,00	2,41	0,00
0,00	2,13	0,00	0,34	0,00	4,15	0,00
0,00	1,21	0,00	2,56	1,89	0,00	0,89
0,00	2,25	0,00	1,60	0,00	2,45	0,00
0,00	1,99	0,00	4,26	0,00	0,80	0,00
0,00	1,64	0,00	4,91	0,00	2,25	0,00
0,22	1,36	0,00	4,15	0,00	3,49	0,00
0,00	1,66	0,00	3,22	0,00	2,76	0,00
0,00	1,57	0,00	0,91	0,00	2,68	0,00
0,00	3,35	0,00	3,80	0,00	2,01	0,00
0,00	1,17	0,00	0,51	4,15	0,00	0,00
0,57	0,00	0,00	1,21	0,64	0,00	0,47
0,00	1,98	0,00	2,71	0,00	5,79	0,00
0,00	3,17	0,00	2,49	0,00	2,31	0,00
0,00	1,46	0,00	3,60	0,00	1,34	0,00

## Prilog 4.1.

Glu 148 %	Glu 184 %	Glu 218 %	LMW % površine Glijadini	Main % površine Glijadini	Omega % površine Glijadini
1,88	5,00	2,06	10,74	74,13	9,85
3,92	7,06	2,67	12,04	76,01	6,42
0,00	6,23	0,00	4,07	89,40	5,24
2,61	7,05	0,00	6,53	85,71	7,20
4,65	6,66	0,00	5,65	84,15	8,88
4,64	7,58	0,00	7,99	82,42	8,13
8,01	10,61	4,60	12,41	75,44	12,15
5,10	9,27	2,34	10,31	82,02	5,75
5,51	10,09	0,00	7,30	86,15	4,80
0,00	7,86	0,00	5,60	83,91	9,27
4,37	8,65	0,00	8,91	77,50	12,52
0,00	8,26	0,00	6,00	84,97	7,99
5,12	7,13	2,95	7,92	82,49	8,57
0,00	9,12	0,00	8,42	79,27	10,76
3,45	8,73	0,00	5,69	89,13	4,19
4,22	8,66	0,00	4,69	85,95	8,63
2,18	3,18	1,72	8,86	83,10	6,16
3,82	5,82	2,57	13,08	78,52	5,97
0,00	3,98	0,00	6,58	85,95	7,04
2,29	6,24	0,00	8,72	83,64	7,05
4,03	5,61	0,00	10,31	76,84	11,33
3,20	5,10	0,00	10,73	74,73	13,25
4,93	8,36	3,69	13,73	63,86	19,66
5,01	7,32	1,29	12,04	70,90	14,77
4,59	1,74	0,00	10,95	78,91	7,35
0,00	2,47	0,00	13,37	75,58	10,54
4,91	3,70	0,00	19,87	57,75	20,72
0,00	6,23	0,00	17,96	70,40	10,15
4,69	4,43	2,20	13,55	75,86	9,19
0,00	2,88	0,00	18,12	65,48	15,17
2,67	4,10	0,00	9,72	80,16	8,06
3,08	3,31	0,00	14,74	67,97	15,58
7,37	5,29	6,44	7,17	86,33	5,67
2,25	2,43	1,61	10,36	80,61	6,35
0,00	3,65	0,00	7,72	82,79	8,74
1,14	2,22	0,00	6,63	89,40	3,98
3,21	3,87	0,00	6,41	87,48	5,13
1,19	1,50	0,00	12,43	78,37	8,44
2,83	2,26	1,67	6,68	80,16	11,79
1,89	2,19	0,93	9,23	76,25	12,56
2,52	3,49	0,00	8,03	80,69	10,30
0,00	3,15	0,00	12,67	75,24	10,79
2,04	2,23	0,00	13,58	74,09	10,50
0,00	6,64	0,00	7,78	88,17	3,54
2,80	2,24	1,04	12,47	79,00	6,61
0,00	4,22	0,00	12,68	73,79	11,90
3,11	2,71	0,00	9,32	83,53	6,67
1,57	1,95	0,00	8,64	79,55	10,51

## Prilog 4.1.

HMW % površine Glijadini	Gli 13 %	Gli 14 %	Gli 15 %	Gli 17 %	Gli 22 %	Gli 26 %
5,27	0,00	6,14	4,60	0,00	0,00	1,47
5,53	0,00	5,35	5,71	0,97	0,00	0,75
1,29	0,00	2,53	1,53	0,00	0,00	0,00
0,56	0,00	2,59	2,88	1,07	0,00	0,00
1,32	0,00	2,57	2,26	0,83	0,00	0,00
1,46	0,00	3,54	3,67	0,78	0,00	0,00
0,00	0,00	3,88	4,79	3,74	0,00	0,00
1,91	1,39	3,27	3,41	0,00	0,00	2,23
1,75	0,00	3,11	3,06	1,13	0,00	0,00
1,22	0,00	2,65	2,22	0,73	0,00	0,00
1,07	0,00	3,81	3,44	1,66	0,00	0,00
1,03	0,00	2,05	3,08	0,87	0,00	0,00
1,02	0,00	2,73	3,78	1,41	0,00	0,00
1,55	0,00	3,61	3,67	1,14	0,00	0,00
1,00	0,00	1,85	3,38	0,46	0,00	0,00
0,73	0,00	1,87	2,12	0,69	0,00	0,00
1,89	0,00	4,05	4,81	0,00	0,00	0,00
2,14	0,00	4,06	6,41	2,61	0,00	0,00
0,43	0,00	3,36	3,21	0,00	0,00	0,00
0,59	0,00	3,16	4,41	1,16	0,00	0,00
1,52	0,00	4,12	4,58	1,60	0,00	0,00
1,28	0,00	4,29	4,70	1,75	0,00	0,00
2,76	0,00	4,92	6,11	2,69	0,00	0,00
2,28	0,00	4,15	5,85	2,04	0,00	0,00
2,80	0,00	2,82	5,51	2,62	0,00	0,00
0,52	0,00	4,69	6,22	2,45	0,00	0,00
1,66	0,00	6,17	9,74	3,95	0,00	0,18
1,48	0,00	5,70	9,44	2,82	0,00	0,00
1,40	0,00	5,59	5,86	2,10	0,00	0,00
1,23	0,00	5,79	8,72	3,61	0,00	0,00
2,06	0,00	2,84	5,33	1,55	0,00	0,00
1,70	0,00	5,42	6,29	3,03	0,00	0,00
0,83	0,00	3,43	3,74	0,00	0,00	0,04
2,68	0,00	4,19	4,90	1,26	0,00	0,00
0,75	0,00	3,28	4,44	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2,84	3,24	0,55	0,00	0,00
0,97	0,00	2,14	3,67	0,60	0,00	0,00
0,76	0,00	6,29	4,86	0,97	0,00	0,30
1,37	0,00	2,70	3,25	0,73	0,00	0,00
1,96	0,00	4,26	4,00	0,97	0,00	0,00
0,98	0,00	3,40	3,80	0,83	0,00	0,00
1,31	0,00	5,67	5,23	1,76	0,00	0,00
1,83	0,00	5,02	7,06	1,50	0,00	1,26
0,51	0,00	2,79	4,08	0,91	0,00	0,00
1,93	0,00	4,56	5,31	1,53	0,64	0,42
1,63	0,00	4,86	6,22	1,61	0,00	0,00
0,49	0,00	3,06	5,12	1,14	0,00	0,00
1,29	0,00	3,56	4,08	1,00	0,00	0,00

## Prilog 4.1.

Gli 29 %	Gli 31 %	Gli 34 %	Gli 37 %	Gli 42 %	Gli 44 %	Gli 47 %
0,00	0,00	0,00	4,99	11,94	19,79	17,97
5,18	0,00	0,00	15,76	28,03	15,23	7,15
0,00	0,00	0,00	0,00	23,42	31,35	16,31
0,00	0,00	0,00	2,39	13,59	33,82	15,88
0,00	0,00	0,00	2,00	15,89	34,25	14,76
0,00	0,00	0,00	1,73	13,16	25,70	18,36
0,00	0,00	0,00	4,13	0,00	12,02	24,03
0,00	1,26	0,00	10,57	18,88	22,94	10,00
0,00	0,00	0,00	1,11	18,93	36,42	17,04
0,00	0,00	0,00	1,42	22,93	27,48	14,59
0,00	1,75	0,00	7,52	33,71	11,44	2,60
0,00	0,00	0,00	1,95	12,51	26,84	20,14
0,00	0,00	0,00	1,64	11,78	25,17	19,86
0,00	0,00	0,00	1,80	15,22	22,31	16,52
0,00	0,00	0,00	6,42	20,67	26,90	15,89
0,00	0,00	0,00	1,92	17,35	30,05	19,63
0,00	0,00	0,00	2,31	12,33	28,24	24,54
2,24	0,00	0,00	15,99	33,15	17,92	6,16
0,00	0,00	0,00	0,00	24,37	29,93	20,76
0,00	0,00	0,00	3,12	13,53	35,22	17,91
0,00	0,00	0,00	2,60	14,92	30,80	15,83
0,00	0,00	0,00	1,83	12,26	27,74	15,81
0,00	0,00	0,00	2,94	14,12	23,46	14,98
0,00	0,00	0,00	2,60	14,78	24,04	13,94
0,33	0,00	0,00	8,93	17,54	32,72	13,17
0,27	0,00	0,86	2,69	17,99	22,82	18,99
0,00	0,70	0,00	5,12	25,33	12,76	2,23
0,35	0,00	0,00	5,35	14,79	25,81	15,21
0,00	0,00	0,00	7,38	21,03	13,58	17,20
0,00	0,00	0,00	4,63	13,69	22,04	11,05
0,00	0,00	0,00	4,52	18,13	28,34	17,14
0,00	0,00	0,00	2,15	15,32	22,80	16,26
0,00	0,00	0,00	2,33	16,90	25,58	24,29
2,11	0,00	0,00	19,32	27,17	21,12	6,59
0,00	0,00	0,00	0,00	28,38	23,33	19,70
0,00	0,00	0,00	2,60	21,91	28,42	19,90
0,00	0,00	0,00	1,88	22,42	34,83	17,33
0,00	0,00	0,00	4,77	13,66	25,86	14,08
0,00	0,00	0,00	1,98	16,05	26,85	21,69
0,00	0,00	0,00	7,22	16,01	21,12	15,72
0,00	0,00	0,00	2,66	20,39	25,20	16,04
0,00	0,00	0,00	1,98	16,84	19,47	18,99
0,00	1,03	0,00	6,17	20,90	25,77	2,20
0,00	0,00	0,00	1,05	18,29	36,16	26,35
0,00	0,00	0,00	6,48	18,06	20,26	15,89
0,00	0,00	0,00	3,27	17,26	22,85	13,93
0,00	0,00	0,00	3,10	20,61	25,55	20,15
0,00	0,00	0,00	2,18	17,26	24,30	19,05



## Prilog 4.1.

Gli 52 %	Gli 54 %	Gli 59 %	Gli 72 %	Gli 76 %	Gli 80 %	Gli 96 %
5,68	0,00	11,07	1,23	0,00	0,00	3,19
3,12	0,00	0,79	0,00	0,00	2,50	1,25
5,23	0,00	12,17	0,92	0,00	0,00	1,07
0,00	2,61	17,30	0,12	0,00	0,00	1,52
5,28	0,00	11,28	0,70	0,00	0,00	1,71
6,03	0,00	17,30	0,14	0,00	0,00	2,69
6,82	0,00	26,38	2,06	0,00	0,00	2,40
6,89	0,00	10,29	1,20	0,00	0,00	0,71
8,24	0,00	2,45	1,97	0,00	0,00	2,10
5,72	0,00	11,30	0,47	0,00	0,00	3,40
0,00	0,00	20,47	0,00	0,05	0,00	5,27
3,44	0,00	19,93	0,15	0,00	0,00	3,04
3,33	0,00	20,48	0,23	0,00	0,00	3,15
4,95	0,00	18,15	0,32	0,00	0,00	2,39
1,86	0,00	16,97	0,41	0,00	0,00	1,83
3,65	0,00	13,30	0,05	0,00	0,00	2,80
2,92	0,00	12,51	0,25	0,00	0,00	0,90
2,73	0,00	0,32	0,00	0,00	1,69	2,83
3,05	0,00	7,30	0,54	0,00	0,00	1,09
0,00	0,77	12,38	0,70	0,00	0,00	0,86
3,74	0,00	8,15	0,80	0,00	0,00	2,17
4,89	0,00	11,80	0,41	0,00	0,00	4,03
2,72	0,00	5,64	0,00	0,00	0,00	2,27
3,88	0,00	10,83	0,83	0,00	0,00	2,36
2,88	0,00	0,89	2,45	0,00	0,00	2,38
3,78	0,00	6,79	1,40	0,00	0,23	3,71
0,00	0,00	11,43	0,00	1,29	0,00	7,72
3,19	0,00	4,19	1,51	0,00	0,00	4,30
3,94	0,00	12,73	0,00	0,00	0,00	3,79
2,31	0,00	10,47	1,27	0,00	0,00	1,93
2,32	0,00	7,81	1,90	0,00	0,00	3,36
3,14	0,00	7,78	0,51	0,00	0,00	4,27
3,32	0,00	13,70	0,16	0,00	0,00	0,84
3,00	0,00	1,30	0,94	0,00	2,81	1,23
4,10	0,00	6,50	0,78	0,00	0,00	2,07
0,00	2,03	14,53	0,02	0,00	0,00	0,21
4,04	0,00	6,97	0,00	0,00	0,00	0,50
5,37	0,00	14,23	0,40	0,00	0,00	2,61
2,88	0,00	10,72	0,00	0,00	0,00	2,08
3,79	0,00	11,38	1,01	0,00	0,00	1,87
3,22	0,00	12,80	0,39	0,00	0,00	1,88
4,14	0,00	12,61	1,23	0,00	0,00	3,83
0,00	0,00	16,77	0,00	0,94	0,00	4,05
4,24	0,00	1,56	0,52	0,00	0,00	1,39
4,36	0,00	13,94	0,00	0,00	0,00	2,44
3,03	0,00	13,00	0,44	0,00	0,00	2,11
2,63	0,00	11,33	0,16	0,00	0,00	2,29
3,30	0,00	13,02	0,44	0,00	0,00	3,04

## Prilog 4.1.

Gli 105 %	Gli 121 %	Gli 125 %	Gli 129 %	Gli 131 %	Gli 148 %	Gli 166 %
0,00	0,00	6,66	0,00	0,00	0,69	0,00
0,00	0,00	0,00	2,66	0,91	2,73	0,00
0,00	2,24	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00
0,00	0,00	5,68	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	7,16	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00
0,00	0,00	5,44	0,00	0,00	0,52	0,00
2,18	0,00	7,57	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	3,94	0,00	1,10	0,46	0,00
0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	0,49	0,00
0,00	3,98	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00
0,00	7,20	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00
0,00	0,00	4,95	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	3,42	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
0,00	0,00	4,70	3,67	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2,36	0,00	0,00	0,17	0,00
0,00	0,00	5,83	0,00	0,00	0,18	0,00
0,00	0,00	5,26	0,00	0,00	0,00	0,78
0,00	0,00	0,00	1,45	0,63	0,64	0,00
0,00	3,80	0,00	0,00	2,15	0,00	0,00
0,00	0,00	6,18	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	9,16	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00
0,00	0,00	9,23	0,00	0,00	0,48	0,00
2,56	0,00	14,83	0,00	0,00	0,97	0,00
0,00	0,00	9,67	0,00	2,75	0,56	0,00
0,00	0,00	0,00	4,96	0,00	1,28	0,00
0,00	4,75	0,00	0,00	1,84	0,00	0,00
0,00	11,71	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00
0,00	0,00	5,85	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	3,18	0,00	0,00	2,22	0,37	0,00
0,00	0,00	7,87	5,37	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	4,70	0,00	0,00	1,50	0,00
0,00	0,00	11,32	0,00	0,00	0,35	0,00
0,00	0,00	4,83	0,00	0,00	0,26	0,00
0,00	0,00	0,00	1,37	0,79	0,95	0,00
0,00	2,64	0,00	0,00	4,04	0,00	0,00
0,00	0,00	3,77	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	4,63	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00
0,00	0,00	5,83	0,00	0,00	0,34	0,00
0,43	0,00	9,28	0,00	0,00	0,24	0,00
0,00	0,00	6,84	0,00	3,85	0,72	0,00
0,00	0,00	0,00	8,42	0,00	0,39	0,00
0,00	3,30	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00
0,00	5,51	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00
0,00	0,00	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	3,14	0,00	0,00	1,04	0,91	0,00
0,00	0,00	4,53	5,26	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	4,37	0,00	0,00	0,22	0,00
0,00	0,00	7,47	0,00	0,00	0,49	0,00

## Prilog 4.1.

Gli 186 %	Gli 202 %	Gli 220 %	SH grupe 30 °C 0' mg/kg glutena	SH grupe 30 °C 135' mg/kg glutena	SH grupe 30 °C 0' mg/kg brašna
2,57	0,91	1,11	0,563	0,784	0,157
0,79	1,10	0,00	0,795	0,840	0,207
1,29	0,00	0,00	0,809	1,135	0,229
0,56	0,00	0,00	0,998	1,299	0,233
0,94	0,00	0,00	0,877	0,834	0,249
0,94	0,00	0,00	0,780	0,931	0,217
0,00	0,00	0,00	0,832	0,916	0,211
1,46	0,00	0,00	0,835	0,953	0,257
1,25	0,00	0,00	0,873	0,980	0,239
1,22	0,00	0,00	0,802	0,983	0,244
0,86	0,00	0,00	0,799	0,901	0,186
1,03	0,00	0,00	0,912	0,920	0,172
1,02	0,00	0,00	0,865	0,840	0,211
1,55	0,00	0,00	1,062	1,438	0,300
0,83	0,00	0,00	0,840	0,870	0,180
0,55	0,00	0,00	0,881	0,961	0,267
0,78	0,00	0,34	0,905	1,059	0,231
0,33	0,54	0,00	0,961	1,003	0,279
0,43	0,00	0,00	0,895	0,999	0,277
0,59	0,00	0,00	0,889	1,242	0,267
0,91	0,00	0,00	0,895	1,076	0,358
0,80	0,00	0,00	0,942	0,959	0,343
0,94	0,00	0,85	0,925	1,043	0,272
1,15	0,00	0,57	0,777	1,017	0,239
1,52	0,00	0,00	0,855	1,097	0,268
0,26	0,00	0,25	1,005	1,133	0,388
1,01	0,00	0,00	0,978	1,050	0,240
1,48	0,00	0,00	0,781	0,889	0,222
0,55	0,00	0,48	0,752	0,871	0,216
1,23	0,00	0,00	0,852	1,057	0,309
0,56	0,00	0,00	0,952	1,107	0,240
1,36	0,00	0,00	0,878	0,907	0,326
0,31	0,09	0,17	0,934	0,863	0,327
0,29	0,64	0,00	0,911	0,950	0,319
0,75	0,00	0,00	1,050	1,133	0,347
0,00	0,00	0,00	0,876	1,384	0,289
0,46	0,00	0,00	0,846	1,019	0,313
0,42	0,00	0,00	0,677	0,982	0,244
0,57	0,00	0,56	0,914	1,130	0,338
0,66	0,00	0,57	0,820	1,029	0,328
0,58	0,00	0,00	0,918	0,950	0,367
1,31	0,00	0,00	0,960	1,129	0,278
0,89	0,00	0,00	0,950	0,969	0,266
0,51	0,00	0,00	0,972	1,249	0,311
0,57	0,00	0,44	0,831	0,913	0,233
1,63	0,00	0,00	1,157	1,576	0,440
0,27	0,00	0,00	0,942	2,167	0,273
0,80	0,00	0,00	0,821	1,007	0,320

## Prilog 4.1.

SH grupe 30 °C 135' mg/kg brašna	SH grupe 30 °C 0' mg/kg testa	SH grupe 30 °C 135' mg/kg testa	Amino grupe 0' µg/kg glutena	Amino grupe 30 °C 135' µg/kg glutena
0,219	0,099	0,139	0,0713	0,1316
0,219	0,128	0,136	0,1408	0,2472
0,322	0,143	0,201	0,1808	0,2520
0,304	0,149	0,193	0,1908	0,3342
0,237	0,158	0,150	0,1399	0,2193
0,259	0,138	0,165	0,1932	0,3023
0,233	0,134	0,147	0,1042	0,1871
0,293	0,159	0,181	0,1151	0,8766
0,269	0,150	0,169	0,1641	0,2531
0,299	0,155	0,190	0,1404	0,2521
0,210	0,118	0,133	0,1225	0,1646
0,174	0,114	0,115	0,1260	0,2078
0,205	0,134	0,130	0,1363	0,2391
0,406	0,189	0,256	0,1492	0,3143
0,187	0,115	0,119	0,1055	0,1928
0,291	0,167	0,182	0,1843	0,2836
0,270	0,140	0,163	0,0737	0,1364
0,291	0,166	0,173	0,0666	0,1474
0,310	0,166	0,185	0,0968	0,2395
0,373	0,162	0,226	0,1138	0,3283
0,430	0,221	0,266	0,1111	0,2203
0,349	0,211	0,215	0,1009	0,1697
0,307	0,164	0,185	0,0898	0,1767
0,313	0,149	0,195	0,0802	0,1913
0,343	0,162	0,208	0,0932	0,1858
0,437	0,241	0,272	0,0741	0,2159
0,258	0,149	0,160	0,0760	0,2004
0,252	0,136	0,155	0,0505	0,1590
0,251	0,134	0,155	0,0567	0,1732
0,383	0,191	0,236	0,1164	0,2400
0,279	0,145	0,169	0,0838	0,2142
0,337	0,199	0,205	0,0711	0,1392
0,302	0,193	0,179	0,0564	0,1650
0,333	0,192	0,201	0,0420	0,1349
0,374	0,205	0,221	0,1157	0,2944
0,457	0,176	0,277	0,0702	0,1967
0,377	0,189	0,228	0,0817	0,2100
0,354	0,149	0,216	0,0979	0,1693
0,418	0,206	0,255	0,0891	0,2176
0,411	0,198	0,249	0,0930	0,2305
0,380	0,220	0,228	0,0803	0,1823
0,328	0,172	0,202	0,0686	0,1797
0,271	0,164	0,167	0,0729	0,1700
0,400	0,190	0,244	0,0792	0,1970
0,256	0,141	0,155	0,0850	0,2080
0,599	0,269	0,366	0,1147	0,2088
0,628	0,167	0,385	0,0471	0,1276
0,393	0,196	0,241	0,0549	0,1627

## Prilog 4.1.

Amino grupe 37 °C 135' µg/kg glutena	Amino grupe 0' µg/kg brašna	Amino grupe 30 °C 135' µg/kg brašna	Amino grupe 37 °C 135' µg/kg brašna	Amino grupe 0' µg/kg testa	Amino grupe 30 °C 135' µg/kg testa
0,1246	0,0199	0,0368	0,0348	0,0126	0,0233
0,2319	0,0368	0,0645	0,0605	0,0227	0,0399
0,2337	0,0512	0,0714	0,0662	0,0321	0,0447
0,3547	0,0446	0,0781	0,0829	0,0284	0,0498
0,2297	0,0397	0,0622	0,0652	0,0252	0,0394
0,2399	0,0537	0,0841	0,0667	0,0342	0,0535
0,1938	0,0265	0,0475	0,0492	0,0168	0,0301
0,1765	0,0354	0,2694	0,0542	0,0219	0,1667
0,2899	0,0450	0,0693	0,0794	0,0283	0,0436
0,1738	0,0427	0,0766	0,0528	0,0272	0,0489
0,1499	0,0285	0,0383	0,0349	0,0181	0,0244
0,1949	0,0238	0,0392	0,0368	0,0157	0,0259
0,2038	0,0332	0,0582	0,0496	0,0211	0,0370
0,3131	0,0421	0,0887	0,0884	0,0266	0,0560
0,2263	0,0226	0,0414	0,0486	0,0144	0,0264
0,3028	0,0558	0,0859	0,0918	0,0349	0,0538
0,1356	0,0188	0,0348	0,0346	0,0114	0,0210
0,1896	0,0193	0,0428	0,0550	0,0115	0,0254
0,2366	0,0300	0,0742	0,0734	0,0180	0,0444
0,3557	0,0341	0,0985	0,1067	0,0207	0,0597
0,2043	0,0445	0,0881	0,0817	0,0275	0,0544
0,1777	0,0367	0,0618	0,0647	0,0226	0,0381
0,1752	0,0264	0,0520	0,0515	0,0159	0,0313
0,1907	0,0247	0,0589	0,0587	0,0154	0,0367
0,2386	0,0292	0,0582	0,0747	0,0177	0,0353
0,2152	0,0286	0,0833	0,0831	0,0178	0,0518
0,1952	0,0187	0,0493	0,0480	0,0116	0,0306
0,1226	0,0144	0,0452	0,0348	0,0088	0,0278
0,1695	0,0163	0,0499	0,0488	0,0101	0,0308
0,3066	0,0422	0,0869	0,1110	0,0260	0,0537
0,1983	0,0211	0,0540	0,0500	0,0128	0,0327
0,1861	0,0264	0,0517	0,0690	0,0161	0,0315
0,1732	0,0197	0,0577	0,0606	0,0117	0,0342
0,1565	0,0147	0,0472	0,0548	0,0089	0,0285
0,2844	0,0382	0,0971	0,0939	0,0226	0,0575
0,2514	0,0232	0,0649	0,0829	0,0141	0,0394
0,2057	0,0302	0,0777	0,0761	0,0183	0,0470
0,1916	0,0352	0,0610	0,0690	0,0215	0,0372
0,2598	0,0330	0,0805	0,0961	0,0201	0,0490
0,2069	0,0372	0,0922	0,0828	0,0225	0,0558
0,1859	0,0321	0,0729	0,0744	0,0193	0,0437
0,1756	0,0199	0,0521	0,0509	0,0123	0,0322
0,1785	0,0204	0,0476	0,0500	0,0126	0,0294
0,2184	0,0254	0,0631	0,0699	0,0155	0,0385
0,2493	0,0238	0,0582	0,0698	0,0145	0,0354
0,2257	0,0436	0,0794	0,0857	0,0267	0,0485
0,1548	0,0136	0,0370	0,0449	0,0084	0,0226
0,1846	0,0214	0,0635	0,0720	0,0131	0,0389

## Prilog 4.1.

Amino grupe 37 °C 135' µg/kg testa	N %	Protein % (brašno)	C %	H %	L*(D65)	a*(D65)
0,0220	1,88	10,74	40,76	6,86	51,44	10,84
0,0374	1,79	10,21	40,88	6,55	53,21	14,35
0,0414	1,83	10,44	41,12	6,64	52,43	14,19
0,0528	1,58	9,00	40,36	6,28	61,87	8,33
0,0413	1,88	10,72	40,86	6,50	63,88	9,11
0,0425	1,78	10,17	40,05	6,26	57,81	12,95
0,0312	1,76	10,02	39,71	6,10	65,67	6,77
0,0336	1,95	11,10	40,45	6,25	58,84	11,20
0,0499	1,89	10,78	40,35	6,22	61,50	10,27
0,0337	1,93	11,02	40,21	6,18	59,68	8,65
0,0222	1,65	9,40	39,78	6,00	67,81	6,34
0,0243	1,30	7,41	39,85	6,15	64,59	10,59
0,0316	1,83	10,40	39,74	6,04	64,70	7,48
0,0558	1,83	10,43	39,45	6,07	55,31	14,01
0,0309	1,41	8,04	39,63	5,90	58,56	13,65
0,0574	1,99	11,32	39,78	6,04	61,80	10,59
0,0209	1,75	9,96	41,36	7,12	58,09	11,78
0,0327	1,74	9,94	40,98	6,86	56,90	12,45
0,0439	1,72	9,79	40,48	6,85	46,06	14,03
0,0647	1,67	9,54	41,32	6,18	64,91	4,47
0,0505	1,93	11,01	40,79	6,95	62,78	9,38
0,0399	1,97	11,21	40,97	6,64	62,71	10,06
0,0310	1,81	10,30	40,75	6,81	57,59	10,89
0,0366	1,87	10,68	40,15	6,49	60,87	10,02
0,0453	1,93	10,97	40,43	6,51	55,28	13,78
0,0516	1,95	11,09	39,89	6,58	57,84	9,67
0,0298	1,71	9,74	40,05	6,27	53,50	12,90
0,0214	1,73	9,86	40,41	6,30	56,00	12,10
0,0301	1,76	10,03	40,42	6,20	65,19	7,45
0,0685	1,86	10,60	40,20	6,28	61,91	10,14
0,0303	1,78	10,15	40,11	6,26	49,34	15,24
0,0421	2,06	11,77	40,29	6,15	57,67	11,70
0,0359	1,99	11,37	41,05	6,26	48,46	14,76
0,0330	2,38	13,54	42,53	6,80	50,01	14,47
0,0556	1,81	10,30	41,03	6,40	42,61	15,30
0,0503	2,07	11,78	42,34	6,55	53,40	12,32
0,0460	2,01	11,47	41,16	6,61	44,50	14,30
0,0421	2,29	13,06	42,84	6,88	60,55	9,59
0,0585	2,33	13,29	42,33	6,66	47,10	13,71
0,0501	2,16	12,33	42,05	6,60	52,62	11,23
0,0446	2,42	13,81	42,91	6,76	44,92	13,56
0,0314	1,76	10,00	40,06	6,35	56,39	10,11
0,0308	2,22	12,68	40,54	6,04	46,34	14,70
0,0427	2,01	11,45	40,87	6,54	42,98	14,35
0,0424	1,79	10,23	41,43	6,41	56,31	11,95
0,0524	1,90	10,85	40,95	6,51	46,40	14,68
0,0275	2,01	11,44	41,23	6,16	46,34	15,58
0,0442	2,16	12,29	39,76	6,28	49,03	15,00

Prilog 4.1.

b*(D65)	C*(D65)	h(D65)	Dominant Wavelength(D65)	h f (mm)	h testa iz peci (mm)
28,94	30,97	69,14	583,27	85,0	97,3
32,91	36,00	66,17	584,65	93,7	96,0
32,35	35,39	66,07	584,63	92,0	96,0
33,40	34,45	76,13	580,84	85,0	82,0
35,03	36,26	75,54	581,09	95,3	104,0
35,49	37,85	69,94	583,25	93,7	103,0
32,49	33,27	78,61	579,96	96,0	99,3
33,98	35,91	71,63	582,53	98,0	110,3
34,30	35,92	73,49	581,84	99,0	100,3
28,94	30,32	73,47	581,61	92,3	100,7
31,42	32,08	78,70	579,82	93,0	93,3
34,36	35,97	72,90	581,94	82,0	76,3
31,42	32,34	76,74	580,51	94,3	102,0
30,76	33,85	65,42	584,66	89,3	99,7
36,36	38,87	69,50	583,44	86,0	87,3
34,85	36,47	73,14	581,95	95,7	100,3
33,03	35,10	70,45	582,90	80,3	82,3
32,15	34,51	68,78	583,47	91,0	100,0
26,61	30,18	61,65	586,10	92,7	95,3
29,47	29,84	81,45	578,92	91,7	89,0
33,60	34,92	74,49	581,39	93,7	103,3
33,61	35,11	73,37	581,79	89,3	97,0
29,83	31,86	69,89	582,93	95,0	104,0
34,12	35,62	73,68	581,75	91,3	96,3
33,09	35,90	67,40	584,10	91,3	96,7
30,97	32,50	72,59	582,03	80,3	81,0
29,70	32,44	66,31	584,30	94,3	98,7
33,05	35,22	69,91	583,14	74,7	74,0
33,58	34,43	77,66	580,27	86,0	86,0
33,67	35,21	73,36	581,83	90,3	99,3
28,93	32,76	62,03	586,06	87,0	95,7
32,75	34,83	70,31	582,95	93,7	103,3
28,23	31,91	62,21	585,95	95,3	96,7
28,74	32,20	63,19	585,52	94,7	100,0
21,97	26,82	54,89	588,53	91,0	96,0
31,87	34,23	68,74	583,59	92,0	92,0
24,07	28,02	59,13	586,93	92,3	102,3
32,59	34,05	73,75	581,68	93,0	105,7
25,76	29,26	61,51	586,02	93,0	98,7
27,73	30,01	67,74	583,68	97,7	106,3
24,68	28,21	61,11	586,20	94,0	101,3
31,28	32,91	72,03	582,27	91,7	97,0
25,18	29,24	59,34	586,91	95,0	105,0
20,96	25,51	54,80	588,39	94,3	110,0
31,98	34,23	69,50	583,24	99,0	108,0
26,81	30,62	60,93	586,41	88,7	95,0
26,13	30,48	58,93	587,18	93,3	101,3
27,78	31,67	61,32	586,27	92,7	103,7

Prilog 4.1.

delta h (mm)	prečnik a(mm)	prečnik b (mm)	h (mm)	Gornji presek a (mm)	Gornji presek b (mm)	Visina zarubljene
12,33	74,0	85,0	33,3	85	65	55
2,33	76,7	85,0	35,3	85	65	55
4,00	75,3	85,0	36,0	85	70	55
-3,00	72,7	85,0	22,7	85	65	55
8,67	82,7	85,0	40,7	85	70	55
9,33	78,0	85,0	39,0	85	70	55
3,33	76,3	85,0	36,7	85	65	55
12,33	87,3	85,0	42,3	85	70	55
1,33	77,0	85,0	38,0	85	65	55
8,33	78,7	85,0	35,0	85	70	55
0,33	75,3	85,0	31,3	85	65	55
-5,67	70,3	80,0	21,7	80	60	50
7,67	78,7	85,0	37,3	85	70	55
10,33	78,0	85,0	35,3	85	70	55
1,33	74,7	80,0	24,3	80	65	50
4,67	80,3	85,0	33,3	85	70	55
2,00	70,7	80,0	22,3	80	65	50
9,00	78,7	85,0	33,0	85	70	55
2,67	78,7	85,0	31,0	85	65	55
-2,67	75,0	85,0	25,7	85	65	55
9,67	86,0	85,0	36,7	85	70	55
7,67	77,0	85,0	31,0	85	70	55
9,00	82,3	85,0	37,3	85	70	55
5,00	77,7	85,0	34,3	85	70	55
5,33	81,7	85,0	33,3	85	65	55
0,67	71,3	85,0	21,7	85	65	55
4,33	79,3	85,0	36,3	85	70	55
-0,67	70,7	80,0	19,3	80	65	50
0,00	73,7	85,0	25,7	85	65	55
9,00	80,3	85,0	35,3	85	70	55
8,67	79,0	85,0	31,7	85	70	55
9,67	81,3	90,0	38,7	85	70	55
1,33	78,7	85,0	37,0	85	70	55
5,33	82,0	85,0	37,3	85	70	55
5,00	77,0	85,0	33,7	85	70	55
0,00	78,0	85,0	29,7	85	70	55
10,00	84,0	85,0	38,3	85	75	55
12,67	83,0	85,0	41,0	85	70	55
5,67	80,0	85,0	35,7	85	70	55
8,67	82,3	90,0	39,7	90	70	55
7,33	82,3	90,0	37,7	90	70	55
5,33	79,0	85,0	36,7	85	70	55
10,00	81,0	85,0	42,7	85	70	55
15,67	86,0	90,0	42,3	90	70	55
9,00	83,0	85,0	43,3	85	70	55
6,33	80,3	85,0	36,7	85	70	55
8,00	81,7	90,0	37,7	90	70	55
11,00	80,3	90,0	38,7	90	70	55



Prilog 4.1.

A poluelipse (mm2)	V poluelipse (cm3)	V hleba cm3 računska	Prinos mase hleba (g)	Čvrstoća g
1938,9	219,6	484,0	138,0	11293,2
2126,3	240,9	505,2	136,1	3206,2
2129,0	241,2	517,5	134,3	2824,5
1292,2	146,4	410,7	136,5	12940,4
2640,8	299,1	575,5	133,7	1848,7
2389,7	270,7	547,0	131,8	1744,6
2198,1	249,0	513,4	131,7	2183,3
2905,7	329,1	605,5	133,1	1417,4
2297,0	260,2	524,6	134,0	2706,4
2163,8	245,1	521,5	133,5	3406,6
1853,0	209,9	474,3	134,0	6618,4
1196,4	127,6	350,5	131,7	13541,7
2307,0	261,3	537,7	132,3	2563,1
2164,3	245,2	521,5	134,1	1871,5
1427,6	152,2	391,5	134,0	5880,4
2104,9	238,4	514,8	134,1	2513,9
1238,8	132,1	371,4	140,7	10152,3
2042,6	231,4	507,7	143,3	1813,2
1915,8	217,0	481,4	137,5	3212,2
1510,8	171,1	435,5	140,9	5411,8
2480,0	280,9	557,3	134,3	1672,4
1875,8	212,5	488,8	135,9	2589,0
2421,6	274,3	550,7	136,9	1541,2
2095,7	237,4	513,7	134,5	2665,0
2136,3	242,0	506,4	135,4	2073,5
1213,4	137,5	401,8	142,1	10763,7
2264,6	256,5	532,9	134,6	3519,2
1073,1	114,4	353,7	138,9	13302,4
1483,4	168,0	432,4	135,3	6773,2
2229,5	252,5	528,9	132,3	1878,8
1963,8	222,4	498,8	135,5	2268,6
2470,1	296,3	572,6	134,2	1569,1
2284,5	258,8	535,1	138,9	2472,4
2404,9	272,4	548,8	139,0	1810,2
2036,0	230,6	507,0	139,8	2463,6
1813,7	205,5	481,8	137,3	4527,9
2529,5	286,5	573,0	135,5	1590,1
2670,1	302,5	578,8	135,3	1333,5
2242,6	254,0	530,4	137,9	2641,7
2565,1	307,7	592,2	136,0	1553,6
2436,3	292,2	576,8	135,9	1958,9
2274,0	257,6	533,9	135,0	2671,4
2716,4	307,7	584,1	135,5	1761,0
2859,1	342,9	627,5	133,7	1458,8
2824,8	320,0	596,3	135,2	1519,3
2314,6	262,2	538,5	134,7	2443,1
2416,9	289,9	574,5	134,9	1531,3
2438,4	292,5	577,0	136,1	1503,9

Prilog 4.1.

Adhezivnost g.sec	Elastičnost	Kohezivnost	Gumastost	Žvakljivost	Otpor
-0,218	0,943	0,640	7216,6	6801,1	0,271
-0,697	0,866	0,739	2328,8	2159,2	0,343
-0,170	0,971	0,699	1966,1	1905,2	0,299
-0,088	0,900	0,585	7597,8	6764,8	0,236
-0,313	0,980	0,733	1350,0	1324,1	0,287
-0,524	0,982	0,760	1315,3	1292,2	0,321
-0,259	0,984	0,751	1636,4	1609,6	0,336
0,000	0,989	0,770	1089,5	1076,2	0,321
-0,255	0,961	0,682	1845,7	1780,2	0,285
-0,334	0,964	0,690	2347,9	2266,5	0,273
-0,253	0,963	0,643	4253,4	4089,9	0,291
-0,588	0,805	0,552	7492,3	6097,2	0,224
-0,373	0,989	0,747	1902,8	1882,0	0,336
-0,108	0,984	0,753	1406,0	1383,5	0,328
-0,173	0,927	0,613	3605,4	3339,6	0,241
-0,235	0,975	0,719	1796,3	1753,1	0,283
-0,527	0,955	0,630	6440,0	6148,9	0,297
0,000	0,991	0,764	1374,1	1356,3	0,359
-0,588	0,974	0,702	2249,5	2190,5	0,304
-0,155	0,962	0,683	3676,9	3538,1	0,305
-0,223	0,988	0,746	1245,5	1231,3	0,322
-0,222	0,971	0,728	1878,5	1820,5	0,315
-0,217	0,983	0,767	1180,8	1159,8	0,334
-0,261	0,972	0,691	1848,1	1801,4	0,302
-0,452	0,974	0,730	1510,4	1471,9	0,341
-0,681	0,932	0,634	6809,3	6350,9	0,265
-0,126	0,962	0,696	2448,0	2355,7	0,288
-0,614	0,931	0,614	8158,2	7609,5	0,276
-0,257	0,963	0,704	4778,5	4596,4	0,320
-0,275	0,969	0,724	1356,4	1311,9	0,298
-0,065	0,947	0,668	1509,0	1426,1	0,238
-0,226	0,977	0,762	1192,6	1164,1	0,323
-0,778	0,971	0,729	1789,1	1735,6	0,306
-0,456	0,961	0,717	1291,5	1247,8	0,282
-3,765	0,919	0,653	1598,6	1469,4	0,217
-0,813	0,951	0,648	2918,5	2773,6	0,262
-0,510	0,962	0,720	1143,6	1100,4	0,280
-0,134	0,990	0,750	998,4	987,9	0,274
-0,422	0,976	0,698	1842,9	1796,1	0,279
-0,342	0,970	0,747	1149,9	1109,7	0,292
-0,214	0,975	0,734	1437,3	1402,1	0,334
-0,368	0,956	0,674	1796,0	1715,2	0,248
-0,476	0,949	0,706	1243,4	1179,2	0,277
-0,894	0,915	0,628	913,1	832,8	0,185
-0,258	0,984	0,742	1118,5	1099,5	0,319
-1,013	0,956	0,689	1676,2	1603,0	0,262
-0,119	0,961	0,712	1087,7	1045,6	0,252
-0,322	0,977	0,727	1086,7	1060,3	0,284