

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
СА ПРИВРЕМЕНИМ СЕДИШТЕМ У
КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ

ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ, ЛЕШАК

Андреј М. Шекуларац

ВАРИРАЊЕ ОСОБИНА
ТЕХНОЛОШКОГ КВАЛИТЕТА СОРТИ
ПШЕНИЦЕ (*Triticum aestivum* L.)

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Лешак, 2018

UNIVERSITY OF PRISTINA
TEMPORARY SETTLED IN
KOSOVSKA MITROVICA

FACULTY OF AGRICULTURE, LEŠAK

Andrej M. Šekularac

VARIATION OF TECHNOLOGICAL
QUALITY CHARACTERISTICS OF WHEAT
CULTIVARS (*Triticum aestivum* L.)

Doctoral Dissertation

Lešak, 2018

Страница са подацима о докторској дисертацији

<i>I. Аутор</i>	
Име и презиме: Андреј М. Шекуларац	
Датум и место рођења: 05.10.1971. године у Зеници, БиХ, СФРЈ (данашња Б и Х)	
Садашње запослење: Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Управа за заштиту биља као гранични фитосанитарни инспектор	
<i>II. Докторска дисертација</i>	
Наслов: Варирање особина технолошког квалитета сорти пшенице (<i>Triticum aestivum</i> L.)	
Број поглавља: 12	
Број страница: 213	
Број табела: 53	
Број графикана: 2	
Број прилога: 12 (- табела и 12 слика)	
Број библиографских података: 311	
Установа и место где је рад израђен: Пољопривредни факултет у Лешку, Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. Научни институт за прехранбене технологије Универзитета у Новом Саду; Природно-математички факултет у Крагујевцу, Универзитет у Крагујевцу; Институт за ратарство и повртарство Нови Сад; Агроинститут Сомбор;	
Научна област (УДК): Пољопривреда, оплемењивање, пшеница, технолошки квалитет, глутен, генетички фактори, фактори спољашње средине; УДК 633.11:631.52]:664.64.016.8(043.3); УДК 633.11:631.52]:664.236(043.3)	
Кључне речи: пшеница, технолошки квалитет, глутен, генетички фактори, фактори спољашње средине	
Ментор: др Десимир С. Кнежевић, редовни професор Пољопривредног факултета у Лешку Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, ужа област: генетика и оплемењивање организама	
<i>III. Оцена и обрана</i>	
Датум пријаве теме: 13.12.2012. године	
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: одлука бр.314 од 23.04.2013 године НН већа Пољопривредног факултета и одлука Сената Универзитета бр. 13-2/121 од 20. 06. 2013. године	
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата: 1. др Десимир С. Кнежевић, редовни професор, Оплемењивање биљака са семенарством, датум избора 24.12.2009. године - одлука бр. 162/2, Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Косовска Митровица-Зубин Поток-Лешак, ментор- председник Комисије; 2. Др Јасмина Кнежевић-доцент, ужа научна област ратарство, датум избора 15. 04. 2010. године, Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Косовска Митровица-Зубин Поток-Лешак, члан Комисије ; 3. др Миодраг Јелић, ванредни професор, ужа научна област Агроекологија, датум избора 25.02.2009. године, Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Косовска Митровица-Зубин Поток-Лешак - члан Комисије 4. др Невена Ђукић, доцент, ужа научна област биохемија, датум избора 09. 06. 2008. године, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет Институт за	

биологију - члан Комисије;

5. др Славиша Стојковић, ванредни професор, ужа научна област ратарство, датум избора 27.12.2012. године, Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Косовска Митровица-Зубин Поток-Лешак - члан Комисије.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

Датум одбране дисертације:

Doctoral dissertation identification page

<i>I. Author</i>
First name and surname: Andrej M. Šekularac
Date and town of birth: 05.10.1971. Zenica, B&H, SFR Yugoslavia (nowday B&H)
Current employment: Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, Department of Plant Protection as border phytosanitary inspector
<i>II. Doctoral dissertation</i>
Title: Variation of technological quality characteristics of wheat cultivars (<i>Triticum aestivum</i> L.)
Number of chapters: 12
Number of pages: 213
Number of tables: 53
Number of graphs: 2
Number of appendices: 12 (- tables and 12 figures)
Number of references: 311
Institution and town in which the research was conducted: University of Priština, temporary settled in Kosovska Mitrovica, Faculty of Agriculture, Lešak; Institute of Food Technology, University of Novi Sad; Faculty of Science in Kragujevac, University of Kragujevac; Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad; Agroiustitute of Sombor.
Scientific field (UDC): Agriculturae, breeding, wheat, processing quality, gluten, genetic factors, environmental factors UDC 633.11:631.52]:664.64.016.8(043.3); UDC 633.11:631.52]:664.236(043.3);
Key words: wheat, processing quality, gluten, genetic factors, environmental factors
Supervisor: Prof. Desimir S. Knežević, PhD, University of Priština, temporary settled in Kosovska Mitrovica, Faculty of Agriculture, Lešak
<i>III. Evaluation and defense</i>
Date of title submission: 03.12.2012.
Reference number and date of title acceptance at the Scientific Council of Faculty of Agriculture decision: no. 314, 23. April 2013, and decision of the University Senate no. 13-2/121, 20. June 2013.
PhD Thesis Title and Candidacy Eligibility Evaluation Committee:
1. Dr. Desimir S. Knežević, professor, plant breeding with Seed election date 24.12.2009. year - Decision no. 09-2/161, Pristina University, Faculty of Agriculture, Mitrovica-Lešak, supervisor;
2. Dr. Jasmina Knežević-docent, major in farming, the election date 15. 04. 2010, the University of Pristina, Faculty of Agriculture Kosovska Mitrovica-Lešak, member of the Committee;
3. Dr. Miodrag Jelic, assoc. professor, major in Agroecology, election date 25.02.2009. , the University of Pristina, Faculty of Agriculture Kosovska Mitrovica-Lešak - Member of the Committee
4. Dr. Nevena Đukić, docent, major in biochemistry, election date 09. 06. 2008, the University of Kragujevac, Faculty of Science Biology Institute - a member of the Committee;
5. Dr. Slaviša Stojković, associate professor, Field and Vegetables, the election date

27.12.2012. University of Pristina, Faculty of Agriculture Kosovska Mitrovica-Lešak -
Member of the Committee

PhD Thesis Evaluation and Defense Committee:

Захвалност

Захваљујем професору др Десимиру Кнежевићу, ментору за перманентну помоћ у дефинисању теме, обезбеђењу услова за експериментални рад кроз упознавање са врхунским научницима у овој области из Србије и набавку хемикалија, литературе, писање научних радова, сређивање и обликовање резултата. У току рада ми је пружио драгоцену знања и велику помоћ ефикасним читањем и кориговањем текста и јасним саветима и захтевима, подстицањем морала да ефикасније и квалитетније напишем текст до финалне верзије докторске дисертације. Додатно се захваљујем за целодневну доступност за дискусије и размене мишљења о докторској дисертацији, што ме је покретало да напредујем у усвајању научних принципа.

Захвалан сам професорки др Александри Торбици, која ми је помогла и омогућила коришћење савремене опреме и метода за истраживање, подрици са хемикалијама, радом у лабораторији у Научном институту за прехранбене технологије Универзитета у Новом Саду, на пренетом знању, и помоћи у тумачењу резултата, научног рада, корисним сугестијама и саветима и сталном разумевању чинећи приоритет истраживањима за моју докторску дисертацију.

Професорки др Невени Ђукић се захваљујем за омогућавање коришћења лабораторије, хемикалија и опреме за анализе и овладавање аналитичким методама, пруженој литератури, преношењу знања и помоћи у раду и сређивању резултата, као и корисним сугестијама.

Захваљујем се професорки др Јасмини Кнежевић, за корисне савете и упутства у току докторских студија, перманентно интересовање о фазама израде докторске дисертације и подстицање да ефикасније завршавам истраживања и писање ове дисертације.

Много сам захвалан др Драгану Живанчеву, који ми је помогао од припреме материјала за лабораторијске анализе, анализе добијених резултата, пружању литературе, корисним сугестијама и помоћи током писања докторске дисертације.

У току спровођења лабораторијских истраживања и анализа велику помоћ ми је пружила др Јелена Томић на чему се много захваљујем.

Велику помоћ ми је пружио др Никола Христов, научни саветник Института за ратарство и повртарство у Новом Саду, за постављање, негу и жетву пољског огледа и обезбеђење узорака семена за лабораторијске анализе, на чему сам му много захвалан као и његовим сарадницима у Центру за стрна жита Римски шанчеви, Нови Сад.

Професору др Небојши Гуџићу се захваљујем који је прихватио да буде члан Комисије за оцену и одбрану и тако допринео завршавању моје докторске дисертације.

Исказујем поштовање почившем професору др Миодрагу Јелићу, који ми је пружио корисне савете у области којом се бавио.

Захвалан сам Владимиру Сабодошу, директору Агроинститута у Сомбору који ми пружио сву помоћ за спровођење експеримента од сетве, неге, жетве и ангажовање својих сарадника за узимања узорака којим сам такође захвалан а посебно Оливери Секулић и Јосипу Декићу.

Захвалан сам Пољопривредној стручној служби Чачак директору Тиосаву Младеновићу и пољопривредном газдинству Раковић на чијем имању је спроведен пољски оглед за потребе овог рада.

Посебну захвалност имам према руководству, декану проф. др Божидару Милошевићу и колективу Пољопривредног факултета у Лешку, као и мојим пријатељима и колегама на послу, који су имали позитиван однос према мојим активностима за завршавање докторских студија.

Велику подршку за моје напредовање су ми перманентно пружали чланови породице, отац Миломир, мајка Рада, брат Александар, супруга Јелена и деца, Хелена и Стефан, којима сам захвалан и потрудићу се да свима узвратим пажњу и љубав.

Аутор
Андреј Шекуларац

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
са привременим седиштем у
Косовској Митровици
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛЕТ, Лешак
Докторска дисертација

УДК: 633.11:631.52]:664.64.016.8(043.3)
633.11:631.52]:664.236(043.3)

Научна област: Биотехничке науке
Ужа научна област: Оплемењивање биљака

ВАРИРАЊЕ ОСОБИНА ТЕХНОЛОШКОГ КВАЛИТЕТА СОРТИ ПШЕНИЦЕ (*Triticum aestivum* L.)
Андреј Шекуларац

Резиме

Увод: технолошки квалитет пшенице је сложено својство чија је детерминација јако повезана са генетичком конституцијом сорте и агроколошким условима у којима се гаји.

Циљ истраживања је изучавање карактеристика технолошког квалитета код сорти пшенице и утицаја генотипа и фактора спољашње средине на формирање технолошког квалитета.

Материјал и методе: експериментално изучавање је обухватило пет сорти пшенице које су гајене у три локалитета (Сомбор, Нови Сад и Чачак) у две године експеримента. После жетве у обе године су обављене лабораторијске анализе особина квалитета семена, теста, хлеба, коришћењем лабораторијских метода (блиска инфрацрвена спектроскопија, фаринографска анализа, екстензографска анализа, миксолаб анализа, пробно печење хлеба, анализе за одређивање садржаја влажног глутена, броја падања и глутен индекса), као и савремена метода, *Lab-on-a-chip* капиларна електрофореза глутенских подјединица. Утицај појединих фактора и интеракције утврђен је анализом варијансе, а степен зависности између параметара је оцењен корелационом анализом.

Резултати: Истраживања показују да су се сорте пшенице разликовале на основу вредности изучаваних компоненти технолошког квалитета у обе експерименталне године и на сва три локалитета. На пример сорта Победа у обе године експеримента је имала највеће вредности за особине садржај протеина (14,58%), садржај влажног глутена (32,20%), запремине хлеба (456,11ml), садржај глијадина (59,19%) а сорта Симонида најмање вредности (10,96%; 24,60%; 410,56ml; 49,57%). Истраживања су показала да је на варирање вредности параметара технолошког квалитета утицало варирање средњих дневних температура и количина падавина, током фенофазе наливања зрна, као и утицај генотипа и интеракција генотипа и спољашње средине. Такође, резултати показују и степен зависности између појединих параметара технолошког квалитета. Сорта Рапсодија, која је имала значајно веће вредности енергије теста (85,17cm), отпор теста (349,17ЕЈ) и глутен индекс (92,94%), имала је јачи глутен, а што је нађено и код сорте НС 40С. Вредности већине параметара технолошког квалитета међу којима су стабилност теста, еластичност средине хлеба и садржај глутенина су биле веће у другој него у првој жетвеној години, док су вредности за развој теста, моћ упијања воде и *Gli/Glu* однос биле мање.

Закључак: Установљене су разлике за вредности компоненти технолошког квалитета пшенице у зависности од сорте, локалитета и године у експерименталном изучавању. Вредности компоненти технолошког квалитета индицирају специфичност адаптације на временске услове у локалитету и години изучавања и стабилност испољавања изучаваних својстава.

Кључне речи: пшеница, технолошки квалитет, глутен, генетички фактори, фактори спољашње средине

UNIVERSITY OF PRIŠTINA
temporarily seated in
Kosovska Mitrovica
FACULTY OF AGRICULTURE, Lešak
Doctoral dissertation

UDC: 633.11:631.52]:664.64.016.8(043.3)
633.11:631.52]:664.236(043.3)
Scientific field: Biotechnical sciences
Area of expertise: Plant breeding

VARIATION OF TECHNOLOGICAL QUALITY CHARACTERISTICS OF WHEAT CULTIVARS (*Triticum aestivum* L.)

Andrej Šekularac

Summary

Introduction: Wheat processing quality is a complex of characteristics strongly associated with the genetic make-up of a cultivar and its agro-environmental growing conditions.

The objective of the research was to assess processing quality traits in wheat cultivars and examine the effect of genotype and environmental factors in determining wheat processing quality.

Material and methods: The experiment involved five wheat cultivars grown at three locations (Sombor, Novi Sad and Čačak) in two experimental years. After harvest in both years, laboratory analyses were performed to evaluate grain, dough and bread quality traits using laboratory methods (near-infrared spectroscopy, farinograph assay, extensograph test, mixolab analysis, baking test, analyses for wet gluten content, falling number and the gluten index) and a modern method – *Lab-on-a-chip*-based capillary electrophoresis separation of glutenin subunits. The effects of individual factors and their interactions were determined by the analysis of variance, and the degree of dependence between the parameters was measured by correlation analysis.

Results: The research showed differences in the tested processing quality components among wheat cultivars in both experimental years and at all locations. In both years, wheat cultivar ‘Pobeda’ exhibited the highest values for protein content (14.58%), wet gluten content (32.20%), bread volume (456.11ml) and gliadin content (59.19%), as opposed to the lowest values in cv. ‘Simonida’ (10.96%, 24.60%, 410.56ml and 49.57%, respectively). The results revealed that variations in processing quality parameters were induced by variations in mean daily temperatures and total precipitation during the grain filling stage, as well as by the effect of genotype and genotype x environment interaction. Moreover, degrees of dependence were determined between certain processing quality parameters. ‘Rapsodija’, which had significantly higher values for dough energy (85.17 cm), dough resistance (349.17 EJ) and gluten index (92.94%), exhibited higher gluten strength, as also found in cv. ‘NS 40S’. The values for most parameters of wheat processing quality, including dough stability, crumb elasticity and glutenin content, were higher in the second harvest year than in the first, whereas lower values were obtained for dough development, water absorption capacity and *Gli/Glu* ratio.

Conclusion: Wheat processing quality components showed differences depending on cultivar, location and experimental year. The values of processing quality components were indicative of specific adaptation to weather conditions across locations and experimental years, as well as of stable trait expression.

Key words: wheat, processing quality, gluten, genetic factors, environmental factors

ЛИСТА ТАБЕЛА

Табела 1. Просечан број дана са температурама изнад 30 ⁰ С и средњим температурама ваздуха и укупна количина падавина у локацијама и годинама извођења експеримента	69
Табела 2. Садржај протеина код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	76
Табела 3. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај протеина	77
Табела 4. Број падања код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	78
Табела 5. Анализа варијансе за средње вредности особине број падања	79
Табела 6. Хектолитарска маса код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама ..	80
Табела 7. Анализа варијансе за средње вредности особине хектолитарска маса	81
Табела 8. Моћ упијања воде код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	82
Табела 9. Анализа варијансе за средње вредности особине моћ упијања воде	83
Табела 10. Развој теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	84
Табела 11. Анализа варијансе за средње вредности особине развој теста	85
Табела 12. Стабилност теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	86
Табела 13. Анализа варијансе за средње вредности особине стабилност теста	87
Табела 14. Енергија теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	88
Табела 15. Анализа варијансе за средње вредности особине енергија теста	89
Табела 16. Растезање теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	90
Табела 17. Анализа варијансе за средње вредности особине растезање теста	91
Табела 18. Отпор теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	92
Табела 19. Анализа варијансе за средње вредности особине отпор теста	93
Табела 20. Брзина желатинизације скроба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	94
Табела 21. Анализа варијансе за средње вредности особине брзина желатинизације скроба	95

Табела 22. Садржај влажног глутена (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	96
Табела 23. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај влажног глутена	97
Табела 24. Глутен индекс (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама ...	98
Табела 25. Анализа варијансе за средње вредности особине глутен индекс	99
Табела 26. Запремина хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	100
Табела 27. Анализа варијансе за средње вредности особине запремина хлеба	101
Табела 28. Светлина коре хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	102
Табела 29. Анализа варијансе за средње вредности особине светлина коре хлеба	103
Табела 30. Удео црвеног пигмента код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	104
Табела 31. Анализа варијансе за средње вредности особине удео црвеног пигмента коре хлеба	105
Табела 32. Удео жутог пигмента код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	106
Табела 33. Анализа варијансе за средње вредности особине удео жутог пигмента коре хлеба	107
Табела 34. Тврдоћа средине хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	108
Табела 35. Анализа варијансе за средње вредности особине тврдоћа средине хлеба	109
Табела 36. Еластичност средине хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	110
Табела 37. Анализа варијансе за средње вредности особине еластичност средине хлеба ...	111
Табела 38. Отпор средине хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	112
Табела 39. Анализа варијансе за средње вредности особине отпор средине хлеба	113

Табела 40. Садржај глијадина (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	114
Табела 41. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај глијадина	115
Табела 42. Садржај глутенина (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	116
Табела 43. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај глутенина	117
Табела 44. Садржај HMW-GS (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	118
Табела 45. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај HMW-GS	119
Табела 46. Садржај LMW-GS (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	120
Табела 47. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај LMW-GS	121
Табела 48. Однос садржаја глијадина и глутенина (<i>Gli/Glu</i>) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	122
Табела 49. Анализа варијансе за пропорцију просечног садржаја глијадина и глутенина (<i>Gli/Glu</i>)	123
Табела 50. Пропорција глутенина (<i>HMW/LMW</i>) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама	124
Табела 51. Анализа варијансе за средње вредности особине пропорција глутенина (<i>HMW/LMW</i>)	125
Табела 52. Композиција аминокиселина код сорти пшенице	126
Табела 53. Садржај аминокиселина (mg ml^{-1}) код изучаваних сорти пшенице	128

ЛИСТА ГРАФИКОНА

Графикон 1: Просечан садржај аминокиселина за све сорте, године и локалитете	129
Графикон 2: Просечан садржај аминокиселина у две експерименталне године	130

ЛИСТА СЛИКА

Слика 1. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Нови Сад, 2012. године. L-маркер, 1 и 1'-Симонида; 2 и 2'- НС 40С; 3 и 3'- Рапсодија; 4 и 4'- Победа; 5 и 5'-Звездана	198
Слика 2. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Сомбор, 2012. године. L-маркер, 6 и 6'-Симонида; 7 и 7'- НС 40С; 8 и 8'- Рапсодија; 9 и 9'- Победа; 10 и 10'-Звездана	198
Слика 3. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Чачак, 2012. године. L-маркер, 11 и 11'-Симонида; 12 и 12'- НС 40С; 13 и 13'- Рапсодија; 14 и 14'- Победа; 15 и 15' Звездана	199
Слика 4. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Нови Сад, 2013. године. L-маркер, 1 и 1'-Симонида; 2 и 2'- НС 40С; 3 и 3'- Рапсодија; 4 и 4'- Победа; 5 и 5' Звездана	199
Слика 5. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Сомбор, 2013. године. L-маркер, 6 и 6'-Симонида; 7 и 7'- НС 40С; 8 и 8'- Рапсодија; 9 и 9'- Победа; 10 и 10' Звездана	200
Слика 6. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Чачак, 2013. године. L-маркер, 11 и 11'-Симонида; 12 и 12'- НС 40С; 13 и 13'- Рапсодија; 14 и 14'- Победа; 15 и 15' Звездана	200
Слика 7. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Нови Сад 2012	201
Слика 8. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Чачак 2012	202
Слика 9. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Сомбор 2012	203
Слика 10. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Нови Сад 2013	204

Слика 11. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Чачак 2013	205
Слика 12. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Сомбор 2013	206

САДРЖАЈ

Захвалност	I
Резиме	II
Summary	III
Листа табела	IV
Листа графика	VI
Листа слика	VII
Садржај	IX
1. УВОД	1
2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	4
3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	5
3.1. Технолошки квалитет пшенице.....	5
3.2. Параметри технолошког квалитета пшенице.....	5
3.2.1. Индиректни параметри технолошког квалитета пшенице.....	5
3.2.1.1. Хемијски параметри технолошког квалитета пшенице.....	6
3.2.1.1.1. Садржај протеина.....	6
3.2.1.1.2. Хагбергов број падања.....	10
3.2.1.2. Физички параметри технолошког квалитета пшенице.....	17
3.2.1.2.1. Хектолитарска маса	17
3.2.1.3. Реолошки параметри технолошког квалитета пшенице.....	19
3.2.1.3.1. Моћ упијања воде.....	20
3.2.1.3.2. Развој теста.....	25
3.2.1.3.3. Стабилност теста.....	28
3.2.1.3.4. Енергија теста.....	32
3.2.1.3.5. Растезање теста	34
3.2.1.3.6. Отпор теста.....	37
3.2.1.3.7. Брзина желатинизације скроба.....	39
3.2.1.3.8. Садржај влажног глутена.....	43
3.2.1.3.9. Глутен индекс.....	46
3.2.2. Директни параметри технолошког квалитета пшенице.....	50
3.2.2.1. Пробна печења хлеба.....	50
3.2.3. <i>Lab-on-a-chip</i> капиларна електрофореза.....	57

3.2.4. Садржај аминокиселина.....	63
4. РАДНА ХИПОТЕЗА	67
5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ.....	68
5.1. Биљни материјал.....	68
5.2. Методе.....	69
5.2.1. Одређивање садржаја протеина.....	69
5.2.2. Број падања.....	69
5.2.3. Фаринографска анализа.....	70
5.2.5. Екстензографска анализа.....	70
5.2.6. Миксолаб анализа.....	70
5.2.7. Садржај влажног глутена.....	70
5.2.8. Глутен индекс.....	71
5.2.9. Лабораторијско пробно печење.....	71
5.2.10. Одређивање запремине хлеба.....	72
5.2.11. Одређивање боје горње површине коре хлеба.....	72
5.2.12. Одређивање текстуре средине хлеба.....	73
5.2.13. <i>Lab-on-a-chip</i> капиларна електрофореза глутенских подјединица.....	73
5.2.14. Екстракција аминокиселина.....	75
5.2.15. Квалитативна анализа аминокиселина.....	75
5.2.16. Одређивање садржаја аминокиселина (квантитативна анализа).....	75
6. РЕЗУЛТАТИ.....	76
6.1. Садржај протеина.....	76
6.2. Хагбергов број падања.....	78
6.3. Хектолитарска маса.....	80
6.4. Моћ упијања воде (фаринограм).....	82
6.5. Развој теста (фаринограм).....	84
6.6. Стабилност теста.....	86
6.7. Енергија теста.....	88
6.8. Растезање теста.....	90
6.9. Отпор теста.....	92

6.10. Брзина желатинизације скроба.....	94
6.11. Садржај влажног глутена.....	96
6.12. Глутен индекс.....	98
6.13. Запремина хлеба.....	100
6.14. Светлина коре хлеба.....	102
6.15. Удео црвеног пигмента коре хлеба.....	104
6.16. Удео жутог пигмента коре хлеба.....	106
6.17. Тврдоћа средине хлеба.....	108
6.18. Еластичност средине хлеба.....	110
6.19. Отпор средине хлеба.....	112
6.20. Структура глутена.....	114
6.20.1. Садржај глијадина.....	114
6.20.2. Садржај глутенина.....	116
6.20.3. Садржај HMW-GS.....	118
6.20.4. Садржај LMW-GS.....	120
6.20.5. Однос садржаја глијадина и глутенина (<i>Gli/Glu</i>).....	122
6.20.6. Пропорција глутенина (<i>HMW/LMW</i>).....	124
6.20.7. Композиција и садржај аминокиселина код сорти пшенице.....	126
7. ДИСКУСИЈА.....	131
7.1. Садржај протеина.....	131
7.2. Хагбергов број падања.....	133
7.3. Хектолитарска маса.....	135
7.4. Моћ упијања воде (фаринограм).....	137
7.5. Развој теста (фаринограм).....	140
7.6. Стабилност теста.....	142
7.7. Енергија теста.....	144
7.8. Растезање теста.....	146
7.9. Отпор теста.....	148
7.10. Брзина желатинизације скроба.....	151
7.11. Садржај влажног глутена.....	152

7.12. Глутен индекс.....	154
7.13. Пробна печења хлеба.....	157
7.14. <i>Lab-on-a-chip</i> капиларна електрофореза.....	162
7.15. Састав и садржај аминокиселина код сорти пшенице.....	164
8. ЗАКЉУЧЦИ.....	166
9. ЛИТЕРАТУРА.....	169
10. ПРИЛОЗИ.....	198
11. БИОГРАФИЈА АУТОРА.....	207
12. ИЗЈАВЕ АУТОРА.....	209
Изјава о ауторству.....	210
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације.....	211
Изјава о коришћењу.....	212

1. УВОД

Пшеница је врло значајна у исхрани људи, и данас се гаји на преко 200.000.000 хектара или 23% обрадивих површина у свету. Пшеница се користи за производњу хлеба, кекса, пецива, колача, пива, сточне хране (Menkovska и сар., 2002). Спроводе се дугогодишња и бројна научна истраживања у циљу стварања адаптивних сорти на услове гајења и повећања приноса и квалитета пшенице.

Особине адаптивности на услове гајења (Dodig и сар., 2008; Kharel и сар., 2011), приноса (Кнежевић и сар., 2006; Dimitrijević и сар., 2011) и квалитета (Ђukić и сар., 2008, Torbica и сар., 2011; Кнежевић и сар., 2017a) су детерминисане деловањем генетичких фактора, фактора спољашње средине (Zečević и сар., 2009; Koen, 2006; Šimić и сар., 2006) и њиховом интеракцијом (Mikulikova, 2007, Zečević и сар., 2010a). Вредности особина технолошког квалитета варирају услед постојећих разлика генотипа (Preston и сар., 2001, Dua и сар., 2009) као и услед утицаја различитих еколошких фактора који владају у различитим локалитетима или годинама (Salmanowicz и сар., 2012, Park и сар., 2014, Menkovska и сар., 2015).

Технолошки квалитет пшенице је предмет опширних истраживања у свету и представља израз варирања вредности компоненти технолошког квалитета као што су садржај протеина (Bogard и сар., 2008, Barraclough и сар., 2010, Abedi и сар., 2011, Linina и Ruža, 2012), Хагбергов број падања (Biddulph и сар., 2008, Thomason и сар., 2009, Gao и сар., 2013; Mares и Mrva, 2014), хектолитарска маса семена (Bordes и сар., 2008, Makawi и сар., 2013a), за брашно моћ упијања воде (Ma и сар., 2007, Švec и сар., 2012, Kang и сар., 2014), стабилност теста (Hagel, 2005; Horvat и сар., 2012a), развој теста (Salmanowicz и сар., 2012), растегљивост теста (Stanciu и Neacsu, 2008, Alamri и сар., 2009, Esmail и сар., 2015, Koga и сар., 2016), глутен индекс (Cesevičienė и сар., 2009; Şahin и сар., 2012; Sharma и сар., 2012), запремину хлеба (Koppel и Ingver, 2010), садржај влажног глутена (Kang и сар., 2014). Ова истраживања су представила утицај генетичких фактора, фактора спољашње средине и њихове интеракције на испољавање варијабилности компоненти технолошког квалитета

пшенице. Установљена је генетичка контрола резервних протеина ендосперма семена пшенице и повезаност са особинама технолошког квалитета (Sozinov и Popereleya, 1980; Payne, 1987; Menkovska и сар., 2002; Li и сар., 2009), као и утицај фактора спољашње средине, пре свега температуре, воде и минералне исхране на садржај и састав протеина (Hurkman и сар., 2011; Altenbach, 2012) и њихову повезаност са компонентама технолошког квалитета (Moldestad и сар., 2011; Naеem и сар., 2012). Истраживања су показала да неке компоненте високомолекуларних глутенина (1 или 2* на *Glu-A1*, 7+9 или 17+18 на *Glu-B1* и 5+10 на *Glu-D1* локусу) и пропорција садржаја глијадина/глутенина имају већи допринос за боље особине теста (Li и сар., 2013; Horvat и сар., 2012b; Dhaka и Khatkar, 2015) волумен хлеба (Martínez-Cruz и сар., 2007; Horvat и сар., 2009b; Li и сар., 2013). Истраживања ефекта фактора спољашње средине су показала да високе температуре доприносе већем садржају глијадина (Balla и Veisz, 2007; Singh и сар., 2012; Nuttall и сар., 2017), што је супротно резултатима (Triboi и сар., 2000; Koga и сар., 2016). У истраживањима повезаности компоненти технолошког квалитета установљена је јака веза између садржаја протеина и броја падања (Švec и Hrušková, 2009; Ross и сар., 2012), садржаја протеина и моћи упијања воде (Abbasi и сар., 2011; Saleh и Brennan, 2012), садржаја протеина и особина теста (Abbasi и сар., 2011; Al-Saleh и Brennan, 2012; Abbasi и сар., 2012), садржаја протеина и особина хлеба (Horvat и сар., 2012a; Li и сар., 2013; Dhaka и Khatkar, 2015).

Упоредо са истраживањима технолошког квалитета пшенице, вршена су интензивна истраживања у Србији и у државама бивше СФРЈ. У истраживањима је изучавана генетичка детерминација резервних протеина ендосперма, посебно глијадина (Кнежевић, 1988; Metakovsky и сар., 1991; Кнежевић и сар., 1993; Novoselskaya-Dragovich и сар. 2005; Ђukić и сар., 2011; Кнежевић и сар., 2017a) и глутенина (Кнежевић и сар., 1993; Кнежевић и Menkovska, 1994; Кнежевић, и сар., 2017a) и особина технолошког квалитета (Menkovska и сар, 1995; Zečević и сар., 2007; Zečević и сар., 2013; Zečević и сар., 2014; Кнежевић и сар., 2016), генетичка детерминације технолошког квалитета (Dimitrijević и сар., 1998; Torbica, и сар. 2008; Ђukić и сар. 2008; Mastilović и сар., 2008) као и утицај фактора спољашње средине

на формирање технолошког квалитета (Zečević и сар., 2007; Zečević и сар., 2010a; Knežević и сар., 2017b) и утицаја генотипа и фактора спољашње средине на технолошки квалитет пшенице (Zečević и сар., 2009; Torbica и сар. 2011; Mastilović и сар., 2014). Сprovedена истраживања су показала да ли преовладава утицај генетичких фактора на особине квалитета као на пример: садржај протеина, растељивост теста, снаге теста, тврдоће хлеба (Mastilović и сар., 2008; Hadnađev и сар., 2013) или да фактори спољашње средине имају већи утицај на садржај глутена (Šimić и сар., 2006), односно интеракција генетичких фактора и фактора спољашње средине (Zečević и сар., 2009). Такође је изучавањима обухваћена међузависност особина технолошког квалитета као што је пропорција глијадина и глутенина и стабилности теста (Horvat и сар., 2012b) и допринос компоненти глијадина и глутенина на квалитет теста и хлеба (Mastilović и сар., 2014; Knežević, и сар. 2017a). Ова истраживања су значајна за разумевање формирања технолошког квалитета семена, брашна, теста и хлеба и за коришћење у програмима оплемењивања пшенице за побољшање квалитета.

2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљеви истраживања су били да се:

- за пет сорти пшенице гајених у три локалитета током два вегетациона периода изуче параметри технолошког квалитета и њихови међусобни односи,
- детерминише улога генотипа и фактора спољашње средине на испољавање и вредности параметара технолошког квалитета.
- идентификује повезаност појединих параметара и квалитет финалних производа, као основа за усмерену селекцију и стварање нових сорти пшенице са побољшаним квалитетом.

3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

3.1. Технолошки квалитет пшенице

Збир различитих особина пшеничног брашна које одређују особине теста и његово понашање у току прераде, економичност производње и квалитет производа, сачињавају технолошки квалитет брашна (Zečević и сар., 2007; Dimitrijević и сар., 1998). Технолошки квалитет неког брашна мора се увек посматрати у складу са његовом наменом (Zečević и сар., 2006). Неко брашно је за једну сврху неупотребљиво, дакле лошег квалитета, док је исто брашно за друге сврхе погодно, дакле, квалитетно. Квалитет брашна треба посматрати комплексно, путем његових фактора квалитета, који карактеришу његове технолошке особине (Torbica и Mastilović, 2008). Фактори квалитета брашна не могу се посматрати једнострано и круто него се мора узети у обзир и њихов динамички карактер. У току прераде, па и раније, у брашну се одигравају разне промене сложеног карактера, које утичу на његов технолошки квалитет и специфично понашање при преради (Šarić и сар., 2002).

3.2. Параметри технолошког квалитета пшенице

Параметри технолошког квалитета пшенице могу бити индиректни и директни. У индиректне спадају хемијски (показатељи стања протеинског комплекса и показатељи ензимске активности), физички и реолошки параметри квалитета. У директне показатеље спадају пецивне особине.

3.2.1. Индиректни параметри технолошког квалитета пшенице

Сви параметри који на индиректан начин показују технолошки квалитет пшенице спадају у индиректне параметре технолошког квалитета пшенице.

3.2.1.1. Хемијски параметри технолошког квалитета пшенице

Хемијски параметри технолошког квалитета пшенице који су изучавани у изради ове дисертације су садржај протеина, састав протеина и Хагбергов број падања.

3.2.1.1.1. Садржај протеина

Зрно пшенице садржи око 70-75% скроба, 14% воде, 8-20% протеина, 2-3% нескробних полисахарида, 2% масти, 1,6% минерала и сасвим мале количине осталих материја као што су нпр. антиоксиданти (Goesaert и сар., 2005). Протеини присутни у зрну пшенице се сврставају у три групе: резервни, структурни и метаболички-активни протеини. Резервни протеини чине око 50% протеина зрна пшенице и према класификацији коју је 1908. године, на основу растворљивости, дао амерички хемичар *Thomas Burr Osborne* (1859 –1929) деле се у четири групе: албумини (растворљиви у води), глобулини (растворљиви у воденим растворима соли), глијадини (растворљиви у 70%-тном етанолу) и глутенини (растворљиви у разблаженим киселинама и базама), Shewry и Halford, (2002).

Албумини и глобулини чине од 10-22% укупног садржаја протеина брашна. Албумини могу служити као извор хране током клијања семена или као инхибитори гљивичних патогена и инсеката пре клијања, нпр. алфа амилазни трипсин инхибитори (Shewry и сар., 1984) или пуротионини (García-Olmedo и сар., 2002).

Садржај протеина зрна је веома важна особина која детерминише хранљиву вредност, пецивне особине пшенице и кључни је фактор у њеном промету и класификацији (Brevis и сар., 2010; Vranković и сар., 2015a). Стварање сорти са вишим садржајем протеина у зрну је отежано услед јаког утицаја околине на садржај протеина и комплексног генетичког система који детерминише ту особину (Uauy и сар., 2006a).

Додатни проблем представља и негативна корелација између садржаја протеина у зрну и приноса пшенице. Услед јаког утицаја интеракције генотипа и околине на обе особине коефицијент корелације између приноса и садржаја

протеина варира у распону од -0,2 до -0,8 (Bogard и сар., 2008). Ова нежељена зависност две особине утврђена је још почетком педесетих година прошлог века и тумачи се компетитивним односом азота и угљеника према енергији или разређивањем азота од стране угљенохидратних супстанци (Mosleth и сар., 2015). Обе особине имају сложену генетичку контролу због чега је врло отежана селекција генотипова који ће истовремено имати и висок садржај протеина у зрну и високе приносе (Malik и сар., 2012). Нове сорте пшенице услед константне селекције према што већим приносима имају нижи садржај протеина у зрну у односу на старе сорте (Suprayogi и сар., 2011).

Акумулација резервних протеина у зрну пшенице почиње приближно шест дана након цветања и траје до краја фенофазе наливања зрна (Balla и сар., 2011). Садржај протеина у зрну пшенице зависи од генотипа и фактора спољашње средине као што су ђубрење, падавине и температуре нарочито током фенофазе наливања зрна (Abedi и сар., 2011). Horvat и сар., (2012a) закључују да на садржај протеина у зрну пшенице утичу и генотип и околина, али је израженији утицај фактора спољашње средине (Zečević и сар., 2010b). Такође су утврдили да постоји значајна интеракција два фактора. У малом броју истраживања утврђен је значајнији утицај генотипа на садржај протеина у зрну пшенице у односу на факторе спољашње средине, као што је случај са истраживањем које су спровели Ćurić и сар., (2009) са три сорте, гајене у два локалитета током пет сезона.

Температура и количина падавина у фази наливања зрна и ђубрење азотним ђубривом су спољашњи фактори који највише утичу на садржај протеина у зрну пшенице (Кнежевић и сар., 2017b). Barraclough и сар., (2010), наводе да већи утицај на садржај протеина има количина примењеног азотног ђубрива него генотип и климатски фактори.

Садржај протеина био је значајно већи код сорти пшенице пожњевених у 2009. години, у којој је у фази наливања зрна била већа просечна температура и мања количина падавина у односу на 2010. годину (Hadži-Tašković Šukalović и сар., 2013). Balla и сар., (2011) су проучавали утицај топлотног стреса и суше на садржај протеина пет озимих сорти пшенице. Утврђено је да је највећи пораст у садржају

протеина зрна пшенице (34,4%) изазван заједничким ефектом дејства суше и топлоте, нешто нижи (23,2%) дејством суше и најнижи (10,5%) услед дејства топлоте. Високе температуре у почетној фази зрења зрна не утичу значајно на садржај протеина, док у каснијим фазама могу имати знатан штетни утицај (Linina и Ruža, 2012). Ензим скробна синтетаза, који каталише биосинтезу скроба је нарочито осетљив на високе температуре. Услед његове термо-инактивације долази до смањене синтезе скроба и смањења масе зрна што доводи до повећања садржаја протеина у зрну (Marphosa и сар., 2014). Скробна синтетаза се јавља у неколико форми које се разликују у осетљивости према високим температурама. На високим температурама ензим брзо губи активност али је могућа обнова активности ако се температура снизи (Jenner, 1994). Nuttall и сар., (2017) наводе да температуре ваздуха изнад 30⁰С у фенофази наливања зрна смањују акумулацију скроба, док акумулација протеина остаје непромењена што доводи до повећања садржаја протеина у зрну. Ипак, овај раст садржаја протеина у зрну не повећава квалитет пшенице, напротив, долази до снижења седиментационог броја и погоршања структуре глутена (Balla и сар., 2011). Проучавајући утицај околине на параметре квалитета озиме пшенице Tsenov и сар., (2013) нису утврдили значајну разлику у садржају протеина 72 сорте и 36 линија пшенице гајених у две, по количини падавина, врло различите године.

Азотна ђубрива имају највећи значај за раст и продуктивност биљака и квалитет зрна пшенице (Kichey и сар., 2007). Око 68% примењеног азотног ђубрива се инкорпорира у биљке пшенице, 18% остане у површинском слоју земљишта док се преосталих 14% денитрификује и испере из земљишта (Barraclough и сар., 2010). Од укупно примењеног азотног ђубрива око 33% се дислоцира у зрно (Kichey и сар., 2007). Азот има прворазредни значај у исхрани пшенице и неопходан је у синтези нуклеинских киселина и протеина. Током фенофазе наливања зрна количина азота коју биљка усвоји је знатно мања него што је потребно за акумулацију протеина у зрну. Стога се потребна количина азота обезбеђује из другог извора, ремобилизацијом из вегетативних органа. Ова количина зависи од утицаја спољашњих фактора и креће се од 60 до 92%. Синтеза азота се у вегетативним

органима одвија пре цветања (Suprayogi и сар., 2011). Иако се највећа количина азота за синтезу протеина у зрну пшенице обезбеђује његовом ремобилизацијом из вегетативних органа, главна разлика у коначном садржају протеина настаје усвајањем азота у периоду после цветања (Nikolić и сар., 2014), обзиром да су нека истраживања показала да између сорти са високим и ниским садржајем протеина у зрну нема разлике у концентрацији азота у вегетативним органима у периоду до цветања (Górnу и сар., 2011).

Ремобилизација протеина је последица физиолошког процеса, старења лишћа, током кога долази до разлагања сложених молекула, повећања активности транспортних механизма и функционалности спроводних ткива, разарања хлоропласта и комплетног фотосинтетског система и програмираног угинућа ћелија вегетативних органа (Cantu и сар., 2011). Gregersen и сар., (2008) сматрају да је основна функција старења лишћа ремобилизација хранљивих материја, првенствено азота. Процеси ремобилизације протеина и старења лишћа резултат су повећане активности биљних хормона, првенствено абсцисинске киселине, као и јасминске и салицилне киселине и етилена. Ген *GPC-B1* (*GPC-Grain Protein Content*-садржај протеина у зрну), лоциран на кратком краку хромозома 6В, контролом процеса ремобилизације протеина и старења лишћа детерминише ниво садржаја протеина у зрну (Cantu и сар., 2011). Откривен је на врсти *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* (Körn) Thell (Avni и сар., 2014). Садржај протеина у зрну врсте *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* (Körn) Thell износи 170-273g^{-kg}, док је код већине хлебних сорти пшенице далеко нижи, 110–170g^{-kg} (Distelfeld и сар., 2006). Овако велику разлику нивоа садржаја протеина детерминише присуство алелног облика гена, који може бити активан или инактиван. Код највећег броја актуелних сорти хексаплоидне и тетраплоидне пшенице је присутна генетичка контрола која има за резултат кашњење и успоравање старења лишћа, спорију ремобилизацију азота из вегетативних органа у зрну и нижи ниво садржаја протеина у односу на врсте са активном формом алела гена *GPC-B1* (Uauy и сар., 2006b). Uauy и сар., (2006a) закључују да је утицај на ниво садржаја протеина у зрну пшенице заправо колатерални, плејотропни ефекат гена *GPC-B1* чија је основна улога убрзавање

старења лишћа. Почетак и динамика процеса старења лишћа су генетички детерминисани. Код неких сорти процес старења лишћа одвија се касније током вегетационе сезоне или због каснијег почетка процеса или због споријег одвијања истог. У оба случаја долази, услед продужене виталности лишћа и фотосинтетске активности, до повећања садржаја угљених хидрата у зрну, повећања приноса и смањења садржаја протеина (Masclaux-Daubresse и сар., 2008).

У својим истраживањима Švec и Hrušková (2009) су утврдили врло висок коефицијент корелације ($r=0,9$) између садржаја протеина и садржаја влажног глутена. Практично идентичну вредност коефицијента корелације ($r=0,88$) између два параметра бележе и Cesevičienė и сар., (2009) на основу резултата трогодишњег проучавања десет озимих сорти пшенице у органским условима производње. Осредњи степен корелације је утврђен између садржаја протеина и броја падања (коефицијент корелације је $r=0,328$). Знатно већи коефицијент корелације ($r=0,65$) између садржаја протеина и броја падања утврдили су Ross и сар., (2012) испитујући узроке ниске вредности броја падања која се некад јавља упркос јасном одсуству преджетвеног проклијавања. Аутори сматрају да осим преджетвеног проклијавања и низак садржај протеина у зрну може бити узрок ниске вредности броја падања.

3.2.1.1.2. Хагбергов број падања

Клијање семена пшенице почиње продором воде кроз омотач семена, након чега долази до влажења, омекшавања и бубрења унутрашњих ткива. У клици се налази хормон, гиберелинска киселина, која се, претходно растворена у води, транспортује до алеуронских ћелија. Гиберелинска киселина активира одређене гене услед чега се у рибозомима алеуронских ћелија синтетише ензим амилаза. Након транслокације амилазе у ћелије ендосперма долази до разлагања скроба, главног састојка ендосперма, на простије шећере које клица може користити као хранљиве материје (Cheng и сар., 2014). Скроб, полимер моносахарида глукозе, чине две фракције, амилопектин (разгранати молекули, 75% суве масе скроба) и амилоза (линеарни молекули, 25% суве масе скроба). Мономере су повезане α -1,4

глукозидним везама у дугачке линеарне молекуле који се код амилопектина гранају на свакој двадесетој до тридесетој мономери. Гране су за остатак молекула повезане α -1,6 глукозидним везама. Скроб се обично дели на непостојани, који се током дана ствара у хлоропластима ћелија лишћа и хидролизује током ноћи, и резервни скроб, у који спада и скроб ендосперма зрна пшенице и који након хидролизе представља прву храну нове биљке (Whan и сар., 2014).

Клијање семена изазива повећање количине и активности ензима алфа амилазе. Алфа амилаза разлаже скроб тако што хидролизује α -1,4 везе амилозе и амилопектина, а основни продукти разлагања скроба су малтоза и линеарни или рачвасти декстрини различитих димензија. Даља разградња декстрина на малтозу и глукозу настаје услед комбинованог дејства других ензима, бета амилазе, алфа глукозидазе и у мањем обиму декстриназе. Уколико је период клијања семена дужи, утолико је количина алфа амилазе у њему већа (Carver, 2009).

Првобитно, електрофорезом су откривене две форме алфа амилазе. Развојем напреднијих техника раздвајања протеина откриване су нове форме алфа амилазе, да би већ почетком осамдесетих година прошлог века било описано преко двадесет изоензимских форми овог важног ензима, те су алфа амилазе пшенице подељене прво у две а касније у три основне групе. Током клијања семена стварају се алфа амилаза-1 у алеуронском слоју, у нешто мањој количини алфа амилаза-2 у ендосперму, док се алфа амилаза-3 ствара у ранијим фазама развоја семена и то у спољашњем слоју перикарапа. У ранијим фазама развоја семена, односно у незрелим зрнима, може се такође стварати алфа амилаза-2, али је тада присутна само у перикарпу. Алфа амилаза-1 се још назива и алфа амилазом високе изоелектричне тачке, а гени који кодирају њену синтезу лоцирани су на хромозомима 6А, 6Б и 6Д. Термини „зелена“ и „алфа амилаза ниске изоелектричне тачке“ користе се као синоними за алфа амилазу-2 која има нижу изоелектричну тачку од претходне, а кодирајући гени су на седмој групи хромозома пшенице. Алфа амилаза-3 има највећу вредност изоелектричне тачке, а њени кодирајући гени су на петој групи хромозома. Током клијања клица лучи 5-50% алфа амилазе, док 50-95% лучи алеуронски слој. Клица ствара алфа амилазу ниске изоелектричне тачке, а

алеуронски слој лучи алфа амилазе са високом и са ниском изоелектричном тачком (Kondhare и сар., 2015).

Повећана активност ензима алфа амилазе је нормалан процес приликом клијања зрна, али њу могу изазвати и две нежељене појаве, прежетвено проклијавање и прерана индукција алфа амилазе (Gooding и сар., 2012).

Учестале кише у периоду пре жетве могу изазвати клијање зрна пшенице које се налази у класу, појаву познату као прежетвено проклијавање (Denčić и сар., 2013). Прежетвено проклијавање настаје услед прекида дормантности семена и последичне преране хидролизе скроба у семену које је још у класу (Groos и сар., 2002). Дормантност семена је немогућност клијања виталног и физиолошки зрелог семена при оптималним вредностима фактора спољашње средине (Fofana и сар., 2009). Дормантност семена је адаптивна особина која је под јаким утицајем фактора спољашње средине, нарочито температуре и влаге у периоду развоја семена и његовог послежетвеног дозревања (Biddulph и сар., 2008). На ниво дормантности антагонистички утичу два биљна хормона, абсцисинска киселина и гиберелинска киселина. Абсцисинска киселина одржава дормантност, а гиберелинска киселина је прекида. Такође, нека фенолна једињења, присутна у семену, инхибирају ћелијску деобу и могу продужити дормантност семена (Gao и сар., 2013). Ниво дормантности зрна и брзина губитка дормантности током послежетвеног дозревања су главне компоненте отпорности на прежетвено проклијавање, поред мање важних фактора као што су морфологија класа и садржај водорастворљивих инхибитора клијања, присутних у вегетативним деловима цвета (Jukić и сар., 2011).

Најважније морфолошке одлике које утичу на количину влаге коју клас и зрна могу да задрже и искористе су дужина осја, угао класа и чврстина плевица. Сорте са краћим осјем, као и сорте чији класови стоје под већим углом у односу на тло, задржавају мање влаге и имају већу отпорност на прежетвено проклијавање. Чвршће плевице отежавају контакт влаге и семена и повећавају отпорност на прежетвено проклијавање (Thomason и сар., 2009). Епидермалне ћелије семенског омотача које су чвршће припијене једна уз другу отежавају апсорпцију воде и клијање семена. Сорте са таквим семенским омотачем су отпорније на прежетвено

проклијавање од сорти чије су епидермалне ћелије семенског омотача лабавије везане. Оксидација фенолних једињења присутних у епидермалним ћелијама семенског омотача смањује степен водопропустљивости семенског омотача и повећава отпорност на прежетвено проклијавање. Боја пшеничног зрна је под контролом генског локуса који припада трећој групи хромозома пшенице. Црвену боју детерминишу алели R-A1b, R-B1b и R-D1b. Алели су доминантни и присуство бар једног алела даје црвену боју зрну, а за белу боју зрна потребан је хомозигот са сва три рецесивна алела. Боја зрна је утолико црвенија уколико је више доминантних алела јер се ради о адитивном својству (Mares и Mrva, 2014). Сорте са белим зрном имају мање олиго проантоцијанидина у семенском омотачу услед чега брже усвајају воду и осетљивије су на прежетвено проклијавање од сорти са црвеним зрном (Gao и сар., 2013).

Отпорније сорте захтевају дужи период влажног времена за прежетвено проклијавање од осетљивијих али се и код отпорних сорти брзо губи отпорност уколико влажна зрна буду изложена ниској температури. Такође, отпорност се губи и природним процесом постжетвеног дозревања, али постепено (Mares и Mrva, 2014).

Фаза развоја у којој се зрно налази значајно утиче на појаву и интензитет прежетвеног проклијавања. Осетљиве сорте проклијају и у средњим фазама развоја зрна, док се код отпорних сорти проклијавање јавља у завршним фазама, физиолошкој и жетвеној зрелости (Mares и Mrva, 2014).

Количина кише, дужина њеног трајања и временски услови после кише имају велики утицај на интензитет прежетвеног проклијавања. Оријентационо, 10-15 mm падавина је минимум који иницира проклијавање, али је проклијавање интензивније уколико се дата количина падавина изручи постепено, у неколико сати, него ако се изручи брзо, у виду пљуска. Да би дошло до проклијавања потребно је да зрно осетљиве сорте буде влажно одређени период после кише. Тај период траје око два дана, и смањује се што жетва више касни. Киша која пада 10-20 дана пре почетка жетвеног зрења обично не изазива прежетвено проклијавање, али повећава осетљивост усева на прежетвено проклијавање услед евентуалних каснијих

падавина. Тамноклична зрна су осетљивија на прежетвено проклијавање од здравих (Mares и Mrva, 2014).

Утицај температуре на прежетвено проклијавање је комплексан и зависи од садржаја влаге у зрну. Код зрна са нормалним садржајем влаге високе температуре током сазревања повећавају осетљивост на прежетвено проклијавање, док код зрна са повишеним садржајем влаге високе температуре повећавају отпорност (Biddulph и сар., 2007). Уопштено, ниже температуре током дозревања зрна индукују дубоку и продужену дормантност, док код зрелог зрна у комбинацији са упијањем воде смањују ниво дормантности (Јukić и сар., 2011).

У здравим пшеничним зрнима синтеза алфа амилазе високе изоелектричне тачке врши се кад зрно прође фазу физиолошке зрелости и то услед нормалног клијања или кишом изазваног прежетвеног проклијавања. Појава да зрно пшенице синтетише алфа амилазу високе изоелектричне тачке пре физиолошке зрелости, па и онда када је проценат влаге у зрну и преко 50%, назива се рана индукција алфа амилазе (Mares и Mrva, 2014).

Рана индукција алфа амилазе је генетички поремећај услед кога долази до превремене синтезе хидролитичког ензима алфа амилазе високе изоелектричне тачке у средњим и касним фазама развоја пшеничног зрна. Висока активност алфа амилазе остаје и у зрелим зрнима, клијање изостаје а вредност броја падања се снижава (Cheng и сар., 2014). Рана индукција алфа амилазе се одвија у алеуронском слоју, за разлику од синтезе алфа амилазе услед нормалног клијања зрна која се одвија у клици (Craven и сар., 2008). У случају ране индукције синтетише се знатно мања количина алфа амилазе него при нормалном клијању зрна где се брзина синтезе може описати експоненцијалном функцијом. Ипак, и те мале количине алфа амилазе су довољне да смање квалитет брашна (Barrero и сар., 2013). Такође, значајна разлика ране индукције алфа амилазе у односу на нормално клијање зрна је и одсуство осталих ензима, алфа амилаза ниске и алфа амилазе врло високе изоелектричне тачке (односно алфа амилазе-2 и алфа амилазе-3), ендо-протеаза и других хидролитичких ензима. Још увек није јасан узрок изостанка осталих ензима. Или је рана индукција алфа амилазе специфична само за синтезу алфа амилазе

високе изоелектричне тачке или је период у ком је алеуронски слој активан исувише кратак за синтезу осталих ензима присутних у нормално клијајућем зрну (Mares и Mrva, 2014). Појаву ране индукције алфа амилазе је тешко предвидети и открити јер се захваћена зрна спољашњим изгледом не разликују од здравих (Kondhare и сар., 2015).

Постоје сорте отпорне на рану индукцију алфа амилазе као и сорте код којих је ова нежељена појава увек присутна, док прелазну групу чине сорте код којих појава ране индукције алфа амилазе зависи од временских услова (Kondhare и сар., 2015). Нагле промене температуре, велике разлике дневне и ноћне температуре, као и температурни шокови како хладни тако и топли, главни су узрочници ране индукције алфа амилазе. Механизам ране индукције алфа амилазе објашњава се дејством два биљна хормона, абсцисинске киселине (АВА) и гиберелинске киселине (GA). У клијајућем зрну пшенице гиберелинска киселина стимулише, а абсцисинска киселина инхибира синтезу алфа амилазе, а исте функције хормони обављају и приликом ране индукције алфа амилазе. Током нормалног развоја пшеничног зрна концентрација гиберелинске киселине достиже максималну вредност 15-20 дана после цветања, док концентрација абсцисинске киселине свој максимум достиже у ширем временском интервалу, 25-40 дана после цветања. Најнижи однос концентрације абсцисинске киселине и гиберелинске киселине (ABA/GA) је 25-30 дана после цветања. Температурни шокови у том периоду код осетљивих сорти изазивају рану индукцију алфа амилазе, мада је још увек нејасно да ли се то дешава због промењеног односа концентрација ABA/GA или због промењене осетљивости алеуронског слоја на наведене хормоне (Farrell и Kettlewell, 2008). У савременој производњи пшенице доминирају сорте са нижим стаблом. Такве сорте су носиоци тзв. *Rht* гена (*Rht- Reduced height*, смањена висина), који детерминишу ниско стабло биљке пшенице. Међутим, *Rht* гени су код неких сорти уједно и носиоци толерантности према гиберелинској киселини. Код таквих сорти рана индукција алфа амилазе је значајно мања или изостаје, што потврђује улогу гиберелинске киселине у датом процесу (Kondhare и сар., 2015).

Мерење активности алфа амилазе врши се методом који су почетком шездесетих година прошлог века развили Hagberg и Perten. Активност алфа амилазе је обрнуто пропорционална вредности Хагберговог броја падања. На вредност Хагберговог броја падања утицај алфа амилазе-1 је већи од утицаја алфа амилазе-2 услед различитих апсорпционих карактеристика два изоензима (Craven и сар., 2008).

Вредност Хагберговог броја падања зависи од генотипа, фактора спољашње средине и њихове интеракције. Који ће фактор варијабилитета превладати зависи првенствено од сорти коришћених у испитивању, количине падавина и температуре у прежетвеном периоду. Брашно доброг квалитета има вредност Хагберговог броја падања 250-300 s, а ниже вредности су карактеристичне за сорте пшенице са ниском хектолитарском масом, slabим избрашњавањем, малом моћи апсорпције, малом снагом брашна, slabим волуменом и лошом структуром средине хлеба услед разградње скроба и резервних протеина (Denčić и сар., 2013). Резултати које су у четворогодишњем периоду проучавањем 140 сорти из 28 држава широм света добили Denčić и сар. (2011) показују да на вредност Хагберговог броја падања највећи утицај има генотип. Denčić и сар. (2013) проучавањем 30 сорти у десетогодишњем периоду закључују да је фактор сорта имао утицај на вредност Хагберговог броја падања само у годинама са врло влажним прежетвеним периодом и наводе резултате Lukow-а и Mcvetty-а (1991) да сорта утиче на вредност Хагберговог броја падања са преко 73%, и резултате DePauw-а и McCaig-а (1991) где је утицај сорте знатно мањи, свега 33%. Од спољашњих фактора највећи утицај има влажност у прежетвеном периоду која је, нарочито у комбинацији са ниском температуром, и главни узрок ниске вредности Хагберговог броја падања (Živančev, и сар., 2012).

Ћубрење азотом, према резултатима које наводе Craven и сар. (2007) не утиче на вредност Хагберговог броја падања. Слично закључују и Јukić и сар. (2011), који ипак наводе резултате неколико аутора, по којима ѓубрење азотом повећава вредност Хагберговог броја падања али до нивоа који не изазива полагање усева и последично проклијавање и повећање активности алфа амилазе.

3.2.1.2. Физички параметри технолошког квалитета пшенице

Прве испитане и описане особине пшенице биле су физичке особине. Млевне и пецивне особине пшенице значајно зависе од њених физичких особина (Hazen и Ward, 1997). Процес прераде пшенице у млиновима зависи од млевних особина пшенице. Параметар који се најчешће користи за предвиђање млевних особина пшенице је хектолитарска маса зрна пшенице.

3.2.1.2.1. Хектолитарска маса

Хектолитарска маса пшенице је маса хектолитра изражена у килограмима (Protić и сар., 2007) и један је од основних параметара који одређује цену пшенице на тржишту (Lloyd и сар., 1999), првенствено утицајем на транспортне трошкове (Bordes и сар., 2008).

Маса хектолитра пшенице зависи од фактора околине и генетичких фактора (Bordes и сар., 2008). Koen (2006) наводи да хектолитарска маса зависи од густине зрна која је детерминисана факторима спољашње средине и начином њиховог слагања који је детерминисан генетичким факторима. Пуна, једра, округласта зрна, као и зрна са мањом браздом се слажу униформније од малих издужених зрна и дају хектолитар веће масе (Makawi и сар., 2013a). Lloyd и сар. (1999) наводе термин „ефикасност слагања“ који је у употреби од краја шездесетих година прошлог века. Ефикасност слагања зависи од облика зрна и карактеристика његове површине и, као што је речено, детерминисана је генетичким факторима (Branković и сар., 2015b). Густина зрна има низак степен корелације са хектолитарском масом ($r=0,169$), док је степен корелације ефикасности слагања и хектолитарске масе знатно већи ($r=0,961$). Warechowska и сар. (2013) су упоређивали физичке особине две сорте заступљене у Пољској. Сорта која је имала значајно дужа зрна имала је и значајно мању хектолитарску масу. Густина зрна се није значајно разликовала између две сорте различитих хектолитарских маса, односно није имала утицаја на хектолитарску масу.

Хектолитарска маса зависи од садржаја влаге у зрну. Смањивање садржаја влаге у зрну до приближно 13% повећава хектолитарску масу семена пшенице, а даље смањивање садржаја влаге нема утицаја на дати параметар. Коефицијент корелације хектолитарске масе и садржаја влаге у зрну је врло висок ($r=0,991$) у опсегу садржаја влаге у зрну 9-13% (Lloyd и сар., 1999).

Кишовито време у периоду жетве смањује хектолитарску масу јер зрла зрна апсорбују влагу. У почетку хектолитарска маса се смањује услед смањења густине зрна, а касније долази до оштећења површине зрна, смањења ефикасности слагања и драстичнијег смањења хектолитарске масе (Carver, 1996).

У истраживањима Protića и сар. (2007) су добијени резултати да се повећавањем интензитета ђубрења азотом до количине од 60 и 90 kg ha⁻¹ повећава хектолитарска маса, а да даље повећање интензитета ђубрења нема ефекта. Сличан ефекат примене количине азотног ђубрива у својим истраживањима су добили Campillo и сар. (2010) с разликом да се максимална хектолитарска маса постиже ђубрењем азотом у количини 250 kg ha⁻¹. Међутим, Fana и сар. (2012) не налазе зависност хектолитарске масе од ђубрења азотним ђубривом до количине 92 kg ha⁻¹, али наводе позитивну корелацију хектолитарске масе и ђубрења фосфорним ђубривом и то за количине 46 kg ha⁻¹ и 69 kg ha⁻¹, али не и за количину 23 kg ha⁻¹.

Интересантно је да је хектолитарска маса мешавине која садржи једнаке количине зрна три сорте гајене на три одвојене парцеле била већа од хектолитарске масе зрна добијених на парцели засејаној једнаком количином семена исте три сорте. Адекватна примена фунгицида значајно повећава хектолитарску масу мешавине, без обзира да ли потиче од зрна са три или једне парцеле (Zmijewski и Gil, 2008).

Недостатак хранљивих материја, суша, висока влажност земљишта, претерана осунчаност, екстремне температуре, оштећења од инсеката, мраза, града и остали фактори стреса биљака у периоду наливања зрна смањују хектолитарску масу (Wrigley и Batey, 2003).

Хектолитарска маса варира од 60 до 84 kg hl⁻¹. Пшеница високог квалитета треба да има хектолитарску масу већу од 76 kg hl⁻¹ (Protić и сар., 2007). За производе

од интегралног (целозрног) пшеничног брашна минимална вредност хектолитарске масе мора бити изнад 80 kg hl^{-1} (Šarić и сар., 1996).

Неколико истраживања имало је циљ да пронађе степен корелације између хектолитарске масе са једне и избрашњавања и садржаја протеина са друге стране. У истраживањима која су провели Makawi и сар. (2013a) је установљен висок степен зависности хектолитарске масе и избрашњавања. Зрна која дају хектолитар високе масе су густа, са пуно више ендосперма и дају више брашна. Дакле, за високу вредност хектолитарске масе и последично висок степен избрашњавања важнија је густина зрна него његова укупна маса. Незрела зрна пшенице као и зрна оштећена сушом или болестима имају малу густину, малу хектолитарску масу и низак степен избрашњавања. Позитивну корелацију између хектолитарске масе и избрашњавања наводе Monsalve-Gonzalez и Pomeranz (1993), док Schuler и сар. (1995) сматрају да зависност та два параметра не постоји. Verman и сар. (1996) сматрају да између хектолитарске масе и степена избрашњавања постоји врло слаба зависност.

Још је више противречности код резултата истраживања корелације хектолитарске масе и садржаја протеина. Gaines (1991) не налази корелацију између хектолитарске масе и садржаја протеина, Schuler и сар. (1995) и Preston и сар. (1995) сматрају да између два параметра постоји позитивна корелација, док резултати Dowell и сар. (2008) указују на негативну корелацију.

3.2.1.3. Реолошки параметри технолошког квалитета пшенице

Реологија је наука која проучава проток, деформацију и разарање материјала изложеног дејству силе. Основни циљеви реологије су описивање механичких особина материјала, одређивање његове молекуларне структуре и састава и предвиђање понашања материјала током процеса прераде (Amjid и сар., 2013).

Реологија теста, и поред интензивног, вишедеценијског изучавања има још много непознаница. Недостатак напретка у проучавању последица је изразите реолошке комплексности теста које је вероватно најсложенији реолошки систем. Његова комплексност није ограничена само на хемијске, већ и на физичке

карактеристике (Hadnadev и сар., 2013; Knežević и сар., 2017a). Тесто пшеничног брашна истовремено показује одлике чврстог материјала и вискозне течности па се сврстава у вискоеластичне материјале (Rouille' и сар., 2005). Добро познавање реолошких особина има велики практични значај за формирање теста оптималних пецивно-технолошких особина (Amjid и сар., 2013; Knežević и сар., 2017a).

Методe проучавања реолошких особина теста могу се поделити на емпиријске и фундаменталне. Емпиријске методе се обављају помоћу инструмената као што су пенетрометар, текстурометар, конзистометар, амилограф, фаринограф, миксограф, екстензиграф, алвеограф. Ови инструменти су, за разлику од инструмената који се користе у фундаменталним методама, релативно јефтине, лаки за одржавање и не захтевају специјално обучене руковаоце, али су мање поуздани и дају резултате у релативним јединицама (Amjid и сар., 2013).

3.2.1.3.1. Моћ упијања воде

Моћ упијања воде је врло важна особина у пекарској индустрији од које зависи квалитетна обрада теста и квалитет финалних производа. Од брашна које има одговарајућу моћ упијања воде добијају се производи који дуго остају меки и имају добре структурне особине (Abbas и сар., 2011). Висока вредност овог параметра је нарочито значајна за хлебно брашно јер омогућује већи принос теста, самим тим и хлеба (Ma и сар., 2007).

Моћ упијања воде првенствено зависи од количине оштећених скробних зрна у брашну, концентрације и структуре нескробних полисахарида и од оних особина протеина које утичу на везивање воде (Smith и сар., 2011).

Основна комерцијална подела хексаплоидне пшенице извршена је, на основу текстуре ендосперма, на тврду и меку (Mikulikova, 2007). Брашно тврде пшенице садржи већу количину оштећених скробних зрна од брашна меке пшенице (Smith и сар., 2011). Зрна меке пшенице се лакше ломе услед чега се ствара већа количина целих или мање оштећених скробних зрна. Зрна тврде пшенице се приликом млевења теже ломе и имају већу количину оштећених скробних зрна. Такво брашно

има већу моћ упијања воде и већу количину доступних угљених хидрата за ферментативне активности квасца (Pasha и сар., 2010). Оштећења скробних зрна настају током млевења пшенице. Брашно са већом количином оштећених зрна има већу моћ упијања воде. Степен адхезије између скробних зрна и протеинског матрикса детерминише тврдоћу пшенице и регулисан је протеином названим фриабиллин. Количина фриабиллина може бити и десетоструко већа у мекој него у тврдој пшеници (Mikulikova, 2007). Назив фриабиллин, настао од енглеске речи „friable“ (у преводу - трошан), истиче значајно веће присуство датог протеина у трошној, мекој пшеници него у тврдој (Kharrazi и Voboјonov, 2012). Фриабиллин се састоји се од три главна полипептида, пуроиндолина а (*Pina*), пуроиндолина б (*Pinb*), и протеина мекоће зрна (енгл. grain softness protein, *Gsp-1*). То је протеински комплекс присутан на површини скробних зрна (Mikulikova, 2007).

Пуроиндолини су главне компоненте фриабиллина. Назив пуроиндолин потиче од грчке речи „πιρo“ (у преводу - пшеница) и индолин, од индоловог прстена у триптофану, аминокиселини која је значајна компонента једног сегмента пуроиндолина. Пуроиндолини су присутни у ендосперму и алеуронском слоју. Уједно су и биљни одбрамбени механизам услед мембрано-токсичних особина према неким фитопатогеним бактеријама (Mikulikova, 2007).

Врло детаљна генетичка и цитолошка проучавања пшенице и пиринча су показала да присуство пуроиндолина детерминише меко зрно. Дурум пшеница је врло тврда услед потпуног одсуства оба пуроиндолина. Тврда пшеница је прелазни облик између меке пшенице и дурум пшенице (Chen и сар., 2010). У тврдој пшеници *Pina* је одсутан, док се *Pinb* појављује у мутираном облику (Brites и сар., 2008).

Оба пуроиндолина имају по десет цистеинских остатака који формирају пет дисулфидних веза. Такође, имају и регион богат триптофаном и молекулске масе око 13 kDa. То су базни протеини са изоелектричним тачкама 10,5 (*Pina*), односно 10,7 (*Pinb*). *Pina* формира јаке везе и са фосфолипидима и са гликолипидима, док *Pinb* формира чврсту везу само са фосфолипидима и лабав липопротеински комплекс са гликолипидима (Mikulikova, 2007).

Gsp-1 се састоји од једног главног и неколико мањих полипептида. Нешто је тежи од пуринодолина и има молекулску масу 15 kDa (Mikulikova, 2007). Његова улога у тврдоћи зрна је дискутабилна јер не смањује степен тврдоће дурум пшенице иако је присутан у њој (Kharrazi и Vobojonov, 2012). Има већу вредност изоелектричне тачке од пуринодолина, као и релативно велике количине аминокиселина аргинина, лизина, триптофана и фенилаланина што указује да овај протеин пре има антимикуробско дејство него улогу у омекшавању зрна (Phillips и сар., 2010).

Гени који кодирају синтезу фриабелина налазе се на локусу *Ha* (*hardnes* – енгл. тврдоћа), на кратком краку хромозома 5Д. На локусу који садржи 82.353 базних парова налази се десет гена од којих је улога у детерминисању тврдоће зрна потврђена само за *Pina-D1* и *Pinb-D1* (Cuesta и сар., 2013).

Регион богат триптофаном ствара афинитет пуринодолина према липидима. Овај спој протеина и липида спречава или слаби интеракцију скробних зрна и протеинског матрикса. Што је интеракција протеинског матрикса и скробних зрна слабија тврдоћа пшенице је мања (Brites и сар., 2008).

Други фактор који значајно утиче на апсорпцију воде је садржај арабиноксилана. Њихов садржај у зрну пшенице износи око 5-8%, док је у брашну знатно мањи, 2-3%. Представљају најважније нескробне полисахариде пшенице. Услед високог капацитета везивања воде значајно утичу на реолошке особине теста и уопште на технолошки квалитет пшенице (Hemalatha и сар., 2013). Тврда пшеница има већу концентрацију арабиноксилана него мека (Saeed и сар., 2011). Li и сар., (2009), су проучавајући 25 сорти озиме и 25 сорти јаре пшенице утврдили да је просечан укупан садржај арабиноксилана код озимих 3,09-4,04% од чега на водо-екстрактабилне отпада 0,39-0,808%, док је код јарих сорти укупна количина арабиноксилана 3,94-4,7%, од чега на водо-екстрактабилне арабиноксилане отпада 0,476-0,919%.

Арабиноксилани чине 20-27% алеурона, 23-32% омотача зрна и 2-4% ендосперма (Ramseyer и сар., 2011). Представљају најзаступљенији елемент ћелијског зида ћелија зрна пшенице (Saeed и сар., 2011). Структурну основу

арабиноксилана представљају остаци 1,4 ксилозе чији други или трећи угљеников атом могу бити супституисани арабинозом услед чега је цео молекул склупчан, са различитим степеном флексибилности. На петом угљениковом атому могућа је естерификација ферулном киселином. Врста и степен супституције другог, трећег и петог угљениковог атома детерминише флексибилност, просторну конформацију и могућност екстракције водом (Ramseyer и сар., 2011).

Тако, арабиноксилане делимо на водо-екстрактабилне (оне који се могу екстраховати водом) (WEAX, енгл. water-extractable arabinoxylans), и водо-неекстрактабилне (оне који се не могу екстраховати водом), (WUAX, енгл. water-unextractable arabinoxylans). Ове две групе арабиноксилана имају различите физичко-хемијске особине. Водо-неекстрактабилни арабиноксилани негативно утичу на квалитет брашна јер вежу велику количину воде спречавајући адекватну хидратацију скроба и глутена. Такође, ремете и формираање гасних балона у тесту (Ramseyer и сар., 2011).

Водо-екстрактабилни арабиноксилани смањују снагу и квалитет глутена. Додавањем изолованих водо-екстрактабилних арабиноксилана у брашно повећава се апсорпција воде, запремина хлеба и вискозност теста. Такође, успорава се сушење хлеба (Saeed и сар., 2011). Слободни радикали присутни у брашну иницирају димеризацију остатака ферулне киселине при чему се формира мрежни матрикс полимера арабиноксилана који доприноси повећању апсорпционог капацитета (Bettge и Morris, 2007). Проучавајући 80 узорак пшенице из четири локалитета и два вегетациона периода утврђено је да зрно увек има већу моћ упијања воде него брашно од тог зрна јер се млевењем губе арабиноксиланима најбогатији делови зрна (Švec и сар., 2012). На сличан закључак наводе и резултати испитивања које наводе Xhabiri и сар. (2013). Проучавајући утицај додавања мекиња на технолошки квалитет пет заступљених балканских сорти пшенице, аутори су утврдили да се код свих сорти значајно повећава моћ упијања воде.

На садржај арабиноксилана утичу генотип, фактори спољашње средине и њихова интеракција. Ипак, значај утицаја генотипа је превасходан јер може помоћи у селекцији адекватних сорти пшенице (Li и сар., 2009).

Проучавајући физичко-хемијске и реолошке особине 120 узорка белог брашна Abbasi и сар., (2011) су утврдили висок степен зависности између моћи упијања воде и садржаја протеина, као и коефицијент корелације 0,414. Још већу зависност између садржаја протеина и апсорпције воде (коефицијент корелације 0,84) утврдили су Saleh и Brennan (2012) изучавајући физичко-хемијске и реолошке особине шест сиријских сорти пшенице. Fox и сар. (2013) су утврдили високу негативну зависност између избрашњавања и апсорпције воде. Утврђен коефицијент корелације се кретао од -0,46 па и до -0,6. Обзиром да између параметара избрашњавање и садржај протеина такође постоји негативна зависност, аутори закључују да селекција генотипова са високим садржајем протеина уједно значи и селекцију генотипова са већом моћи упијања воде.

Проучавајући однос физичко-хемијских особина и капацитета задржавања растварача (енгл. SRC – solvent retention capacity) 30 корејских сорти током два вегетациона периода Kang и сар. (2014) су утврдили високу зависност апсорпције воде од генотипа, фактора спољашње средине и њихове интеракције. Švec и сар. (2012) су испитујући капацитет задржавања растварача на осамдесет сорти током три вегетациона периода утврдили значајан утицај генотипа, фактора спољашње средине, али не и утицај њихове интеракције. У истраживању које су обавили Zečević и сар. (2007) на десет сорти гајених током четири вегетациона периода, највећи утицај на моћ упијања воде је имала интеракција фактора генотипа и године. Ma и сар. (2007) наводе да на моћ апсорпције воде највише утиче генотип (47,9%), а знатно мање фактори спољашње средине (7,32%) и интеракција поменута два фактора (11,6%). Испитујући варијабилност технолошког квалитета шест озимих сорти током седам вегетационих периода Zečević и сар. (2010a), су утврдили да је просечна вредност коефицијента варијације за варијабилитет детерминисан годином била 4,2%, односно, била је нижа од просечне вредности коефицијента варијације условљене генотипом (5,1%) (Mikulikova, 2007).

3.2.1.3.2. Развој теста

Развој теста је важан реолошки параметар који показује време, изражено у минутима, које протекне од момента додавања воде у брашно које се налази у месилици фаринограма, до момента кад вискозност и еластичност теста достигну оптималне вредности за задржавање гаса (Vizitiu и Danciu, 2011), односно кад тесто достигне конзистенцију од 500 BU (Constantin и сар., 2011). Вредност овог параметра показује оптимум времена замеса (Abbasі и сар., 2015).

Проучавајући утицај генотипа и фактора спољашње средине на реолошке особине брашна 40 канадских сорти групе CWRS (Canada Western Red Spring), Preston и сар. (2001) закључују да је утицај генотипа много израженији, што је у складу са ставом којег наводе Williams и сар. (2008), да на параметре технолошког квалитета пшенице који су корелирани количином протеина утицај околине има већи значај, док на параметре корелиране саставом протеина (између осталих и реолошки параметри), већи утицај има генотип. Изучавањем утицаја тврдоће зрна на реолошке особине 24 сорте озиме пшенице Salmanowicz и сар. (2012) су утврдили значајан утицај генотипа на време развоја теста. Канадске сорте пшенице из групе CWES (Canada Western Extra Strong), односно сорте са јаким глутеном, имају значајно дуже време развоја теста од сорти из групе CWRS, закључују Dua и сар. (2009), на основу проучавања утицаја генотипа и врсте екстракционе методе на функционалност глутена. Изучавајући утицај резервних протеина на технолошки квалитет 12 озимих сорти пшенице Horvat и сар. (2012b) су утврдили значајан утицај генотипа на време развоја теста. Аутори такође наводе да је време развоја теста значајно позитивно корелирано са садржајем протеинских подјединица високих молекулских маса, а значајно негативно са садржајем албумина и глобулина. Како истичу Horvat и сар. (2007), утицај садржаја албумина и глобулина на квалитет брашна није толико небитан како се некад сматрало, обзиром на могућност њихове интеракције са глутенинским подјединицама. Constantin и сар. (2011) наводе да порастом садржаја глутена и смањењем удела белог брашна у тесту расте време развоја теста. Време развоја теста расте повећањем димензија скробних честица и

повећањем степена њиховог оштећења (Darušević-Hadnađev и сар., 2011). Резултати истраживања које наводе Romano и сар. (2013), Pora и сар. (2015) и Voicu и сар. (2012) указују да се повећањем вредности параметра моћ упијања воде продужује време развоја теста, а Nikolić и сар. (2013) наводе да је вредност коефицијента корелације између два параметра $r=0,44$.

Приликом проучавања утицаја тврдоће зрна пшенице на особине теста 24 озиме сорте пшенице, гајених уз стандардан и повишени ниво ђубрења, Salmanowicz и сар. (2012) су утврдили значајно повећање времена развоја теста услед повећења интензитета ђубрења.

У превенцији и лечењу неких болести и поремећаја савременог доба (гојазност, дијабетес, срчане болести итд.) важну улогу имају хранљива влакна. Важан извор хранљивих влакана су арабиногалактани. То су водорастворљиви протеоглици (једињења која садрже остатке протеинских молекула и молекула шећера), присутни у многим биљкама, а нарочито у кафи, соји, бобу и житарицама. Време развоја теста обогаћеног са 3% и 5% арабиногалактана је значајно дуже у односу на контролно тесто и тесто са додатком 1% арабиногалактана. До продужења времена развоја теста долази услед компетитивног односа арабиногалактана према води. Део воде апсорбују арабиногалактани, па се време и количина воде који су потребни за постизање максималне конзистенције теста увећавају (Romano и сар., 2013). Проучавајући реолошке особине мешавине интегралног пшеничног и интегралног тритикале брашна Kalnina и сар. (2015b), су утврдили да је време развоја теста белог пшеничног брашна (2:22 минута) знатно краће од времена развоја теста интегралног тритикале брашна (7:41) и интегралног пшеничног брашна (6:30 минута) услед већег садржаја хранљивих влакана код интегралног брашна. Генерално, хранљива влакна повећавају количину апсорбоване воде јер имају велики број хидроксилних група које водоничним везама привлаче молекуле воде (Nikolić и сар., 2013). Додавање инулина из цикорије белом пшеничном брашну у количинама од 10%, 15%, 20%, и 25% значајно продужује времена развоја теста, док количина инулина од 5% нема утицаја (Војнанска и сар., 2015). Време развоја теста продужује се и додавањем брашну биљака богатих протеинима, попут соје или

неких гљива. Осим због повећаног садржаја протеина, време развоја теста се продужава и због повећаног садржаја липида у биљкама и гљивама које се додају брашну (Nikolić и сар., 2013). Овсено брашно садржи дупло више хранљивих влакана (4%) од белог пшеничног брашна. Проучавајући реолошке особине теста белог пшеничног брашна коме је додато интегрално овсено брашно Pora и сар. (2015) су утврдили да мешавине које садрже 20 и више процената интегралног оведеног брашна имају значајно дуже време развоја теста. Додавање ражаног брашна, за разлику од оведеног, није утицало на промену времена развоја теста према Voicu и сар. (2012), док су Kalnina и сар. (2015a) добили супротне резултате проучавајући реолошке особине мешавина белог пшеничног брашна са интегралним пшеничним, ражаним и јечменим брашном за производњу тестенина. Наводећи времена развоја теста белог пшеничног брашна (2:22 минута), интегралног пшеничног (6:30 минута), интегралног ражаног (6:36 минута) и интегралног јечменог брашна (6:52 минута), аутори закључују да продужење времена развоја теста настаје првенствено услед повећаног садржаја хранљивих влакана, а делом и повећаног садржаја протеина у интегралном брашну. Јабучна пулпа, која садржи око 16% хранљивих влакана, врло ефикасно продужује време развоја теста, и према резултатима које наводе He и Lu (2015) само 1% јабучне пулпе продужује време развоја теста са 3 на 11 минута. На основу резултата проучавања утицаја протеина сојиног брашна и изолата сојиног протеина на реолошке особине теста пшеничног брашна Ribotta и сар. (2005) су утврдили супротан ефекат наведених суплемената на време развоја теста. Протеини сојиног брашна продужују време развоја теста, док га изолат скраћује. Аутори сматрају да изолат протеина садржи делимично денатуриране протеине соје који интерагујући са пшеничним глутеном скраћују време развоја теста, док протеини из сојиног брашна продужују време развоја теста услед компетитивног односа према води са осталим компонентама теста.

Проучавајући пецивне особине 66 аргентинских сорти пшенице Osella и сар. (2008) су утврдили висок коефицијент варијације (51,5%) параметра време развоја теста.

Значајан степен корелације између времена развоја теста и параметара садржај пепела ($r=0,495$), садржај протеина ($r=0,667$), садржај влажног глутена ($r=0,281$), глутен индекс ($r=0,405$) и број падања ($r=0,221$), утврдили су Abbasi и сар. (2015) приликом проучавања физичко-хемијских карактеристика и фаринографских параметара 100 узорака белог брашна пореклом из различитих области Ирана. Abbasi и сар. (2011) наводе да повећан садржај пепела у брашну подразумева и већи садржај честица омотача зрна које успоравају формирање глутена и хидратацију ендосперма чиме се успорава апсорпција воде и продужава време развоја теста. Исти аутори наводе да се услед појачане активности амилазе (смањује се вредност броја падања) скроб разлаже на декстрине, простија једињења мањих молекулских маса, што за последицу има слабљење теста и скраћење времена развоја теста. Проучавајући утицај количине падавина у преджетвеном периоду на број падања и реолошке особине 30 сорти пшенице пореклом из 19 земаља света Denčić и сар. (2013) су утврдили високу зависност између броја падања и времена развоја теста ($r=0,6$) али само у годинама у којима је у преджетвеном периоду количина падавина била изнад вишегодишњег просека. Аутори су поделили сорте у три групе у зависности од вредности броја падања. Прва група (Н-1) садржи сорте са бројем падања нижим од 150, друга група (Н-2) садржи сорте са бројем падања у интервалу 250-350, док су у трећу (Н-3) групу сврстане сорте са бројем падања изнад 400. Време развоја теста треће групе сорти је било значајно дуже у односу на време развоја теста сорти прве две групе. Такође, утврђено је да је у годинама са кишним преджетвеним периодом време развоја теста било значајно мање у односу на године са сушним преджетвеним периодом и то за све три групе сорти. Овакав резултат указује да повећана активност амилазе, изазвана преджетвеним проклијавањем, разара протеинско-скробни матрикс, слаби јачину и смањује време развоја теста.

3.2.1.3.3. Стабилност теста

Стабилност теста је реолошки параметар који показује дужину временског интервала, изражену у минутима, током којег се фаринографска крива налази изнад конзистенције од 500 BU. Током трајања периода стабилности тесто одржава

максималну конзистенцију. Тесто доброг квалитета има период стабилности теста 4-12 минута (Kalnina и сар., 2015a). Стабилност теста је индикатор снаге и отпорности на прекомерно мешање (Xu и сар., 2014) и користи се за класификацију пшенице као и за одређивање адекватне намене коришћења одговарајућег брашна (Seleiman и сар., 2011).

Проучавајући утицај генотипа и фактора спољашње средине на реолошке особине брашна 40 канадских сорти групе CWRS (Canada Western Red Spring), Preston и сар. (2001) закључују да је утицај генотипа на стабилност теста много израженији, односно да фактори спољашње средине немају значајног утицаја, што је у складу са ставом којег наводе Williams и сар. (2008), да на параметре технолошког квалитета пшенице који су корелирани количином протеина утицај околине има већи значај, док на параметре корелиране саставом протеина (између осталих и реолошки параметри), већи утицај има генотип. Резултати истраживања технолошког квалитета девет сорти озиме пшенице, гајених током три вегетациона периода, су показали значајан утицај генотипа, фактора спољашње средине и интеракције два фактора на стабилност теста (Zečević и сар., 2013). Изучавањем утицаја тврдоће зрна на реолошке особине 24 сорте озиме пшенице Salmanowicz и сар. (2012) су утврдили значајан утицај генотипа на стабилност теста. Канадске сорте пшенице из групе CWES (Canada Western Extra Strong), односно сорте са јаким глутеном, имају значајно дужу стабилност теста од сорти из групе CWRS (Canada Western Red Spring), закључују Dua и сар. (2009), на основу проучавања утицаја генотипа и врсте екстракционе методе на функционалност глутена. Насупрот претходно наведеним резултатима Barić и сар. (2004) су, на основу проучавања четири озиме сорте гајене у три локалитета у Хрватској, утврдили већи утицај фактора спољашње средине него генотипа на стабилност теста. Такође, утврђен је и значајан утицај интеракције генотипа и фактора спољашње средине. Koppel и Ingver (2010) су проучавајући технолошки квалитет једанаест сорти озиме пшенице током пет вегетационих периода утврдили да на стабилност теста већи утицај имају фактори спољашње средине, мада је и утицај генотипа значајан. Проучавајући разлике у приносу и квалитету између 14 јарих и 15 озимих сорти пшенице Koppel и

Ingver (2008) су установили да је просечна вредност параметра стабилност теста јарих сорти скоро дупло већа него код озимих (8,8 минута код јарих, 4,7 минута код озимих). Аутори такође наводе да на стабилност теста значајно утичу и фактори спољашње средине и генотип, али да је утицај фактора спољашње средине већи.

Проучавајући технолошки квалитет и реолошке особине 15 сорти озиме пшенице Horvat и сар. (2007), су утврдили високу негативну зависност стабилности теста и садржаја албумина и глобулина, као и коефицијент корелације $r=-0,43$. Аутори истичу да утицај садржаја албумина и глобулина на квалитет брашна није толико небитан како се некад сматрало, обзиром на могућност њихове интеракције са глутенинским подјединицама.

Приликом проучавања утицаја тврдоће зрна пшенице на особине теста 24 озиме сорте пшенице, гајених уз стандардан и повишени ниво ђубрења, Salmanowicz и сар. (2012) су утврдили да различити интензитети ђубрења не утичу на стабилност теста.

Стабилност теста значајно опада додавањем 1%, 3% и 5% арабиногалактана брашну (Romano и сар., 2013). Према резултатима које објављују He и Lu (2015), сличан ефекат на стабилност теста настаје услед додавања јабучне пулпе брашну. Додавање сојиних протеина и протеина сурутке брашну узрокује смањење стабилности теста услед компетитивног односа глутена и додатих протеина према води, као и услед последичне деградације скробно-протеинског комплекса теста и дисулфидних веза глутена (Ammar и сар., 2011). Проучавајући реолошке особине мешавине интегралног пшеничног и интегралног тритикале брашна Kalnina и сар. (2015b) су утврдили да стабилност теста значајно опада додавањем интегралног пшеничног и тритикале брашна белом пшеничном брашну. Интегрално тритикале брашно значајно више смањује стабилност теста од интегралног пшеничног брашна јер садржи мању количину глутена. На основу резултата проучавања реолошких особина теста белог пшеничног брашна коме је додато интегрално овсено брашно Rora и сар. (2015) су утврдили да количине од 10% и 20% интегралног овсеног брашна повећавају стабилност теста, док се његовим даљим повећањем садржаја у мешавини смањује вредност параметра јер повећане количине влакана изазивају

механичко оштећење глутена. Услед оштећења и разређивања глутена смањује се стабилност теста пшеничног брашна коме је додато 10% кукурузног брашна, док додавање 20% и 30% кукурузног брашна није изазвало даљи пад стабилности теста (Onyango и сар., 2015). Проучавајући реолошке особине пшеничног брашна коме су додане различите количине (5%, 10%, 15%, 20% и 25%) инулина из цикорије, Војнанска и сар. (2015) су утврдили значајна повећања стабилности теста, а највеће продужење периода стабилности теста изазвала је концентрација 5% инулина. Стабилност теста повећава се и додавањем брашну биљака богатих протеинима, попут соје или неких гљива (Nikolić и сар., 2013). Протеазе у брашну, и у врло малим концентрацијама (5-20 ppm), изазивају смањење стабилности теста за 25%, (Hassan и сар., 2014). Додавање 10% и 20%, ражаног брашна белом пшеничном брашну изазвало је незнатан пад стабилности теста, 30% ражаног брашна у мешавини изазвало је незнатан раст стабилности теста, док је 40%-тна мешавина имала двоструко већу вредност стабилности теста у односу на 30%-тну мешавину и троструко већу вредност у односу на 20%-тну мешавину (Voicu и сар., 2012). Према резултатима које наводе Јефремова и сар. (2015), додавање мекиња брашну изазива троструко повећење стабилности теста, док двоструко повећење параметра изазива додавање ферментисаних мекиња.

Проучавајући пецивне особине 66 аргентинских сорти пшенице Osella и сар. (2008) су утврдили висок коефицијент варијације (67,3%) параметра стабилност теста. Поделивши, на основу вредности параметра стабилност теста, једанаест сорти озиме пшенице у три групе, Корпел и Ingver (2010) су утврдили најмањи коефицијент варијације (46,4%) за групу са просечном вредношћу параметра 3,8 минута, док су групе са просечном вредношћу стабилности теста од 6,1 и 9,5 минута имале већи коефицијент варијације, 77,7%, односно 66,4%. Корпел и Ingver (2008) су проучавајући разлике у приносу и квалитету између 14 јарих и 15 озимих сорти пшенице установили већи коефицијент варијације стабилности теста озимих сорти (87,7% према 63%).

Значајан степен корелације стабилности теста и садржаја протеина ($r=0,295$) као и стабилности теста и глутен индекс ($r=0,676$), утврдили су Abbasi и сар. (2015) приликом проучавања физичко-хемијских карактеристика и фаринографских параметара 100 узорака белог брашна пореклом из различитих области Ирана. Проучавајући технолошки квалитет 11 сорти озиме пшенице током пет вегетационих периода Koppel и Ingver (2010) су утврдили висок степен зависности између стабилности теста и параметара садржај протеина ($r=0,9$) и моћ упијања воде ($r=0,69$). Проучавајући утицај четири иригациона режима током два вегетациона периода на технолошки квалитет једне египатске сорте пшенице, Seleiman и сар. (2011) су утврдили висок коефициент корелације, $r=0,851$, између садржаја протеина и стабилности теста. Проучавајући разлике у приносу и квалитету између 14 јарих и 15 озимих сорти пшенице Koppel и Ingver (2008) су установили високу зависност између стабилности теста и садржаја протеина ($r=0,75$ за јаре сорте; $r=0,9$ за озиме) и између стабилности теста и садржаја влажног глутена ($r=0,66$ за јаре сорте; $r=0,82$ за озиме).

3.2.1.3.4. Енергија теста

Енергија теста је важан параметар технолошког квалитета пшеничног брашна. Одређује се помоћу уређаја екстензографа (Brabender, Duisburg, Немачка) који омогућава мерење деформација у тесту после периода одмарања (Preston и Hoseneу 1991). Екстензографом се испитују и остали показатељи снаге теста, отпор и растегљивост (Kaluderski и Filipović, 1998). Тест на екстензографу дефинише карактеристике истезања теста и омогућава предвиђање стабилности теста у току обраде. Такође, резултати добијени на екстензографу могу послужити за оцену ефекта адитива и додатних сировина за специјалне врсте пекарских производа, за оцењивање квалитета оплемењивачког материјала, као и за брзо процењивање квалитета сорти пшенице и квалитета брашна (Hristov и сар., 2010a).

Вредност енергије теста се приказује графички и представља површину која је ограничена апсцисом и екстензографском кривом изражену у квадратним центиметрима. Што је површина испод криве, односно енергија теста већа, то је тесто отпорније на растезање односно кидање (Hristov и сар., 2010a).

Енергија теста је сортна карактеристика која је у великој мери зависна од фактора спољашње средине, првенствено од температуре и падавина у фази наливања зрна пшенице, од степена интензитета напада штетних инсеката (стенице-*Eurygaster maura* и *Eurygaster austriaca*) и примењене агротехнике (Hristov и сар., 2010a). Сорте са високом вредношћу *Glu-1 score*-а, односно сорте које на *Glu-D1* локусу садрже подјединице 5+10, имају високе вредности енергије теста. Енергија теста је у негативној корелацији са *Gli/Glu* односом (Horvat и сар., 2012b).

Високе температуре и недостатак влаге у фази наливања зрна доприносе формирању чврстог и слабо растегљивог глутена, док се при ниским температурама и вишку влаге формира слабији и растегљивији глутен (Ђурић и сар., 2005). Дакле, у оба случаја енергија теста је смањена али су узроци различити. У првом случају енергија теста је смањена због нерастегљивог а у другом због глутена мале отпорности. Сличне податке представља Nagel (2005), да у условима високих температура и малих количина падавина долази до формирања чврстог и слабо растегљивог глутена, али са смањењем енергије теста код већине сорти. Код мањег броја сорти долази до повећања енергије теста, што све говори о комплексности поменуте особине.

Смањена енергија теста указује на поремећај протеинске структуре услед повећања активности протеолитичких ензима. Такво тесто је расплинато, са ниским степеном интензитета ферментативних процеса и малом запремином готових производа (Ђурић и сар., 2005). Наведене карактеристике теста се могу побољшати додатком адитива који олакшавају обраду теста и повећавају квалитет и трајност хлеба (Hristov и сар., 2010a) али је ефикасност адитива ограничена на сорте са средње јаким глутеном, односно нижим вредностима енергије теста (Horvat и сар., 2009a).

Висока вредност енергије теста указује на стабилнију глутенску структуру која остаје ненарушена и при повећаној активности протеолитичких ензима (Torbica и сар., 2007).

Потребно је, на основу вишегодишњих испитивања, нагласити да, сама по себи, висока вредност енергије теста на екстензограму не гарантује високи технолошки квалитет (Hristov и сар., 2010a).

3.2.1.3.5. Растезање теста

Растегљивост је специфична особина теста која детерминише структуру и запремину хлеба и пецива. Растегљивост теста омогућују јединствене особине глутенског комплекса (Kieffer, 2006). Ова особина утиче на задржавање гаса, запремину готовог производа и дужину трајања фазе одмарања теста (Caffe-Tremel и сар., 2011). Познавање вредности параметара растегљивост теста, садржај протеина и број падања омогућава врло добро предвиђање запремине хлеба (Rózyło и Laskowski, 2011).

Растегљивост теста је генотипска особина под снажним утицајем фактора спољашње средине (Esmail и сар., 2015). Проучавајући реолошке особине пет америчких сорти дурум пшенице Alamri и сар. (2009) су утврдили значајне сортне разлике параметра растегљивости теста. Према резултатима истраживања технолошког квалитета 29 сорти пшенице из Србије и Хрватске, сорте са високим садржајем албумина, глобулина и ω -глијадина имају значајно ниже вредности параметра растегљивост теста (Mastilović и сар., 2014; Knežević и сар., 2016). Значајан утицај генотипа на вредност параметра растегљивост теста наводе и Stanciu и Neacsu (2008) на основу резултата проучавања 26 озимих хлебних сорти пшенице као и Koga и сар., (2016) који су проучавали утицај три различита температурна режима на вискозно-еластичне особине глутена четири норвешке сорте пшенице.

Просечне вредности растегљивости теста десет египатских сорти хлебне пшенице гајених у нормалним условима и у условима суше се нису значајно

разликовале (Esmail и сар., 2015). Проучавањем реолошких особине једне сорте пшенице на истом локалитету током три вегетациона периода Hadnađev и сар. (2013) дошли су до супротног резултата. Метеоролошки услови током фенофазе наливања зрна били су различити за сваки од три вегетациона периода. Једна сезона је била екстремно сушна, једна екстремно кишовита и једна са просечном количином падавина током поменуте фенофазе. Растегљивост теста је била значајно нижа код пшенице код које је током фенофазе наливања зрна била екстремна суша. Високе температуре и суша скраћују фенофазу наливања зрна повећавајући садржај глијадина у укупном садржају протеина, што узрокује смањење вредности параметра растегљивост теста.

При високим температурама током фенофазе наливања зрна растегљивост се значајно смањује а енергија теста код већине сорти повећава. Ипак, уочене су и сорте код којих се енергија теста са повећањем температуре смањује што говори о комплексности овог параметра и специфичности сортне реакције (Hristov и сар., 2010a). Комплексан утицај температуре на растегљивост теста потврђују и резултати које објављују Koga и сар., (2016) након проучавања утицаја три различита температурна режима на вискозно-еластичне особине глутена четири норвешке сорте пшенице. Четири јаре сорте хлебне пшенице гајене су у коморама у којима су температурни режими током фенофазе наливања зрна били: дан/ноћ 13/10⁰С, 18/15⁰С и 23/20⁰С. Растегљивост теста добијеног од брашна биљака гајених под различитим температурним режимима се значајно разликовала. Највећа просечна вредност параметра забележена је у температурном режиму 23/20⁰С, а најмања у температурном режиму 18/15⁰С.

Према резултатима које наводе González-Torralba и сар. (2012) повећање интензитета ђубрења азотом повећава вредност параметра растегљивост теста и то 0,3 mg kg⁻¹ азота, што је и очекивано обзиром да раст садржаја протеина детерминисан применом азотних ђубрива изазива пораст растегљивости теста (Esmail и сар., 2015). Насупрот наведеном закључку, Stanciu и Neacsu (2008) нису утврдили значајан утицај ђубрења азотом на вредност параметра растегљивост теста. Интензивније ђубрење сумпорним ђубривима изазива повећање садржаја сумпора у

зрну као и смањење односа N:S, што за последицу има повећање броја цистеинских остатака а самим тим и повећање вредности растегљивости теста Järvan и сар. (2008).

У савременом пекарству користе се адитиви који олакшавају обраду теста, повећавају квалитет свежег хлеба и продужују рок трајања пекарских производа (Horvat и сар., 2009а). Додавањем одговарајуће смеше аскорбинске и лимунске киселине у тесто повећава се вредност параметра растегљивост теста 1,5 пута (Šimurina и сар., 2013а). Перманентна тежња потрошача за што природнијим састојцима пекарских производа допринела је да се као адитиви користе ензими од којих је у пекарској индустрији најзаступљенија ксиланаза. Ксиланазе су једноланчани гликопротеини масе 6–80 kDa, активни у опсегу рН=4,5–6,5 и на температурама између 40 и 60⁰С. То је ензим који врши ендохидролизу β-1,4 гликозидне везе ксилозе у ксилану, састојку ћелијског зида. У технолошком смислу ксиланазе појачава хидратацију глутена и побољшава вискоеластичне особине. Нарочито је тешко постићи одговарајућу запремину интегралног (целозрног хлеба) јер састојци омотача зрна пшенице који су пристни у интегралном брашну вежу велику количину воде и глутен остаје недовољно хидратисан. Ксиланазе ослобађа ову воду, врши се хидратација глутена и хлеб добија жељену запремину (Butt и сар., 2008). Stoenescu и сар. (2011) су испитивали утицај четири препарата, мешавине адитива на реолошке особине теста. Два препарата су у свом саставу имали ксиланазу, а сви су изазвали значајно повећање растегљивости теста. Слично, и резултати које наводе Ahmad и сар. (2014) и Valeri и сар. (2011) показују да додавање ксиланазе изазива повећање растегљивости теста.

Проучавајући реолошке особине шест сиријских сорти пшенице Al-Saleh и Brennan (2012) су утврдили врло висок коефицијент корелације ($r = 0,8$) између садржаја протеина и растегљивости теста. Идентичан коефицијент корелације између истих параметара ($r = 0,83$) утврдили су и Mastilović и сар. (2008) приликом проучавања утицаја сегрегације пшенице на корелационе односе параметара технолошког квалитета пшенице из три силоса у Србији. Нижи, али значајан коефицијент корелације два параметра утврђен је приликом проучавања реолошких особина сто узорак брашна пшенице пореклом из различитих области Ирана

($r = 0,46$). Неглутенски протеини негативно утичу на растегљивост теста упркос изразито позитивној корелираности укупног садржаја протеина и растегљивости теста. Неглутенски протеини (првенствено албумини и глобулини) су концентрисани у омотачу семена пшенице, дакле у делу који се углавном одбацује из белог брашна. Због тога пораст вредности садржаја протеина у белом брашну повећава вредност параметра растегљивост теста (Abbasi и сар., 2012). Проучавајући реолошке особине шест сиријских сорти пшенице Al-Saleh и Brennan (2012) су утврдили висок коефицијент корелације ($r = 0,69$) између параметара растегљивост теста и моћ упијања воде и непостојање значајног степена корелације између растегљивости теста и запремине хлеба.

3.2.1.3.6. Отпор теста

Отпор који тесто пружа сили растезања региструје се на екстензограму и изражава у Брабендеровим јединцима (*BU-brabender unit*; Брабендерове јединице). Обзиром да се отпор током растезања мења, стандардизована је вредност која одговара висини екстензограмске криве на даљини од 5 центиметара од почетка истезања (Šimurina и сар., 2013а). Ниске вредности овог параметра су индикатори лошег технолошког квалитета (Hristov и сар., 2010а).

Williams и сар. (2008), закључују да на параметре технолошког квалитета пшенице који су корелирани количином протеина утицај околине има већи значај, док на параметре корелиране саставом протеина (између осталих и реолошки параметри), већи утицај има генотип.

Проучавајући реолошке особине пет америчких сорти дурум пшенице Alamri и сар. (2009) су утврдили значајне сортне разлике отпора теста. Према резултатима истраживања технолошког квалитета 29 сорти пшенице из Србије и Хрватске, сорте са ниским садржајем α - глијадина, високим садржајем албумина, глобулина, ω - глијадина и глутенинских подјединица малих молекулских маса имају значајно више вредности отпора теста (Mastilović и сар., 2014). Проучавањем реолошких особина теста 26 сорти пшенице гајених током једног вегетационог периода Stanciu и Neacsu (2008) нису утврдили значајан утицај генотипа на отпор теста.

Просечне вредности отпора теста десет египатских сорти хлебне пшенице гајених у нормалним условима и у условима суше нису се значајно разликовале (Esmail и сар., 2015). Проучавањем реолошких особине једне сорте пшенице на истом локалитету током три вегетациона периода Hadnađev и сар. (2013) дошли су до супротног резултата. Метеоролошки услови током фенофазе наливања зрна били су различити за сваки од три вегетациона периода. Једна сезона је била екстремно сушна, једна екстремно кишовита и једна са просечном количином падавина током поменуте фенофазе. Вредности отпора теста су се значајно разликовале за сва три вегетациона периода, најнижа је била у години са екстремном сушом а највиша у години са просечном количином падавина током фенофазе наливања зрна. Високе температуре ваздуха (преко 35⁰С) у току фенофазе наливања зрна неповољно утичу на чврстоћу теста, пре свега на отпорност према истезању (Hristov и сар., 2010а), зато што скраћују фенофазу наливања зрна повећавајући садржај глијадина у укупном садржају протеина, што узрокује смањење отпора теста (Hadnađev и сар., 2013).

Проучавањем 26 сорти пшенице гајених током једног вегетационог периода Stanciu и Neacsu (2008) су утврдили значајан пораст отпора теста брашна пшенице ђубрене азотним ђубривом у односу на тесто брашна добијеног од биљака које нису ђубрене.

Отпор теста интегралног брашна десет египатских сорти хлебне пшенице износио је, како наводе Esmail и сар. (2015), 620-520 BU, док је отпор теста белог брашна био мањи (510-400 BU).

У савременом пекарству користе се адитиви који олакшавају обраду теста, повећавају квалитет свежег хлеба и продужују рок трајања пекарских производа. Ефекат адитива проверава се помоћу екстензографа, при чему је циљ повећати отпор теста и смањити растегљивост (Horvat и сар., 2009а). Додавањем одговарајуће смеше аскорбинске и лимунске киселине у тесто повећава се вредност параметра отпор теста 2,5 пута. Присутне киселине смањују рН вредност теста, а при рН вредности нижој од 5,5 долази до агрегације протеина и повећања отпора теста (Šimurina и сар., 2013а). Valeri и сар. (2011) су проучавајући дејство ксиланазе

пореком из *Trichoderma* sp. и *Aspergillus niger* на реолошке особине теста утврдили да ксиланаза смањује отпор теста услед разлагања ксилана, обзиром да ксилан повећава чврстоћу и отпор теста. Аутори наводе да ксиланаза пореком из *Trichoderma* sp. ефикасније смањује отпор теста. Прочавајући утицај три ензима (трансглутаминаза, липаза и ксиланаза) на брашно субстандардног квалитета, Šimurina и сар. (2013b) су утврдили да мешавина оптималних доза три ензима значајно повећава отпор теста. Трансглутаминаза има највећи ефекат на побољшање квалитета брашна, а значајни су и интеракцијски ефекти трансглутаминазе и ксиланазе, као и трансглутаминазе и липазе, док липаза и ксиланаза појединачно немају ефекта.

Приликом проучавања утицаја сегрегације пшенице на корелационе односе параметара технолошког квалитета пшенице из три силоса у Србији Mastilović и сар. (2008) утврдили су висок негативан степен корелације између садржаја протеина и отпора теста ($r = -0,65$) и средњи степен корелације између хектолитарске масе и отпора теста ($r = 0,35$), што је у супротности са резултатом ког наводе Abbasi и сар. (2012), који су проучавајући реолошке особине сто узорака белог брашна пшенице пореком из различитих области Ирана утврдили позитиван степен корелације између садржаја протеина и отпора теста, док су вредности коефицијената корелације износили $r = 0,28$; $r = 0,32$; $r = 0,343$ (коефицијенти корелације наведени су редом за периоде одмарања теста у трајању од 45, 90 и 135 минута). Magdić и сар. (2006) наводе да се због високог степена корелираности између глутен индекса и екстензографских параметара глутен индекс може користити као мерило снаге глутена.

3.2.1.3.7. Брзина желатинизације скроба

Скроб је нерастворљиви глукан чије су градивне јединице два полимера глукозе, амилоза и амилопектин. Код виших биљака синтеза скроба се обавља у пластидима како фотосинтетских тако и нефотосинтетских ћелија. Као главни складишни угљени хидрат скроб има значајну улогу у животном циклусу биљака. У функционалном смислу скроб може бити асимилацијски и складишни.

Асимилацијски скроб се троши током ноћи у респираторним процесима, док се складишни скроб гомила у амилопластима нефотосинтетских органа и по потреби транспортује на места где се одвијају процеси у којима се троши енергија Zeeman и сар. (2010). Пшенично брашно садржи 68-76% угљених хидрата. Најзаступљенији угљени хидрат је скроб који чини 63-72% масе брашна Labuschagne и сар. (2007).

Амилоза и амилопектин су изграђени од јединица шећера D-глукозе. Ланци амилозе су дуги, неразгранати и повезани α 1-4 гликозидним везама, док су ланци амилопектина кратки и разгранати α 1-6 гликозидним везама. Масени однос амилозе према амилопектину је око 30:70. Степен полимеризације амилозе је приближно 900-3300, док су ланци изграђени од 275-525 глукозних јединица. Степен полимеризације амилопектина је знатно већи и креће се у опсегу 4800-15900, док је просечан број глукозних јединица у ланцима мањи, 18-27. Неразгранати ланци, односно ланци на којима се не налазе други ланци су А-ланци, док су разгранати ланци В-ланци. Постоје и С-ланци, који поседују редукујућу групу а структурно се не разликују од В-ланаца (Vamadevan и Bertoft, 2015).

Структура скробне честице је веома сложена. У центру скробне грануле налази се аморфно језгро (хилум) око кога се наизменично слажу растући полукристални и аморфни прстенови. Величина аморфног језгра зависи од односа масе амилозе и амилопектина. Језгро је веће уколико је већа количина амилозе (Wang и сар., 2015). Полукристални региони се углавном састоје од А-ланаца амилопектина који формирају двојно-хеликоидне структуре. Аморфни прстенови су изграђени од амилозе и В-ланаца амилопектина (Eliasson и сар., 2013). Полукристални прстенови су отпорнији на дејство α -амилаза од аморфних. Скробне грануле често имају површинске слојеве липида или протеина који повећавају отпорност на дејство воде и ензима. Упркос постојању заштитних слојева вода и ензими продиру до аморфног језгра преко пора присутних на површини грануле (Mishra и сар., 2012).

Скробна честица има пет структурних нивоа. Први ниво је сама честица која може имати димензије од 1-100 μm . Следећи структурни ниво представљају полукристални и аморфни прстенови. Дебљина полукристалних прстенова је мања

што су даљи од аморфног језгра и креће се од 450-550 nm код оних који су близу језгра до 80-160 nm код периферних. Дебљина аморфних прстенова је независна у односу на близину језгра. Знатно је мања од дебљине полукристалних прстенова и износи 80-160 nm. Следећи структурни ниво представљају блокови, сферичне структуре који могу бити мањи (20 nm) и већи (50-500 nm). Мањи блокови се налазе у аморфним а већи у полукристалним прстеновима. Блокови се састоје од великог броја левогирих суперхеликса ширине 18 nm, са ходом завојнице од 10 nm. Суперхеликси настају слагањем кристалних и аморфних ламела које се периодично понављају на дужини од 9 nm (Wang и сар., 2015).

На одређеној температури, уз присуство воде долази до желатинизације скроба, иреверзибилног процеса на нивоу честице скроба али и на молекуларном нивоу. Скробна честица бубри, губи својство двојног преламања светлости и даљим повећањем температуре се постепено раствара и дегенерише (Eliasson и сар., 2013). Температура на којој долази до желатинизације скроба зависи од врсте биљке од које потиче скроб, количине присутне воде, рН-вредности, степена разгранатости амилопектина и степена оштећења скробних честица. Током желатинизације интермолекуларне везе у скробној гранули се раскидају услед чега се повећава број слободних водоничних веза за везивање већег броја молекула воде (Ubwa и сар., 2012). Количина воде у систему се повећава услед термалне денатурације протеина (Vanu и сар., 2011). Воду првенствено апсорбују аморфни прстенови скробне грануле услед чега долази до њиховог бубрења а потом до дезинтеграције полукристалних прстенова. Бубрење аморфних и дезинтеграција полукристалних прстенова чини скробну гранулу приступачном амилолитичким ензимима а поре на скробној гранули омогућавају продор воде дубоко у унутрашњост ка хилуму. Постоји скроб који брзо и лако желатинизује, затим скроб који због израженог површинског слоја липида и протеина слабо и споро желатинизује и скроб који услед високог садржаја амилозе практично не желатинизује на температурама испод 100°C (Mishra и сар., 2012).

Дупли хеликси су распоређени у равнима, али, претпоставља се, да се таква конфигурација ремети почетком процеса желатинизације. У почетној фази

желатинизације се услед дислокације дуплих хеликса из равни привремено повећава степен кристалности честице. Дупли хеликси се потом одвијају и дезинтегришу док амилоза цури из система (Van der Sman и Meinders, 2011).

Током желатинизације скроба долази до кидања интермолекуларних водоничних веза између амилозе и амилопектина у скробној честици. Интермолекуларне везе се формирају између кисеоника на шестом угљениковом атому амилозе и хидроксилне групе на другом угљениковом атому амилопектина. Слична интермолекуларна веза настаје између хидроксилне групе на другом угљениковом атому амилозе и кисеоника на шестом угљениковом атому амилопектина. У формирању поменутих интермолекуларних веза учествују кратки ланци амилопектина (Тако и сар., 2014).

Истраживања Gil-Humanes и сар. (2012) су показала да брзина желатинизације скроба није корелирана са садржајем протеина као ни са садржајем скроба. Такође, у истим изучавањима је нађено да разлика у брзини желатинизације скроба између трансгених линија (које су имале смањен садржај γ -глијадина) и изворних популација није била значајна.

Проучавања Vázquez и Veira (2015) за 29 узорак брашна од 10 уругвајских сорти пшенице гајених у три локалитета, су показала да постоји средњи степен корелације између брзине желатинизације скроба са једне стране и хектолитарске масе, Хагберговог броја падања и садржаја протеина са друге стране. Коефицијент корелације брзине желатинизације скроба са првим параметром је позитиван (0,37), док је за друга два параметра негативан (-0,38 и -0,39).

Врло висок коефицијент корелације (0,85) између брзине желатинизације скроба и броја падања утврдили су Вану и сар. (2011) приликом проучавања утицаја ензима α -амилазе, хемицелулазе и ксиланазе на десет узорак брашна. Такође, утврђено је да α -амилаза значајно смањује брзину желатинизације скроба за разлику од друга два ензима коришћена у истраживању. Значајно смањење брзине желатинизације скроба услед дејства α -амилазе наводе и Stoенеску и сар. (2011).

Између параметара квалитета који се утврђују на фаринографу и амилографу и брзине желатинизације скроба Koxsel и сар. (2009) нису утврдили зависност.

3.2.1.3.8. Садржај влажног глутена

Влажни глутен је колоидни гел који се састоји од 60-70% воде и 30-40% суве материје која садржи 75-90% глутенских протеина (Karaoglu и сар., 2010). Садржај влажног глутена може бити: 1) низак ($\leq 21,0\%$); 2) задовољавајући (21,1 - 24,0%); 3) добар (24,1 – 27,0 %); 4) врло добар (27,1 – 30,0%); и 5) одличан ($\geq 30,1\%$) Đurić и сар. (2010).

Садржај глутена варира и зависи од генотипа и фактора спољашње средине. У изучавањима десет хрватских сорти пшенице Šimić и сар. (2006) налазе да је значајан утицај генотипа на садржај влажног глутена и на однос влажног глутена и укупног садржаја протеина (WG/P), и такође налазе да при том постоји високо значајан утицај фактора спољашње средине на садржај влажног глутена. Однос WG/P показује количину влажног глутена који се добија по јединици укупне количине протеина. Оптимална технолошка својства показују сорте код којих однос WG/P има вредност 2,7 – 3, док су сорте са нижом вредношћу односа WG/P познате као побољшивачи.

У изучавањима односа физичко-хемијских особина тридесет корејских сорти пшенице у две вегетационе сезоне, Kang и сар. (2014) су установили да на садржај влажног глутена значајно утичу генотип и фактори спољашње средине, као и интеракција два наведена фактора.

Zečević и сар. (2009) такође истичу јак утицај фактора спољашње средине и генотипа на садржај влажног глутена, као и врло значајну интеракцију између поменутих фактора. Испитујући варирање компоненти технолошког квалитета десет сорти озиме пшенице током четири вегетационе сезоне Zečević и сар. (2007) су утврдили да на садржај влажног глутена највећи утицај има генотип (53,39%). Утицај фактора спољашње средине (20,54%) као и интеракција ова два фактора (25,81%) су значајни али знатно мањи. Интеракција између генотипа и спољашње средине је врло честа појава код биљака која отежава селекцију супериорних генотипова. Већина агрономски важних особина су резултат бројних генетичких, молекуларних и физиолошких механизма који на дату особину утичу директно или

индиректно, преко неке друге особине. Разумевање начина на који фактори спољашње средине и генотип изазивају међусобну интеракцију је значајно у свим фазама гајења биљака (Dhungana и сар., 2007).

Hadnađev и сар. (2013) су проучавали реолошке особине исте сорте на истој локацији током две, у климатолошком смислу, екстремне и изразито различите године у фенофази наливања зрна. Екстремно високе температуре у фази наливања зрна карактерисале су 2004. годину, док је 2005. година у истом периоду била изразито кишовита. Контролно брашно је потицало од исте сорте са исте локације из године са метеоролошким параметрима који су у оквиру вишегодишњег просека током фенофазе наливања зрна. У две године са изразито различитим климатским факторима, садржај влажног глутена се није разликовао, али је у односу на контролну годину био значајно већи. Екстремни временски услови, било да је реч о суши и високој температури (2004. година) или великој количини падавина (2005. година) изазивају повећање односа глијадини/глутенини што за последицу има повећање садржаја влажног глутена.

Значајан утицај на садржај влажног глутена има и ђубрење азотним ђубривом. У истраживањима Đurđić и сар. (2010), свих осам сорти пшенице реаговало је истоветно на повећање дозе азотног ђубрива, тј. код свих сорти дошло је до значајног повећања садржаја влажног глутена. Сорте са протеинском подјединицом 2+12 имале су нижи садржај влажног глутена у односу на сорте са протеинском подјединицом 5+10, али та разлика није значајна. Већина сорти је достигла оптималан садржај влажног глутена при нивоу ђубрења 120 килограма азота по хектару. Даље повећање дозе азотног ђубрива није економски оправдано, а такође, нарочито код квалитетнијих сорти, доводи и до опадања технолошког квалитета брашна.

На садржај влажног глутена утиче и дужина периода складиштења пшенице и брашна. Постжетвено дозревање пшенице почиње одмах после жетве и представља значајан процес којим се постиже оптималан технолошки квалитет брашна. Брашно које није прошло процес постжетвеног дозревања даје тесто лошег квалитета (Томић и сар., 2013). Резултати истраживања које су спровели Hadnađev и сар. (2015),

показују да током периода складиштења пшеничног брашна садржај влажног глутена и растегљивост теста опадају, док снага глутена и еластичност расту. Динамика опадања садржаја влажног глутена у овом истраживању зависила је од сорте, али генерално, значајан пад бележи се тек у каснијим фазама складиштења. У првих тридесет дана може доћи и до благог раста садржаја влажног глутена. Код сорте Апач садржај влажног глутена почео је да опада након тридесет дана постжетвеног дозревања, а код сорти Победа и Звездана десет дана касније. Иначе, три наведене сорте имале су значајно различит садржај влажног глутена одмах након жетве. Сорта Апач имала је најнижи садржај влажног глутена одмах након жетве и бележи највећи пад тог параметра (15,2%) током педесетодневног складиштења. Брашно је свих педесет дана складиштено на собној температури. Strelec и сар. (2010) истичу да на садржај влажног глутена током складиштења зрна пшенице утичу сорта, температура и дужина периода складиштења. Сорта Српањка је, за разлику од сорти Дивана и Житарка, током једногодишњег периода складиштења показивала статистички значајно варирање садржаја влажног глутена. Највећи пад садржаја влажног глутена (16%) након тридесетог дана забележен је код сорте Српањка и то на узорцима који су складиштени на температури 40°C. На нижим температурама складиштења, 25°C и 4°C садржај влажног глутена у истом периоду, смањено се за 5%. Током даљег складиштења, које је у овом истраживању трајало годину дана, садржај влажног глутена се није нарочито мењао, осим благог пада на температури 40°C. Караоглу и сар. (2010) наводе да се садржај влажног глутена током деветомесечног складиштења семена пшенице нешто више смањује на вишим температурама складиштења.

Према Hadnađevu и сар. (2015), пад садржаја влажног глутена након одређеног периода складиштења узрокован је променама у структури глутена. Хемијске реакције које се дешавају током складиштења пшенице најпре изазивају деполимеризацију, а касније реполимеризацију и ново повезивање протеинских подјединица. Садржај глутатиона расте током прве недеље постжетвеног дозревања, одржава константан ниво друге недеље и нагло опада следеће четири недеље. Глутатион, трипептид мале молекулске масе, дифундује кроз тесто неупоредиво

брже од HMW-GS, разлаже интермолекуларне дисулфидне везе, повећава однос глијадини/глутенини као и садржај влажног глутена. Након одређеног периода, чија дужина обично износи неколико недеља, долази до оксидације глутатиона. Од сулфхидрилних група настају дисулфидне везе, а остатак глутатиона се елиминише из глутена услед чега долази до смањења садржаја влажног глутена. Формирањем интермолекуларних дисулфидних веза стварају се полимери високих молекулских маса и однос глијадини/глутенини опада. Код сорте Апач, која је након педесет дана складиштења показала највећи пад садржаја влажног глутена, забележен је и највећи пораст садржаја HMW-GS, са 20,2% на 35,15%. Истовремено, код сорте Звездана забележен је благи, безначајан пад садржаја HMW-GS, а пад садржаја влажног глутена ове сорте приписан је структурним променама које не обухватају промену глутенске структуре. У прилог наведеном иде и закључак који наводе Strelec и сар. (2010) да промене глутенске структуре не изазивају нужно и увек промене садржаја влажног глутена.

Zečević и сар. (2010a) су проучавали варијабилност неких параметара технолошког квалитета шест озимих сорти пшенице током седам узастопних вегетационих периода и утврдили да је варијабилност садржаја влажног глутена нешто већа по сорти него по години. Коефицијент варијације садржаја влажног глутена износио је 10,4 % по сорти, односно 10,3 % по години.

3.2.1.3.9. Глутен индекс

Глутен индекс (GI) је мерило снаге глутена. Слаб глутен има вредност GI < 30%, нормалан GI = 30–80% и јак глутен GI > 80%, (Oikonomou и сар., 2015).

Укупна количина резервних протеина зрна је најважнији параметар технолошког квалитета пшенице, али је за квалитет финалних производа осим количине протеина важан и њихов квалитет. Одређивањем GI вредности истовремено се одређује и квантитет и квалитет глутена (Gil и сар., 2011). Дакле, садржај протеина и количина влажног глутена нису параметри квалитета глутена. Квалитет глутена се дефинише степеном еластичности и растељивости. Обзиром на

висок степен зависности са екстензографским параметрима, глутен индекс може бити прихваћен као брз и поуздан показатељ снаге, односно квалитета глутена (Magdić и сар., 2006).

Оптимална вредност глутен индекса је 75-90%. Од брашна чији глутен има већу GI вредност добија се тесто са врло јаким глутеном и хлеб мале запремине, а брашно чији глутен има GI вредност мању од оптималне даје лепљиво тесто, неповољно за обраду (Ćurić и сар., 2001).

Вредност GI варира зависно од генотипа. Испитивањем параметара квалитета протеина пшеничног брашна десет сорти током седам вегетационих периода Šimić и сар. (2006) су утврдили да на вредност глутен индекса значајно утиче генотип, а да фактор година нема значајног утицаја. Идентичан закључак о утицају фактора сорта и година износе и Şahin и сар. (2012) на основу проучавања 25 сорти пшенице у две вегетационе сезоне у Турској. Sharma и сар. (2012) указују на снажан утицај подјединица *Glu-D1* локуса на глутен индекс. Присуство подјединице 5+10 повећава вредност глутен индекса и снагу глутена док подјединица 2+12 има супротан ефекат. Глутен индекс полупатуљастих сорти пшенице (толерантних на гиберелинску киселину) је већи у односу на глутен индекс високих сорти (осетљивих на гиберелинску киселину) и та разлика, која вероватно настаје због мањег садржаја протеина код полупатуљастих сорти, може бити и до 28%. Зависност вредности глутен индекса и висине биљке указује на плејотропни ефекат Clarke и сар. (2010). Blandino и сар. (2015) истичу значајан утицај сорте на вредност глутен индекса, док тип земљишта, као и фолијарно и земљишно прихрањивање азотом у фенофазама класање и цветање немају утицаја. Утицај генотипа је примаран али, према резултатима истраживања Vida и сар. (2013), на вредност глутен индекса дурум пшенице утичу и метеоролошки услови и ђубрење али у мањем обиму. Сорте са јачим глутеном су отпорније на варирање вредности глутен индекса под утицајем спољашњих фактора од сорти са слабијим глутеном. Такође, према резултатима Cesevićienė и сар. (2009), у годинама када је због утицаја спољашњих фактора јачи глутен, вредност глутен индекса је мање подложна варирању. Од метеоролошких фактора најважнија је температура у фази наливања зрна (друга декада јуна за усеве

у Мађарској). Високе температуре у том периоду драстично смањују вредност глутен индекса.

Повећање интензитета ђубрења узроковало је благо смањење вредности глутен индекса (Vida и сар., 2013). Међутим, Oikonomou и сар. (2015), наводе супротан закључак, добијен на основу резултата седам истраживања која су вршена у Естонији, Пољској и Шпанији у периоду 1993.-2007. На основу резултата поменутих истраживања закључено је да повећање интензитета ђубрења азотом повећава вредност глутен индекса и то утолико више уколико је већи садржај протеина. Проучавајући утицај комбинованог ђубрења четири дозе азота (0, 70, 140 и 210 kg ha⁻¹) и две дозе сумпора (0 и 40 kg ha⁻¹), Erekul и сар. (2012) закључују да се повећавањем количине азотног ђубрива повећава и вредност глутен индекса до дозе 140 kg ha⁻¹, а да повећање дозе фосфорног ђубрива нема значајног утицаја на вредност глутен индекса. Прихрањивање сумпором, према резултатима Järvan-a и сар. (2008) смањује садржај протеина и влажног глутена, али повећава вредност глутен индекса.

Gil и сар. (2011) су проучавали GI вредност петнаест сорти током три вегетациона периода у Израелу. Сорте су подељене на четири групе, врло раностасне, раностасне, средњестасне и касностасне. Подела је извршена у односу на фенолошку фазу класања. Сорте прве групе прокласају за мање од 70 дана, сорте друге групе за 70-80 дана, треће групе за 80-90 дана, док сортама четврте групе треба више од 90 дана. Глутен индекс је био већи код сорти које брже класају тј. сорти са краћим вегетационим периодом јер се код тих сорти фаза наливања зрна завршава пре евентуалних високих температура карактеристичних за Израел, чиме се смањује могућност топлотног стреса.

Вредност глутен индекса, према резултатима истраживања Móré-a и сар. (2013), значајно опада услед складиштења пшенице. Код озиме сорте пшенице Лупус, забележен је пад вредности глутен индекса са 98,49% на 80,25% након двомесечног периода складиштења.

Брашно добијено од усева изложених нападу штетних гљива или инсеката показује значајно смањење вредности глутен индекса у односу на брашно здравих

усева. Вредност глутен индекса је остала у границама нормале код усева код којих је коришћењем адекватних фунгицида и инсектицида спречена патогенеза (Oikonomou и сар., 2015).

Резултати истраживања Makawi-ја и сар. (2013b) потврђују примаран утицај генотипа на вредност глутен индекса три суданске и једне канадске сорте пшенице, без обзира да ли је у брашно додат један од три коришћена побољшивача. Као побољшивачи користе се сорте са врло јаким глутеном и великом вредношћу глутен индекса, најчешће преко 90 (Šimić и сар., 2006). Однос између садржаја влажног глутена и садржаја протеина има ознаку „WG/P“ и показатељ је количине влажног глутена који се створи из јединице протеина (Ionescu и сар., 2010). Уколико је глутен јачи однос WG/P је слабији. Код побољшивача поменути однос има вредност 2,3-2,4, док је код сорти са оптималним пецивним особинама већи и износи 2,7-3. Између глутен индекса и WG/P односа је утврђена значајна негативна корелација ($r = -0,622$) код десет хрватских сорти пшенице (Šimić и сар., 2006). Значајну негативну корелацију ($r = -0,406$) између вредности глутен индекса и садржаја влажног глутена утврдили су Cesevićienė и сар. (2009) и Şahin и сар. (2012) који су добили вредност коефицијента корелације $r = -0,58$.

Глутен индекс је у корелацији и са другим параметрима технолошког квалитета пшенице. Јака, позитивна корелација утврђена је између глутен индекса и екстензографских параметара. Највиши степен корелације ($r = 0,860$) утврђен је у односу на максимални отпор, а нешто мањи у односу на енергију теста ($r = 0,799$) и отпор на 50 mm ($r = 0,788$). Најмањи степен корелације ($r = 0,635$) је утврђен између глутен индекса и односа отпорности и растегљивости (Ćurić и сар., 2001).

3.2.2. Директни параметри технолошког квалитета пшенице

Директни параметри технолошког квалитета пшенице одређују се пробним печењем хлеба и обухватају особине запремине, сензорне и текстурне особине хлеба. Осим наведених у директне параметре технолошког квалитета пшенице спада, како наводи Hristov (2010a), и избрашњавање.

3.2.2.1. Пробна печења хлеба

Запремина хлеба сматра се најважнијим параметром пекарског квалитета (Koppel и Ingver, 2010).

На основу резултата проучавања утицаја протеинских подјединица високих молекулских маса А и В генома 98 линија пшенице на вискоеластичне особине теста и запремину хлеба Martínez-Cruz и сар. (2007) су утврдили да на запремину хлеба значајно утичу генотип и фактори спољашње средине, док је утицај интеракције занемарљив. Резултати проучавања пецивних особина 26 озимих хлебних сорти пшенице, гајених у четири комбинације спољашњих фактора (два нивоа азотног ђубрења и два водна режима), показали су значајан ефекат фактора спољашње средине на запремину хлеба, док генотип није имао значајан утицај (Stanciu и Neacsu, 2008). Koppel и Ingver (2010) су, проучавајући технолошки квалитет једанаест сорти озиме пшенице током пет вегетационих периода, утврдили да на запремину хлеба знатно већи утицај имају фактори спољашње средине, мада је и утицај генотипа значајан. Значајан утицај генотипа, фактора спољашње средине, као и њихове интеракције на величину запремине хлеба утврдили су Hristov и сар. (2010b) проучавајући параметре технолошког квалитета 20 сорти пшенице, гајених током 3 вегетациона периода у 5 локалитета Србије. Аутори наводе да је величина запремине хлеба много мање варијала под утицајем фактора спољашње средине него садржај протеина и седиментациона константа. Проучавајући технолошки квалитет 6 канадских сорти пшенице гајених током 2 вегетациона периода Finlay и сар. (2007) су утврдили да на величину запремине хлеба утичу генотип, фактори спољашње средине, као и њихова интеракција. Највећи утицај имају фактори спољашње средине (коэффициент варијације услед дејства фактора спољашње средине износи 11,1%, док услед дејства генотипа износи 7%).

Састав и структура протеинских подјединица високих молекулских маса су један од најважнијих генетских фактора који утичу на запремину хлеба. Протеинске подјединице 1 или 2* на *Glu-A1*, 7+9 или 17+18 на *Glu-B1* и 5+10 на *Glu-D1* локусу детерминишу већу запремину хлеба (Horvat и сар., 2009b; Knežević и сар., 2017b),

док Martínez-Cruz и сар. (2007) наводе да протеинска подјединица 17+18 на *Glu-B1* локусу има већи позитиван утицај на запремину хлеба у односу на подјединицу 7+9, а да између протеинских подјединица 1 и 2*, *Glu-A1* локуса нема значајне разлике.

Stanciu и Neacsu (2008) истичу велики утицај ђубрења на запремину хлеба, док је утицај водног режима мањи али значајан. Аутори наводе да ђубрење азотним ђубривом и наводњавање изазивају значајно повећање запремине хлеба. Забележено је смањење запремине хлеба од 33% код усева који нису ни ђубрени ни наводњавани, док је 26% била мања запремина хлеба усева који нису ђубрени али су наводњавани. Проучавајући утицај климатских фактора на технолошки квалитет 36 линија и 72 сорте пшенице Tsenov и сар. (2013) су утврдили значајно смањење запремине хлеба у години у којој је током периода април-јун количина падавина износила 1/3 од вишегодишњег просека. На основу резултата проучавања утицаја климатских фактора на параметре технолошког квалитета 15 мексичких сорти гајених током два вегетациона периода Li и сар. (2013) су закључили да дуготрајна суша изазива смањење запремине хлеба услед пораста отпора теста и смањења његове растегљивости. Смањење запремине хлеба услед суше је према закључцима резултата које наводе Stanciu и Neacsu (2008) последица промењеног промењеног *Gli/Glu* односа. Наиме, дуготрајна суша фаворизује синтезу глијадина и протеинских подјединица малих молекулских маса, услед чега се смањују снага и квалитет брашна, као и запремина хлеба. Високе температуре током фенофазе наливања зрна изазивају повећање садржаја протеина што за последицу може имати повећање запремине хлеба (Li и сар., 2013; Кнежевић и сар., 2016).

Запремина хлеба се мења додавањем адитива и примеса брашну. Valeri и сар. (2011) су утврдили да ксиланаза пореклом из гљива *Aspergillus niger* и *Trichoderma* sp. смањује еластичност, а повећава растегљивост теста и запремину хлеба. Повећање запремине хлеба изазива додавање L-цистеина брашну у количини до 70 ppm, након чега се даљим додавањем смањује запремина. Сличан ефекат се постиже и додавањем протеаза брашну закључно са количином 200 ppm. Најбољи ефекат, повећање запремине хлеба за око 30%, постиже се оптималном комбинацијом два адитива, а то је, према резултатима које наводе Stoica и сар. (2009), 200 ppm

протеазе и 50 ppm L-цистеина. Додавање хранљивог влакна инулина у количини изнад 2% значајно смањује запремину хлеба (Karolini-Skaradzińska и сар., 2007). Значајно смањење запремине хлеба утврдили су Filipović и сар. (2007) додавањем хранљивих влакана шећерне репе брашну, као и Anil (2007) након додавања хранљивих влакана лешника брашну. Хранљива влакна додата брашну смањују запремину хлеба јер могу изазвати механичка оштећења глутена и смањити му способност задржавања угљендиоксида. Такође, хранљива влакна вежу велику количину воде услед чега се формира мања количина глутена (Sivam и сар., 2010). Ајла и сар. (2007) наводе да је капацитет задржавања воде већи код растворљивих влакана (као што је пектин), него код нерастворљивих (целулоза). Мешавина пшеничног и пиринчаног брашна у размери 70% : 30%, значајно смањује запремину хлеба услед активације протеолитичких ензима од стране редукованог глутатиона присутног у протеинима пиринчаног брашна (Fari и сар., 2010). Значајно смањење запремине хлеба изазива и додавање пиринчаних мекиња пшеничном брашну, и то већ у количини од 5% (Ameh и сар. 2013).

Проучавајући утицај количине падавина у преджетвеном периоду на број падања и реолошке особине 30 сорти пшенице пореклом из 19 земаља света Denčić и сар. (2013) су утврдили значајну зависност између запремине хлеба и фаринографских параметара, време развоја теста и моћ упијања воде. Нешто већи коефицијенти корелације утврђени су у сушним годинама ($r = 0,54$ са временом развоја теста и $r = 0,68$ са параметром моћ упијања воде) него у кишним ($r = 0,53$ са временом развоја теста и $r = 0,52$ са параметром моћ упијања воде). Висок степен зависности између запремине хлеба и поменутих фаринографских параметара утврдили су и Denčić и сар. (2011), приликом проучавања утицаја генотипа, фактора спољашње средине и интеракције на неке параметре технолошког квалитета 140 сорти пшенице из 28 земаља света ($r = 0,675$ са временом развоја теста и $r = 0,669$ са параметром моћ упијања воде). Вода коју је брашно апсорбовало приликом мешања, испарава током печења хлеба и доприноси повећању његове запремине, чиме се објашњава висок степен зависности између запремине хлеба и моћи упијања воде (Švec и Hrušková, 2009). Значајан степен зависности и коефицијент корелације $r = 0,5$

између запремине хлеба и фаринографског параметра растегљивост теста утврдили су Li и сар. (2013) проучавајући ефекат високих температура и суше на технолошки квалитет 15 мексичких сорти пшенице.

Проучавајући реолошке особине већег броја пољских сорти и линија пшенице (у првом вегетационом периоду 26 сорти, у наредном исте сорте плус десет нових линија) Dobraszcyk и Salmanowicz (2008) су утврдили висок степен зависности између запремине хлеба и глутен индекса ($r = 0,804$), док је зависност запремине хлеба и садржаја протеина била релативно слаба. Насупрот наведеном, Różyło и Laskowski (2011) су, на основу резултата проучавања параметара технолошког квалитета 10 пољских сорти пшенице, утврдили висок степен зависности између запремине хлеба и садржаја протеина. Аутори истичу и висок степен зависности између запремине хлеба и параметара број падања и растегљивост теста. Висок степен зависности између запремине хлеба и садржаја протеина ($r = 0,59$) утврдили су Li и сар. (2013) проучавајући ефекат високих температура и суше на технолошки квалитет 15 мексичких сорти пшенице.

Боја пшеничног зрна, брашна и финалних производа је резултат фенотипских варијација пигмената зрна, које зависе од генетичких фактора, фактора спољашње средине и технолошких процеса обраде пшенице. На боју пшеничног брашна највећи утицај имају две групе пигмената, каротиноиди, који дају жуту нијансу (означава се симболом b^*), и антоцијани, који дају црвену (некад и плаву и љубичасту) нијансу (означава се симболом a^*). Осим естетског, пигменти имају и важан нутритивни и терапеутски значај (Ficco и сар., 2014). Светлина брашна (означава се симболом L^*) зависи од садржаја мекиња у брашну (Laszlo и сар., 2008). Висок садржај каротиноида је пожељна особина дурум пшенице, док је код хлебних сорти пшенице супротно, циљ је брашно веће светлине и мање каротиноида. Оваква тенденција иницирала је селекциони притисак према смањењу садржаја каротиноида у хлебним сортама пшенице те је садржај каротиноида у модерним сортама нижи у односу на старије сорте (Sheoran и сар., 2016).

Каротиноиди обухватају две класе хемијских једињења, каротине и ксантофиле. Каротини су по својој структури тетратерпеноидни, незасићени

угљоводоници, док су ксантофили хидроксиловани деривати каротина са једном или више хидроксилних група (Ficco и сар., 2014). Најзаступљенији каротиноид у пшеници је ксантофил лутеин који чини 86-94% укупних каротиноида (Digesù и сар., 2009). Лутеин и остали каротиноиди су највећим делом лоцирани у ендосперму (Borrelli и сар., 2008).

Биосинтеза свих каротиноида почиње од фитоена и катализирана је релативно малим бројем ензима (Blanco и сар., 2011). Синтеза фитоена је катализирана ензимом фитоен-синтетаза. Ген који кодира синтезу овог ензима налази се на локусу квантитавних особина на дугом краку седмог хромозома (Zhang и Dubcovsky, 2008). Количина каротиноида у финалним производима, осим од синтезе, зависи и од њихове деградације током технолошких процеса, као и од активности регулаторних протеина, транскрипционих фактора. Деградација каротиноида је резултат дејства оксидативних ензима, од којих су најважнији липоксигеназа, пероксидаза и полифенолоксидаза. Наведени ензими нису равномерно распоређени у зрну. Највише их има у клици, затим у омотачу, а најмање у ендосперму (Ficco и сар., 2014).

Антоцијани су продукти метаболизма флавоноида. Структурну основу антоцијана чини агликон антоцијанидин на чије се хидроксилне групе вежу остатаци шећера. Антоцијани се разликују по броју хидроксилних група и остатака шећера, као и по врсти киселине у остатку шећера. Антоцијани су најзаступљенији у спољашњем омотачу зрна (Ficco и сар., 2014).

Проучавајући садржај каротиноида за 102 сорте и линије тетраплоидне пшенице током две вегетације Digesù и сар. (2009) су утврдили да фактори спољашње средине могу утицати на концентрацију каротиноида, али да је утицај генотипа прворазредан. Сличан закључак наводе Clarke и сар. (2006), и истичу да је утицај интеракције без значаја. Фактори спољашње средине могу утицати на концентрацију пигмената јер биљка, као одговор на стресне услове, ствара веће количине антиоксидативних молекула који мењају уобичајене концентрације пигмената (Ficco и сар., 2014).

Додавање интегралног хељдиног брашна пшеничном брашну у количинама 15%, 30% и 45% значајно смањује вредност параметра L^* у односу на контролу односно хлеб од чистог пшеничног брашна, док вредности параметара a^* и b^* , повећањем удела хељде у мешавини брашна, опадају у кори а расту у средини хлеба (Selimović и сар., 2014). Комбиновани третман озоном и ултраљубичастим зрачењем изазвао је значајно смањење вредности параметара L^* , a^* и b^* три сорте пшенице (две тврде и једне меке). Третман озоном смањило је вредности параметара a^* и b^* , док је ултраљубичасто зрачење смањило вредности параметара L^* и a^* (Laszlo и сар., 2008). Коњуговане двоструке везе каротиноида су осетљиве на оксидативне агенсе попут озона. Оксидацијом ових веза каротиноиди се денатуришу услед чега долази до смањења њиховог садржаја у брашну и пада вредности параметра b^* (Mei и сар., 2016). Horváth и Véha (2015) наводе да се повећањем величине зрна и индекса тврдоће смањује вредност параметра L^* , а повећавају вредности параметара a^* и b^* , односно да су већа и тврђа зрна тамнија, жућа и црвенија. Clarke и сар. (2006) сматрају да смањење садржаја каротиноида у већим зрнима настаје зато што повећање димензија зрна пшенице настаје услед повећања количине скроба које није праћено повећањем количине каротиноида, односно да тиме долази до разређивања каротиноида.

Текстура хлеба је основни критеријум оцењивања конзумног квалитета хлеба јер потрошачу указује на свежину хлеба. Тврдоћа средине хлеба, један од елемената текстуре хлеба, расте бајаћењем хлеба (Tsai и сар., 2012). Бајаћењем се такође смањују еластичност и отпор средине хлеба (Рајак и сар., 2012). Проучавајући алвеографске и текстурне карактеристике 10 пољских сорти пшенице Rózyło и Laskowski (2011) су утврдили значајне разлике тврдоће средине хлеба између појединих сорти. Аутори су такође утврдили да од свих алвеографских параметара највећи утицај на тврдоћу средине хлеба има снага теста. Значајан утицај генотипа на тврдоћу средине хлеба утврдили су и Dhaka и Khatkar (2015), приликом проучавања утицаја квалитативне структуре глутена на реолошке и пецивне параметре квалитета 15 сорти пшенице. Према резултатима истраживања које наводе (Vukić и сар., 2013) додавање адитива глукозид оксидазе и L- аскорбинске киселине

тесту значајно повећава тврдоћу хлеба, а ефикасност L- аскорбинске киселине је већа, док Bonet и сар. (2006) наводе супротно, да глукозид оксидаза смањује тврдоћу средине хлеба. Ензимски комплекс анаеробне гљиве *Neocallimastix spp.*, који садржи целулазе, хемицелулазе и ксиланазе, према резултатима које наводе Yurdugul и сар. (2012), значајно смањује тврдоћу средине хлеба услед разарања компоненти ћелијског зида. Вода из разорених ћелија мења водни режим скробно-протеинског комплекса и изазива бубрење скробних гранула које се вежу за протеине на начин који изазива слабљење протеинске мреже која доприноси тврдоћи средине хлеба. Услед додавања тесту осмотски дехидрираних додатака јабуке и шљиве у количинама 5 и 10% (изузев додатка јабуке у концентрацији 5% чији утицај није био значајан), тврдоћа средине хлеба значајно расте док се еластичност средине хлеба није значајно мењала (Filipčev и сар., 2009).

Zhang и сар. (2012) су утврдили да додавање мекиња брашну значајно повећава тврдоћу и смањује отпор средине хлеба док на њену еластичност нема значајног утицаја. Аутори наводе да се после 4 и 7 дана стајања тврдоћа средине хлеба повећава, отпор смањује а еластичност остаје иста. Исти ефекат на тврдоћу средине хлеба имају и нуспроизводи млевења јечма (Sullivan и сар., 2011). Додавањем целулозних влакана брашну смањује се тврдоћа средине хлеба, влакна шећерне репе показују супротан ефекат, док додавање инулина не мења значајно тврдоћу средине хлеба. Целулоза омета интеракцију скроба и глутена инхибирајући ретроградацију скроба чиме се успорава повећање тврдоће средине хлеба током времена. Нека влакна попут влакана шећерне репе повећавају тврдоћу средине хлеба задебљавајући зидове ваздушних балона у хлебу (Schleißinger и сар., 2013).

Dhaka и Khatkar (2015) су утврдили висок степен зависности (коэффицијент корелације $r = 0,74$) између тврдоће средине хлеба и односа глијадини/глутенини. Глутен са високим садржајем глијадина има малу еластичност. Тесто са таквим глутеном даје хлеб мале запремине и велике тврдоће. Сходно томе, тврдоћа хлеба и његова запремина имају висок степен негативне зависности, што аутори потврђују врло високим утврђеним коэффицијентом корелације ($r = -0,94$) између два параметра. Врло високе коэффицијенте корелације аутори су утврдили и између тврдоће средине

хлеба и параметара садржај протеина ($r = -0,7$), време развоја теста ($r = -0,8$) и стабилност теста ($r = -0,87$). Проучавајући текстурне особине 4 комерцијалне врсте хлеба Zsivanovits и сар. (2015) су утврдили скоро линеарну зависност између тврдоће средине хлеба и њене еластичности ($r = 0.973$).

3.2.3. *Lab-on-a-chip* капиларна електрофореза

Садржај и састав протеина представљају главне параметре технолошког квалитета пшеничног брашна. Протеини присутни у зрну пшенице се сврставају у три групе: резервни, структурни и метаболички-активни протеини. Резервни протеини чине око 50% протеина зрна пшенице и према класификацији коју је 1908. године, на основу растворљивости, дао амерички хемичар *Thomas Burr Osborne* (1859 –1929) деле се у четири групе: албумини (растворљиви у води), глобулини (растворљиви у воденим растворима соли), глијадини (растворљиви у 70%-тном етанолу) и глутенини (растворљиви у разблаженим киселинама и базама), (Shewry и Halford, 2002).

Албумини и глобулини имају различите биохемијске улоге током развоја зрна. Многи од њих, попут α - и β -амилазе, су ензими или инхибитори. Проучавања ове групе протеина обично се односе на њихов утицај на здравље и потенцијалну алергеност, иако је њихов утицај на технолошки квалитет брашна, како наводе Balazs и сар. (2012), потврђен истраживањима од пре више деценија.

Глијадини представљају мономерну фракцију глутена. Према електрофоретској покретљивости деле се на (према опадајућој покретљивости) α -, β -, γ - и ω -глијадине (Barak и сар., 2013). На основу примарне структуре и молекулских маса глијадини су подељени на $\omega 5$ -, $\omega 1$ -, 2-, α/β - и γ -глијадине (Wieser, 2007). Истраживања су показала висок степен структурне сличности α - и β -глијадина, па су обе групе сврставане у α -глијадине (Žilić, 2011). Због израженог полиморфизма глијадини се користе у идентификацији сорти пшенице. За разлику од осталих глијадина, ω -глијадини не садрже цистеин и са осталим фракцијама глутена стварају слабије, нековалентне везе, па је и њихов утицај на параметре технолошког

квалитета теста мањи (Barak и сар., 2013). Повећање садржаја глијадина изазива повећање растегљивости и вискозности теста (Koehler, 2009).

Глутенини представљају полимерну фракцију глутена. Према електрофоретској покретљивости глутенини се деле на глутенинске подјединице малих молекулских маса (LMW–GS, *low molecular weight-glutenin subunits*) и глутенинске подјединице великих молекулских маса (HMW–GS, *high molecular weight-glutenin subunits*), (Wang и сар., 2016).

Средином шездесетих година прошлог века филтрацијом на гелу екстракта пшеничног брашна откривене су фракције протеина врло сличних глијадинима, али су за разлику од мономерних глијадина биле повезане дисулфидним везама. Нешто напреднијом методом, скробном гел електрофорезом, потврђено је присуство ове фракције, али тешкоће у одвајању од ко-мигрирајућих глијадина онемогућиле су њено прецизније дефинисање. Крајем шездесетих година ова фракција је добила назив глутенини малих молекулских маса јер се њена вискозност и електрофоретска покретљивост разликовала од глијадинске. Деценију касније извршена је, на основу електрофоретске покретљивости, подела глутенинских подјединица на три подгрупе. Глутенинске подјединице великих молекулских маса сврстане су у подгрупу А, док су глутенинске подјединице малих молекулских маса сврстане у подгрупе В и С. Неколико година касније откривена је нова група глутенинских подјединице малих молекулских маса којој је додељено следеће слово абецете, D, а која по електрофоретској покретљивости спада између подгрупа А и В. Захваљујући могућности формирања две интер-молекуларне дисулфидне везе, подјединице подгрупе В функционишу као настављачи растућег глутенинског полимера, док подјединице подгрупа С и D, које формирају само једну интер-молекуларну дисулфидну везу, функционишу као терминални елементи глутенинског полимера (D'Ovidio и Masci, 2004).

Локуси који кодирају синтезу глутенинских подјединица малих молекулских маса налазе се на кратком краку првог хромозома и означавају се као *Glu-A3*, *Glu-B3* и *Glu-D3* (Wang и сар., 2016). Количина и састав глутенинских подјединица малих молекулских маса утичу првенствено на снагу и растегљивост теста. Удео LMW–GS

фракције је до 60% укупне количине глутена (Dong и сар., 2010). Продукти алела *Glu-A3* и *Glu-B3* локуса имају већи утицај на наведене параметре у односу на аналоге *Glu-D3* локуса (Wang и сар., 2016). Иако је утицај LMW-GS на параметре технолошког квалитета углавном у сенци утицаја HMW-GS, Wang и сар., (2016), наводе нека истраживања која показују већи утицај LMW-GS, а нарочито негативан утицај на квалитет брашна имају нулти алели LMW-GS (D'Ovidio и Masci, 2004).

Друга полимерна фракција глутена, присутна у знатно мањој количини (до 10% укупне количине глутена), са прворазредним утицајем на технолошки квалитет брашна, названа је глутенинским подјединицама великих молекулских маса. Теоретски постоји шест различитих HMW-GS, али услед изостанка експресије неких гена хлебне сорте пшенице имају 3-5 а дурум сорте 1-3 HMW-GS. Постоје два типа HMW-GS, x- и y-тип, које се разликују према молекулској маси (x-тип је тежи, са мањом електрофоретском покретљивошћу) и броју цистеинских остатака (y-тип садржи већи број). Подјединице у свом називу садрже назив генома од кога потичу (A, B или D), тип (x- или y-) и број који означава електрофоретску покретљивост. Хексаплоидне пшеничне сорте увек садрже подјединице 1Bx, 1Dx, и 1Du, док неке садрже још 1Bu и/или 1Ax. HMW-GS се састоје од три региона. Непонављајући N-терминални регион садржи 80-150 аминокиселинских јединица, понављајући средишњи регион садржи 480-750 јединица, док C-терминални регион садржи 42 аминокиселинске јединице (Wieser, 2007).

Количина глутенинских макрополимера, чије су главне градивне јединице HMW-GS, је директно повезана са снагом брашна, еластичношћу глутена и пецивним квалитетом теста. HMW-GS повећавајући еластичност теста омогућавају задржавање квасцом генерисаних ваздушних мехура, чиме се добија жељена запремина хлеба. Утицај одређене HMW-GS на особине глутена зависи од њеног броја и распореда дисулфидних веза и од особина и интеракција понављајућег региона (Anjum и сар., 2007). На пецивне особине теста већи утицај имају подјединице x-типа. Подјединице Dx5 и Bx7 значајно побољшавају квалитет теста и запремину хлеба, прва због додатног цистеинског остатка у понављајућем региону, а друга због велике количине у којој се јавља (Wieser, 2007).

Обзиром на прворазредни утицај које имају на параметре технолошког квалитета брашна, фракције глутена, а нарочито глутенини, предмет су вишедеценијског интензивног проучавања. Током тог релативно дугог временског периода коришћено је више метода проучавања, као што су натријум додецил сулфат полиакрил амид електрофореза (SDS–PAGE – *sodium dodecyl sulfate – polyacrylamide gel electrophoresis*), течна хроматографија високог притиска на обрнутим фазама (RP–HPLC – *reverse phase – high pressure liquid chromatography*) и матрицом олакшана ласерска десорпција/јонизација- време лета (MALDI-TOF – *matrix-assisted laser desorption/ionization – time of flight*). Посебне потешкоће приликом сепарације и идентификације стварају LMW–GS због изражене структурне хетерогености, као и због сличности са одговарајућим глијадинима (Balazs и сар., 2012). Основни недостаци наведених метода су релативно високи материјални и временски трошкови, слабија репродуцибилност, мања прецизност, потреба за посебно оспособљеним кадровима и слично (Balazs и сар., 2011).

Почетком 90-их година прошлог века уведена је у употребу метода која је у доброј мери превазишла набројане тешкоће. Првобитна намена нове методе која је названа *Lab-on-a-Chip* (LOC), била је високо-технолошка сепарација биополимера попут протеина и нуклеинских киселина. Комплетан процес који обухвата молекуларни транспорт, инјектирање, хемијске реакције, сепарацију и детекцију фракција одвија се на појединачном чипу. Први микрочипови намењени капиларној електрофорези појавили су се раних 90-их година прошлог века. Постепеним развојем технологије створени су комерцијално доступни микрочипови величине кредитне картице и пратећа опрема, такође малих димензија (Balazs и сар., 2011). Поступак сепарације и квантификације протеина LOC методом је брз, поуздан и аутоматизован (Živančev и сар., 2015), а постиже се и висок степен резолуције и репродуцибилности уз минималан утрошак растварача и анализата (Barak и сар., 2013).

Основни делови апаратуре су капиларна цев, извор напона и детектор. Унутрашња површина капиларне цеви, која је најчешће од кварцног стакла, има негативан електрични набој који потиче од кисеоникових атома тетраедарске

кварцне решетке. Натријум додецил сулфат (SDS- *sodium dodecyl sulfate*), присутан у полиакриламидном гелу у капиларној цеви, са молекулима протеина формира негативно наелектрисане мицеле, које (услед свог негативног наелектрисуња) електроосмотским током мигрирају ка аноди, при чему се сепарација врши на основу разлика у молекулској маси. Квалитативна анализа врши се на основу мерења времена миграције састојака анализата, а квантитативна на основу димензија (висине и ширине) пикова (Zhu и сар., 2012). На електрофореграму, као и на пратећој гел симулацији албумини и глобулини спадају у зону испод 30 kDa, LMW-GS и глијадини у зону 30-100 kDa, док су HMW-GS у зони изнад 100 kDa (Balazs и сар., 2011). LOC метода омогућава добру сепарацију албумина и глобулина, док је сепарација глијадина слабија, обзиром да је метода базирана на сепарацији честица према разликама у молекулској маси и величини, а разлике између глијадина су израженије у поларности и набоју него у погледу молекулских маса и величине (Balazs и сар., 2012). Такође, LOC метода није нарочито погодна ни за анализу LMW-GS. Репродуцибилност је задовољавајућа, али проблем представља често фузионисање подјединица (Kovacs и сар., 2013). Тачност димензионисања протеина варира, обзиром да неки протеини не мигрирају сходно својој величини и маси (Živančev и сар., 2013). Uthayakumaran и сар. (2006) наводе да су вредности молекулских маса 13 HMW-GS процењене LOC методом веће него масе истих подјединица утврђене методама масене спектрометрије или секвенционирањем гена. Ово неслагање маса аутори објашњавају конформационим разликама протеина у различитим пуферима, као и неким особинама протеина попут хидрофобности. Такође, често долази и до фузионисања HMW-GS и горњег маркера чија је маса 240 kDa (Balazs и сар., 2012). Већу тенденцију ка фузионисању са горњим маркером показују HMW-GS чије су масе блиске маси горњег маркера, па је идентификација најмасивнијих HMW-GS, као што су Dx2, Ax2* и нарочито Ax1, отежана и мање поуздана (Kovacs и сар., 2013). Иако се LOC методом добијају прецењене молекулске масе подјединица, метода има високу репродукцибилност (изражену коефицијентом варијације), до 5%, каткад и бољу (Živančev и сар., 2013). Živančev и сар. (2015) су приликом одређивања молекулских маса HMW-GS девет српских и

девет хрватских сорти пшенице такође утврдили висок степен репродуцибилности односно низак коефицијент варијације, чак испод 2%, код неких подјединица. Репродуцибилност квантификације протеина је нешто мања. Živančev и сар. (2013) су изучавајући HMW–GS сорте Арија констатовали репродуцибилност (изражену коефицијентом варијације) 8% за све глутенинске подјединице, односно 12,9% за HMW–GS.

Баланс између вискозности и еластичности изражен HMW/LMW односом представља важан предуслов пецивног квалитета пшеничног брашна. Овај однос одређује се LOC методом, при чему се врши корекција података услед фузионисања HMW–GS и примењених маркера (Balazs и сар., 2012). Изучавајући могућности и перформансе LOC методе Živančev и сар., (2013) су код сорте Арија утврдили вредност HMW/LMW односа 20%. Овај однос се кретао у интервалу 30–60% код 51 сорте пшенице пореклом из западног Сибира (Balazs и сар., 2012). Аутори наводе да је репродуцибилност поступка прихватљивог нивоа са коефицијентом варијације испод 10%. Нешто шири опсег HMW/LMW односа, 20–60%, и нижи ниво коефицијента варијације (5%), односно већу репродуцибилност, наводе Rhazi и сар. (2009), на основу проучавања 23 француске сорте, подељене, на основу алелне структуре, на 7 класа. На основу разлика гел симулација исте сорте из различитих агроколошких услова Balazs и сар., (2011) закључују да се LOC методом могу утврдити квантитативне разлике протеинских подјединица настале дејством фактора спољашње средине. Dhaka и Khatkar (2015) наводе висок степен зависности параметара време развоја теста, стабилност теста, O/P односа и запремине хлеба са вредношћу HMW/LMW односа.

Значајан утицај на технолошки квалитет пшенице и пецивне одлике теста има вредност *Gli/Glu* односа. Глијадини и глутенини у оквиру глутенско-протеинске мреже имају различиту улогу. Глутенински полимери, захваљујући пре свега великим димензијама, формирају континуирану мрежу која даје еластичност и снагу тесту, док глијадини тесту дају одговарајућу вискозност. Отимална вредност овог односа је зато од прворазредног значаја (Dhaka и Khatkar, 2015). Неки аутори (Nuttall и сар., 2017; Jarvis и сар., 2008; Balla и Veisz, 2007) сматрају да високе температуре

изазивају пораст садржаја глијадина и *Gli/Glu* односа док Singh и сар. (2012) и Balla и сар. (2011) истичу да је ефекат високих температура још израженији у садејству са сушом. Ranzano и сар. (2001) наводе да суша није имала утицаја на синтезу глијадина и *Gli/Glu* однос, а Koga и сар. (2016) нису утврдили ефекат високих температура на синтезу глијадина. Између *Gli/Glu* односа и стабилности теста Park и сар. (2014) нису утврдили линеарну корелацију, Dhaka и Khatkar (2015), утврдили су висок степен зависности ($r = -0,79$), док су Horvat и сар. (2012b) утврдили супротан смер зависности ($r = 0,69$). Висок степен зависности између параметара О/Р односа и запремине хлеба са вредношћу *Gli/Glu* односа утврдили су Dhaka и Khatkar (2015) на основу проучавања утицаја глутенске структуре на неке параметара квалитета 15 сорти пшенице. Horvat и сар. (2012b) наводе закључак да садржај глијадина има негативан утицај на параметар О/Р. Истоветан закључак, на основу проучавања утицаја пропорција протеинских фракција на технолошки квалитет 29 српских и хрватских сорти пшенице, наводе и Mastilović и сар., (2014).

3.2.4. Садржај аминокиселина

Протеини имају главну улогу у скоро свим животним процесима. Основне структурне јединице протеина су аминокиселине (Filipek и Harasim, 2011). Аминокиселинска композиција представља основну структуралну карактеристику протеина, без обзира на његову врсту, порекло и функцију (Shewry и Halford, 2002). Детерминација аминокиселинске композиције и пропорција количина присутних аминокиселина пшенице олакшава процену и евентуално побољшање њене хранљиве вредности. Аминокиселине регулишу транспорт јона, учествују у синтези и активацији ензима, експресији гена итд. Пролином и глутаминском киселином богати резервни протеини пшенице су извор азота и аминокиселина у првим фазама развоја младе биљке (Кнежевић и сар., 2013).

Са нутритивне тачке гледишта аминокиселине се могу поделити на неесенцијалне, које организам може сам синтетисати и есенцијалне, које организам не може да синтетише те се морају уносити храном. Есенцијалне аминокиселине су

изолеуцин (Ile), леуцин (Leu), лизин (Lys), метионин (Met), фенилаланин (Phe), треонин (Thr), триптофан (Trp) и валин (Val). Под одређеним физиолошким условима и патолошким стањима у есенцијалне аминокиселине могу се сврстати и цистеин (Cys), глутамин (Gln), глицин (Gly), хистидин (His), пролин (Pro), таурин и тирозин (Tyr) (Kalnina и Raksejeva, 2014). Хистидин је првобитно сматран есенцијалном аминокиселином само за новорођенчад, али новија истраживања показују да је неопходан и за одрасле, и да се у случају мањка хистидина његов ниво у организму одржава разградњом хемоглобина (Zafar и сар., 2014). Биљке могу синтетисати све постојеће аминокиселине, али су количине одређених аминокиселина мале, као што је случај лизина у пшеници (Filipek и Harasim, 2011). Садржај есенцијалних аминокиселина у зрну пшенице је знатно мањи од садржаја неесенцијалних аминокиселина (Zhang и сар., 2017).

Не постоје специјализоване ћелије ни ткива која садрже аминокиселине, али је њихов садржај највећи у алеуронском слоју зрна пшенице (Kalnina и Raksejeva, 2014), услед чега интегрално брашно садржи већи проценат аминокиселина (Shewry, 2007).

У глијадинама су најзаступљеније аминокиселине пролин, глутаминска киселина и цистеин, у албуминима аспарагинска киселина, аргинин и хистидин, док су у глобулинама првенствено аланин, аспарагинска киселина, глицин и цистеин (Filipek и Harasim, 2011). Према Кнежевић и сар. (2007) резервни протеини зрна пшенице имају висок садржај глутаминске киселине и пролина, за разлику од садржаја лизина, метионина и триптофана. Такође, код 21 дурум пшенице је нађен висок садржај глутаминске киселине код свих генотипова а од есенцијалних аминокиселина су биле присутне валин, треонин, фенилаланин, леуцин, триптофан и аргинин (Ђukić и сар., 2008). У изучавању шест генотипова пшенице је детерминисан висок садржај глутаминске киселине, а врло низак садржај есенцијалних аминокиселина валина и саркозина, око 1mg ml^{-1} (Кнежевић и сар., 2009).

Састав и садржај аминокиселина зависи од генотипа и фактора спољашње средине, првенствено од температуре ваздуха и количине падавина током фенофазе наливања зрна, и од примене азотних ђубрива.

Проучавајући утицај три водно-температурна режима на принос пшенице, садржај протеина и аминокиселински састав десет сорти дурум пшенице Garcia Del Moral и сар. (2007) утврдили су да фактори спољашње средине имају већи утицај на аминокиселински састав него генотип или интеракција. Аутори наводе да скраћење периода фенофазе наливања зрна услед сувог и топлог времена доводи до смањења садржаја свих аминокиселина осим глутамина, пролина и фенилаланина, код којих је уочена супротна тенденција. Szychaj-Fabisiak и сар. (2014) наводе да је садржај аминокиселина (како укупни тако и садржај појединих аминокиселина) био највећи у години са највећом количином падавина, а да сорта и класа семена нису имали значајног ефекта. Anjum и сар., (2005) утврдили су да на количину валина, хистидина и глутаминске киселине значајан утицај имају фактори спољашње средине, да је количина лизина, леуцина, треонина и глицина зависна од генотипа, док количина аргинина, аланина, аспарагинске киселине, серина и тирозина зависи од оба фактора.

Примена азотних ђубрива повећава садржај аминокиселина у зрну пшенице, али се повећање садржаја првенствено односи на неесенцијалне аминокиселине. Садржај лизина може и да опада, као и однос цистеина и метионина (Zhang и сар., 2017).

Проучавајући протеинску и аминокиселинску структуру шест најприноснијих пакистанских сорти Khan и сар. (2014) су утврдили висок садржај глутаминске киселине и пролина у зрну пшенице као и врло низак садржај лизина, триптофана, треонина, метионина и хистидина. Глутаминска киселина има велики значај у метаболизму азота. Knežević и сар., (2013) утврдили су присуство глутаминске киселине у девет од десет проучаваних сорти пшенице. Осим глутаминске киселине утврђено је још 14 аминокиселина, обично 5-7 аминокиселина по сорти. Широку заступљеност и висок садржај глутаминске киселине утврдили су и Zafar и сар. (2014) и Khan и сар. (2014) на узорцима пшенице из различитих

области Пакистана. Знатно већи садржај глутаминске киселине у односу на садржај осталих аминикиселина утврдили су и Spruchaj-Fabisiak и сар. (2014) изучавајући утицај генотипа и класе семена на аминокиселински састав и садржај пшенице.

Значајну зависност и висок коефицијент корелације ($r=0,81$) утврдили су Zhang и сар. (2017) између садржаја протеина са једне стране и укупног садржаја аминокиселина и садржаја есенцијалних аминокиселина са друге стране. Garcia Del Moral и сар. (2007) су утврдили негативну зависност садржаја протеина и свих аминокиселина осим глутамина, пролина и фенилаланина, код којих је утврђен висок степен позитивне зависности. Слично, Khan и сар. (2014) су утврдили врло високу позитивну зависност између садржаја протеина и садржаја глутаминске киселине ($r=0,93$) и пролина ($r=0,98$), и врло високу негативну зависност садржаја протеина и садржаја лизина ($r=-0,92$) и триптофана ($r=-0,96$).

4. РАДНА ХИПОТЕЗА

Особине технолошког квалитета су повезане са квалитативним и квантитативним садржајем протеина и других органских једињења депонованих у ендосперму зрна пшенице.

Садржај глутенина и глијадина утиче на варирање особина квалитета брашна, теста и хлеба.

Сорте пшенице гајене у истим условима се разликују према особинама технолошког квалитета, као резултат постојећих разлика генотипа и његове реакције на конкретне еколошке услове.

Особине технолошког квалитета једне сорте пшенице варирају под утицајем различитих еколошких фактора који владају у различитим локалитетима или годинама.

Особине технолошког квалитета које су стабилне у различитим условима гајења сорти се налазе под већим утицајем фактора генетичке контроле.

5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

5.1. Биљни материјал

Пет домаћих сорти озиме пшенице (Симонида, НС 40С, Рапсодија, Победа, Звездана) узгајано је у макро огледу у три локалитета (Нови Сад, Чачак, Сомбор), током две сезоне (2011/2012 и 2012/2013).

Послежетвено дозревање зрна омогућено је чувањем узорака на собној температури током 40-дневног периода. Након овог периода узорци су до почетка експерименталног рада складиштени у замрзивачу на температури -20°C . Пре почетка испитивања узорци су темперирани 24 часа.

Узорци коришћени у нашем истраживању били су током вегетационог периода изложени дејству метеоролошких фактора који су варирали у зависности од године и локалитета. Највећи утицај на параметре технолошког квалитета метеоролошки фактори имају у периоду од почетка цветања до жетве, што представља период од почетка маја до краја јуна што се тиче нашег испитивања. Анализиран је утицај средњих дневних температура, количина падавина и броја дана са температурама изнад 30°C .

Подаци приказани у табели 1. (Метеоролошки годишњак, 2013 и Метеоролошки годишњак, 2014) показују да је прва експериментална година, у периоду од почетка маја до краја јуна, била топлија и са мањом количином падавина. Број дана са температурама изнад 30°C у наведеном периоду се мало разликовао, али је разлика за тај фактор већа ако се посматра краћи период, односно период од почетка фенофазе наливања зрна до жетве, што важи и за средње дневне температуре, док је за укупну количину падавина обратно.

Табела 1. Просечан број дана са температурама изнад 30⁰С и средњим температурама ваздуха и укупна количина падавина у локацијама и годинама извођења експеримента

локал./год	Фактори спољашње средине					
	број дана са температурама изнад 30 ⁰ С		средња температура ваздуха (°С)		укупна количина падавина (mm)	
НС/12	7*	7**	19,7*	23**	79,7*	27,5**
ЧА/12	15	14	19,2	23,1	123,3	17,8
СО/12	10	7	19,5	22,6	80,8	24,3
просек	-	-	19,5	22,9	94,6	23,2
укупно	32	28	-	-	283,8	69,6
НС/13	10	7	18,5	20,2	243,8	125,7
ЧА/13	11	7	18,8	20	219,5	96,1
СО/13	12	9	18,2	20,4	185,5	57,8
просек	-	-	18,5	20,2	216,3	93,2
укупно	33	23	-	-	648,8	279,6

(* период од почетка цветања до жетве; ** период од почетка фенофазе наливања зрна до жетве).

5.2. Методе

5.2.1. Одређивање садржаја протеина

Одређивање садржаја протеина у зрну пшенице извршено је методом блиске инфрацрвене спектроскопије, NIR (*Infratec 1241 Grain Analyzer (Foss Analytical AB, Hillerød, Denmark)*) уз калибрације које су валидоване за акредитовану Лабораторију за технологију, квалитет и безбедност хране, Нови Сад (FINSLab–5.4–3M–001, 2007).

5.2.2. Број падања

Млевењем темперираних узорака пшенице у млину *Falling Number 3100 (Pertten Instruments, Huddinge, Sweden)*, добијена је потребна гранулација честица, 55-70% мањих од 210 μm . ИСС методом број 107/1 таблично је одређена потребна маса узорка за анализу, која одговара узорку са 15% влаге. Одређивање садржаја влаге обављено је истом методом којом је обављено и одређивање садржаја протеина.

Узорак и 25ml дестиловане воде помешани су у кивети, а број падања је утврђен помоћу уређаја *Falling Number 1600 (Perten Instruments, Huddinge, Sweden)* према (ICC *standard method 107/1*).

5.2.3. Фаринографска анализа

На уређају фаринограф (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*) са месилицом за 300 грама вршено је одређивање параметара: моћ упијања воде, развој теста и стабилитет теста (Правилник о методама физичких и хемијских анализа за контролу квалитета жита, млинских и пекарских производа, тестенина и брзо смрзнутих теста, 1988).

5.2.5. Екстензографска анализа

На уређају екстензограф (*C.W. Brabender, Duisburg, Germany*) мерене су, током одмарања и униаксијалног растезања, физичке особине теста, отпор, растегљивост и енергија (Правилник о методама физичких и хемијских анализа за контролу квалитета жита, млинских и пекарских производа, тестенина и брзо смрзнутих теста, 1988).

5.2.6. Миксолаб анализа

Уређај *Mixolab (Chopin, Paris, France)*, омогућава мешање теста под контролисаним температурним условима, са порастом температуре до 90⁰С, после чега следи хлађење. Са криве *Mixolab*-а одређена је брзина желатинизације скроба (ICC *standard method 173*).

5.2.7. Садржај влажног глутена

Након испирања теста 2%-тним сланим раствором добија се гумаста, лепљива глутенска маса. Садржај влажног глутена одређен је методом ICC *standard method 137/1*, са модификацијом-машинско испирање глутена (*Theby*), уместо аутоматског испирања.

5.2.8. Глутен индекс

Одређивање вредности глутен индекса вршено је методом ICC *standard method* 155 (1996), са модификацијом-машинским испирањем глутена (*Theby*). Испрани глутен потом је пропуштен кроз сито центрифуге (2015, *Perten Instruments, Huddinge, Sweden*). У процентима изражен однос масе влажног глутена која није прошла кроз сито и укупне масе влажног глутена представља глутен индекс.

5.2.9. Лабораторијско пробно печење

Коришћено је тесто припремљено замесом у брзоходној месилици. Брашну масе 300 грама додато је 2% квасца и 2% соли. Количина воде за замес (за добијање конзистенције од 400 FJ) је одређена на основу фаринографских података, моћи упијања воде и степена омекшања. Добијена вредност умањена је за 1,4%, тј. за садржај воде у квасцу. Сумарно се може представити као:

Количина воде за замес= МУВ (реална) + корекција за конзистенцију – корекција за квасац,

где је:

МУВ (реална): некоригована фаринографска моћ упијања воде (%)

корекција за конзистенцију - % воде из Тиборове табеле до 400 FJ

корекција за квасац - 1,4% уз претпоставку да је 70% квасца вода.

Да би се постигла температура замешеног теста $30 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, вода која се користи за замес загрева се до температуре према обрасцу:

$$T_{H20} = 2 \times T_t - T_{бр} + 5 \text{ где је:}$$

T_{H20} - температура воде за замес

T_t - потребна температура теста

$T_{бр}$ - температура брашна

5 - корекција због хлађења при мешању

Тесто се након пет минута мешања обликује у лопту и преноси у пластичну посуду. Тесто на температури од 30°C ферментише два часа уз премесивање после 60 и 90 минута. После завршене ферментације тесто се подели на три дела масе од 150 грама. Завршна ферментација траје 70 минута и одвија се у калупима при

температури од $30 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ и минималној релативној влази од 75%. Калупи имају следеће димензије: горњи обим 9,5 x 7,5 центиметара, дно 7,5 x 5,5 центиметара и висина 5,5 центиметара. На температури од 220°C хлеб се пече 17 минута у калупима на поду лабораторијске пећи. Висина теста (mm) мери се непосредно пре уношења у пећ, док се висина хлеба мери после печења. По завршетку печења хлеб се хлади један час и пребацује у климатизовану комору где се у контролисаним условима (просечна температура $22 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ и просечна влажност ваздуха $75 \pm 0,5\%$) чува 23 часа.

5.2.10. Одређивање запремине хлеба

Приликом одређивања запремине хлеба апроксимирано је да се он састоји од зарубљене купе и половине елипсоида. Потребне димензије су измерене нонијусом, и на основу формула за запремину елипсоида и зарубљене пирамиде:

$$V_e = \frac{4}{3} \pi \frac{a}{2} \frac{b}{2} h$$

$$V_{zp} = \frac{H}{3} (ed + \sqrt{abed} + ab), \text{ где је:}$$

V_e - запремина елипсоида

a - ширина горњег дела калупа

b - дужина горњег дела калупа

h - висина хлеба изнад горњег нивоа калупа

V_{zp} - запремина зарубљене пирамиде

H - висина калупа

e - ширина доњег дела калупа

d - дужина горњег дела калупа,
израчуната је запремина хлеба.

5.2.11. Одређивање боје горње површине коре хлеба

Боја горње површине коре хлеба одређена је помоћу хромаметра (MINOLTA, Chroma Meter CR-400, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan) са D-65 осветљењем, 2° стандардим углом посматрања и 8mm отвором у глави мерења. Резултати су

изражени као светлина (L^*), удео црвене/зелене боје (a^*), и удео жуте/плаве боје (b^*) према CIE $L^*a^*b^*$ систему (CIE, 1976). Уређај је калибрисан помоћу беле калибрационе плочице. На сваком хлебу извршено је пет мерења.

5.2.12. Одређивање текстуре средине хлеба

Текстура средине хлеба је одређена 24 часа после печења помоћу *Texture Analyzer TA-XT2i (Stable Microsystems, Surrey, UK)* и *Texture Expert software* алуминијумским ваљком за компресију SMS P/75. Од сваке векне узете су две кришке дебљине 25mm, и из средине сваке од њих извађен је комад пречника 35mm који је сабијан до 75% оригиналне висине методом двоструког сабијања *Texture Profile 60 Analysis (TPA)*, при брзини сабијања алуминијумског ваљка од 1mm/s и паузом од пет секунди између две компресије. Од параметара текстуре обрађени су тврдоћа, еластичност и отпор средине хлеба.

5.2.13. Lab-on-a-chip капиларна електрофореза глутенских подјединица

Садржај и састав глутенских подјединица одређен је *Lab-on-a-chip* капиларном електрофорезом. Прво је извршена екстракција албумина. У 30 mg брашна додато је 300 μ l дејонизоване воде. Уследило је мешање великом брзином (*vortex*) у трајању од 10 секунди, а сама екстракција трајала је 24 часа. После завршене екстракције албумина узорак је центрифугиран 20 минута на 14500 o/min. Супернатант се одбацује а остатак оставља за даљу анализу. На исти начин 2%-тним раствором NaCl екстраховани су глобулини. Затим је у преостали талог додато 300 μ l 70%-тног раствора етанола чиме су екстраховани глијадини. Да би се добио чист талог глијадина одвојено је 200 μ l глијадинског супернатанта и остављено да растварач испари. Потом је у чист талог глијадина, као и у преостали талог додато 200 μ l 2%-тног раствора SDS-а који садржи 5% β -меркаптоенола (*treatment buffer*) и који служи за екстракцију глутенинских подјединица и денатурацију глутенинских и глијадинских подјединица. Након додавања *treatment buffer*-а уследило је мешање талоба узорка брашна ручним миксером великом брзином (*vortex*) 10 секунди и грејање свих узорака у воденом купатилу 5 минута на 100⁰C да би дошло до потпуне

денатурације. По завршетку грејања у узорке је додато 150 μl раствора SDS-а. Потом су узорци мешани великом брзином (*vortex*) 10 секунди. Овим путем раствори са глијадинским подјединицама су припремљени за анализу, док су узорци са glutенинским екстрактом центрифугирани 20 минута на 14500 o/min. Добијени супернатант може да се користи за анализу glutенинских подјединица.

Количина од 4 μl пречишћених раствора узорака помешани су са 2 μl *Agilent*-овог пуфера за узорке који садржи горњи маркер од 240 kDa (*upper marker*) и доњи маркер од 4,5 kDa (*lower marker*) и 84 μl дејонизоване воде. Од овако припремљеног раствора 6 μl је анализирано на чипу у *Agilent 2100 Bioanalyzer*-у (*Agilent Technologies, Palo Alto, CA*) у комбинацији са протеинским китом од 230 kDa (*Protein 230 Plus LabChip kit*) и одговарајућим протеинским *assayem* на 2100 *epxert software*. Сваки чип садржи и протеинске маркере (*ladder*) референтних протеина од 15, 26, 46, 63, 95 и 150 kDa осим раније наведених граничних маркера од 240 kDa и 4,5 kDa, на основу чијих електрофоретских покретљивости су одређене молекулске масе испитиваних glutенских подјединица. Релативна концентрација glutенинских и глијадинских подјединица процентуално се изражава преко површине пика сваке подјединице у односу на укупну површину свих пикова.

Glутенинске подјединице високих молекулских маса (HMW-GS) обухватају опсег маса 131-240 kDa, док glutенинске подјединице ниских молекулских маса (LMW-GS) обухватају опсег од 30-130 kDa. Глијадинске подјединице се према молекулским масама одређеним помоћу *Lab-on-a-chip* капиларне електрофорезе могу сврстати у четири групе, глијадинске подјединице високих молекулских маса (131-240 kDa), глијадинске подјединице које су према величини најближе omega глијадинима (80-130 kDa), глијадинске подјединице са највећим уделом (29-79 kDa) и глијадинске подјединице јако ниских молекулских маса (13-28 kDa).

5.2.14. *Екстракција аминокиселина*

Аминокиселине су екстраховане из комплексних једињења депонованим у семену житарица (угљених хидрата, липида неорганских соли итд.) коришћењем 80% етанола и таложења растворених протеина хлороформом (Grujić-Injac, 1962).

5.2.15. *Квалитативна анализа аминокиселина*

Идентификација аминокиселина урађено је коришћењем методе хроматографије (Džamić, 1989).

5.2.16. *Одређивање садржаја аминокиселина (квантитативна анализа)*

Метод спектрофотометрије је коришћен за утврђивање концентрације идентификованих аминокиселина. Укупна концентрација слободних аминокиселина је одређивана помоћу стандардне криве линије за тирозин, док је концентрација појединих аминокиселина одређивана коришћењем стандардне криве линије за глицин (Трајковић и сар., 1983; Džamić, 1989).

6. РЕЗУЛТАТИ

6.1. Садржај протеина

Садржај протеина је варирао од најмање вредности (7,34%) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години, до највеће (15,63%) код сорте Победа у локалитету Сомбор у истој експерименталној години (таб 2.).

Табела 2. Садржај протеина код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Садржај протеина (%)								Укупан просек све године и локалитети
	2012			Просек	2013			Просек	
	Локалитет				Локалитет				
Сорта	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО
Симонида	10,24	13,56	13,73	12,51	12,40	7,34	13,15	10,96	11,74
НС 40С	10,73	11,99	12,29	11,67	14,14	10,80	13,20	12,71	12,19
Рапсодија	11,19	14,85	14,32	13,45	12,93	11,90	13,17	12,67	13,06
Победа	11,96	14,53	13,80	13,43	13,89	14,22	15,63	14,58	14,01
Звездана	11,19	13,28	13,20	12,56	13,56	12,94	13,04	13,18	12,88
Просек	11,06	13,64	13,47	12,72	13,38	11,44	13,64	12,82	12,77
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта	Садржај протеина (%)								
Симонида	10,24	12,40	11,32	13,56	7,34	10,45	13,73	13,15	13,44
НС 40С	10,73	14,14	12,44	11,99	10,80	11,40	12,29	13,20	12,74
Победа	11,96	13,89	12,92	14,53	14,22	14,38	13,8	15,63	14,72
Рапсодија	11,19	12,93	12,06	14,85	11,90	13,38	14,32	13,17	13,75
Звездана	11,19	13,56	12,38	13,28	12,94	13,14	13,20	13,04	13,12
Просек	11,06	13,38	12,22	13,64	11,44	12,54	13,47	13,64	13,55

Просечна вредност садржаја протеина у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С (11,67%) а највећа код сорте Рапсодија (13,45%). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (10,96%) а највећа код сорте Победа (14,58%), таб. 2. Најмању просечну вредност

садржаја протеина, за обе године и све локалитете имала је сорта Симонида (11,74%), а највећу сорта Победа (14,01%) таб. 2.

Просечне вредности садржаја протеина сорти гајених у првој експерименталној години у локалитету Чачак биле су веће него у другој години, док су у локалитетима Сомбор и Нови Сад биле мање. Просечна вредност садржаја протеина за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (11,06%), а највећа у локалитету Чачак (13,64%), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (11,44%) а највећа у локалитету Сомбор (13,64%) таб. 2.

Најмања просечна вредност садржаја протеина, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (12,22%), а највећа на локалитету Сомбор (13,55%) таб. 2.

Анализа варијансе је показала да вредност особине садржај протеина не зависи од фактора сорта и година, (таб. 3.).

Табела 3. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај протеина

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	4,532	1,743	1,941	2,649
Година (В)	1	0,070	0,027	1,229	1,675
Сорта x година (АВ)	4	2,161	0,831	2,746	3,746
Грешка	20	2,600	-	-	-

6.2. Хагбергов број падања

Хагбергов број падања је варирао од најмање вредности (252s) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години, до највеће (561s) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години (таб 4.).

Табела 4. Број падања код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Број падања (s)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	393	442	488	441	429	252	456	379	410
НС 40С	370	443	471	428	387	381	443	404	416
Рапсодија	449	531	561	513	463	417	473	451	482
Победа	338	389	510	412	427	398	318	381	396
Звездана	429	465	519	471	467	421	441	443	457
Просек	396	454	509	453	435	374	426	411	432
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	393	429	411	442	252	347	488	456	472
НС 40С	370	387	379	443	381	412	471	443	457
Рапсодија	449	463	456	531	417	474	561	473	517
Победа	338	427	383	389	398	393	510	318	414
Звездана	429	467	448	465	421	443	519	441	480
Просек	396	435	415	454	374	414	509	426	468

Просечна вредност броја падања у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (412s) а највећа код сорте Рапсодија (513s). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (379s) а највећа код сорте Рапсодија (451s), таб. 4. Најмању просечну вредност броја падања, за обе године и све локалитете имала је сорта Победа (396s), а највећу сорта Рапсодија(451s) таб. 4.

Просечне вредности броја падања сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност броја падања за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (396s), а највећа у локалитету Сомбор (509s), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (374s) а највећа у локалитету Нови Сад (435s) таб. 4.

Најмања просечна вредност броја падања, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (414s), а највећа на локалитету Сомбор (468s) таб. 4.

Анализа варијансе је показала да вредност особине број падања не зависи од фактора сорта и година, таб. 5.

Табела 5. Анализа варијансе за средње вредности особине број падања

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	7704,613	2,131	72,397	98,794
Година (В)	1	12896,133	3,567	45,819	62,475
Сорта x година (АВ)	4	540,112	0,149	102,402	139,682
Грешка	20	3615,633	-	-	-

6.3. Хектолитарска маса

Хектолитарска маса је варијала од најмање вредности ($76,25\text{kg h}^{-1}$) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години, до највеће ($85,70\text{kg h}^{-1}$) код сорти Рапсодија и Победа у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години (таб. 6.).

Табела 6. Хектолитарска маса код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Хектолитарска маса (kg h^{-1})								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	84,50	84,10	82,90	83,83	79,70	76,25	81,90	79,28	81,56
НС 40С	82,10	78,70	79,50	80,10	76,45	77,25	79,70	77,80	78,95
Рапсодија	85,70	81,10	83,30	83,37	79,90	77,45	79,50	78,95	81,16
Победа	85,70	83,30	83,90	84,30	78,90	76,65	80,90	78,82	81,56
Звездана	84,90	80,90	82,30	82,70	83,50	79,10	79,70	80,77	81,73
Просек	84,58	81,62	82,38	82,86	79,69	77,34	80,34	79,12	80,99
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	84,50	79,70	82,10	84,10	76,25	80,18	82,90	81,90	82,40
НС 40С	82,10	76,45	79,28	78,70	77,25	77,98	79,50	79,70	79,60
Рапсодија	85,70	79,90	82,80	81,10	77,45	79,28	83,30	79,50	81,40
Победа	85,70	78,90	82,30	83,30	76,65	79,98	83,90	80,90	82,40
Звездана	84,90	83,50	84,20	80,90	79,10	80	82,30	79,70	81
Просек	84,58	79,69	82,14	81,62	77,34	79,48	82,38	80,34	81,36

Просечна вредност хектолитарске масе у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С ($80,10\text{kg h}^{-1}$) а највећа код сорте Победа ($84,30\text{kg h}^{-1}$). У другој години изучавања просечна вредност особине такође је била најмања код сорте НС 40С ($77,80\text{kg h}^{-1}$), а највећа код сорте Звездана ($80,77\text{kg h}^{-1}$), таб. 6. Најмању просечну вредност хектолитарске масе, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С ($78,95\text{kg h}^{-1}$), а највећу сорта Звездана ($81,73\text{kg h}^{-1}$) таб. 6.

Просечне вредности хектолитарске масе су у свим локалитетима биле веће у првој него у другој експерименталној години. Просечна вредност особине у првој години била је најмања у Чачку ($81,62\text{kg hl}^{-1}$), а највећа у Новом Саду ($84,58\text{kg hl}^{-1}$), док је у другој години најмања просечна вредност за све сорте била са локалитета Чачак ($77,34\text{kg hl}^{-1}$), а највећа са локалитета Сомбор ($80,34\text{kg hl}^{-1}$), таб. 6.

Најмања просечна вредност хектолитарске масе, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак ($79,48\text{kg hl}^{-1}$), а највећа на локалитету Нови Сад ($82,14\text{kg hl}^{-1}$) таб. 6.

Анализа варијансе је показала да хектолитарска маса зависи од године таб. 7.

Табела 7. Анализа варијансе за средње вредности особине хектолитарска маса

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	8,083	2,141	2,339	3,192
Година (В)	1	104,720	27,743**	1,480	2,019
Сорта x година (АВ)	4	3,559	0,943	3,309	4,513
Грешка	20	3,775	-	-	-

6.4. Моћ упијања воде (фаринограм)

Моћ упијања воде је варијала од најмање вредности (51,7ml) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (69,2ml) код сорте Звездана у истом локалитету у првој експерименталној години таб. 8.

Табела 8. Моћ упијања воде код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Моћ упијања воде (ml), фаринограм								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	57,1	64,1	60,3	60,50	61,1	51,7	58,8	57,20	58,85
НС 40С	58,7	62,8	61,8	61,10	60,1	57,2	62,7	60	60,55
Рапсодија	63,2	67,7	67,3	66,07	64,8	59,1	59,8	61,23	63,65
Победа	65	67,3	66,9	66,40	59,6	58,4	61,6	59,87	63,13
Звездана	64,6	69,2	68,4	67,40	67,9	61,4	61	63,43	65,42
Просек	61,72	66,22	64,94	64,29	62,70	57,56	60,78	60,35	62,32
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	57,1	61,1	59,1	64,1	51,7	57,9	60,3	58,8	59,55
НС 40С	58,7	60,1	59,4	62,8	57,2	60	61,8	62,7	62,25
Рапсодија	63,2	64,8	64	67,7	59,1	63,4	67,3	59,8	63,55
Победа	65	59,6	62,3	67,3	58,4	62,85	66,9	61,6	64,25
Звездана	64,6	67,9	66,25	69,2	61,4	65,3	68,4	61	64,7
Просек	61,72	62,7	62,21	66,22	57,56	61,89	64,94	60,78	62,86

Просечна вредност особине моћ упијања воде у првој години изучавања била је најмања код сорте Симонида (60,50ml) а највећа код сорте Звездана (67,40ml). И у другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (57,20ml) а највећа код сорте Звездана (63,43ml), таб. 8. Најмању просечну вредност особине моћ упијања воде, за обе године и све локалитете имала је сорта Симонида (58,85ml), а највећу сорта Звездана (65,42ml), таб. 8.

Просечне вредности особине моћ упијања воде сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност особине моћ упијања воде за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (61,72ml), а највећа у локалитету Чачак (66,22ml), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (57,56ml) а највећа у локалитету Нови Сад (62,70ml) таб. 8.

Најмања просечна вредност особине моћ упијања воде, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (61,89ml), а највећа на локалитету Сомбор (62,86ml) таб. 8.

Анализа варијансе је показала да фактори сорта и година значајно утичу на дату особину, а вредности у интеракцији ова два фактора нису значајно различите таб. 9.

Табела 9. Анализа варијансе за средње вредности особине моћ упијања воде

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	40,790	4,559**	3,601	4,914
Година (В)	1	116,821	13,058**	2,279	3,108
Сорта x година (АВ)	4	6	0,671	5,094	6,948
Грешка	20	8,946	-	-	-

6.5. Развој теста (фаринограм)

Развој теста је варирао од најмање вредности (1min) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (7,5min) код сорте Рапсодија у локалитетима Чачак и Сомбор у првој експерименталној години (таб. 10.

Табела 10. Развој теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Развој теста (min.), фаринограм								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	1,5	4,5	4,5	3,50	1,5	1	2	1,50	2,50
НС 40С	1,5	1,5	2	1,67	2	1,5	1,5	1,67	1,67
Рапсодија	2	7,5	7,5	5,67	1,5	1,5	2	1,67	3,67
Победа	2	6	5,5	4,50	2	2	6	3,33	3,92
Звездана	2	4,5	4	3,50	2,5	2	2	2,17	2,83
Просек	1,8	4,8	4,7	3,77	1,9	1,6	2,7	2,07	2,92
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	1,5	1,5	1,5	4,5	1	2,75	4,5	2	3,25
НС 40С	1,5	2	1,75	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1,75
Рапсодија	2	1,5	1,75	7,5	1,5	4,5	7,5	2	4,75
Победа	2	2	2	6	2	4	5,5	6	5,75
Звездана	2	2,5	2,25	4,5	2	3,25	4	2	3
Просек	1,8	1,9	1,85	4,8	1,6	3,2	4,7	2,7	3,7

Просечна вредност особине развој теста у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С (1,67min) а највећа код сорте Рапсодија (5,67min). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (1,50min) а највећа код сорте Победа (3,33min), таб. 10. Најмању просечну вредност особине развој теста, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С (1,67min), а највећу сорта Победа (3,92min) таб. 10.

Просечне вредности особине развој теста сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност особине развој теста за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (1,8min), а највећа у локалитету Чачак (4,8min), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (1,6min) а највећа у локалитету Сомбор (2,7min) таб. 10.

Најмања просечна вредност особине развој теста, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (1,85min), а највећа на локалитету Сомбор (3,7min) таб. 10.

Анализа варијансе је показала да вредност особине развој теста зависи од фактора година, (таб. 11.).

Табела 11. Анализа варијансе за средње вредности особине развој теста

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	4,958	1,944	1,923	2,624
Година (В)	1	21,675	8,500**	1,217	1,659
Сорта x година (АВ)	4	3,258	1,278	2,719	3,710
Грешка	20	2,550	-	-	-

6.6. Стабилност теста

Стабилност теста је варијала од најмање вредности (0min) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (13,0min) код сорте Победа у локалитету Нови Сад, такође у другој експерименталној години (таб. 12.).

Табела 12. Стабилност теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Стабилност теста (min.), фаринограм								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО		НС	ЧА	СО		
Симонида	0,5	1	1,5	1	1,5	0	1,5	1	1
НС 40С	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,83	0,67
Рапсодија	0,5	1,5	1	1	0,5	0,5	4,5	1,83	1,42
Победа	1	1,5	1	1,17	13	5	2,5	6,83	4
Звездана	0,5	1	1,5	1	1,5	2,5	2,5	2,17	1,58
Просек	0,6	1,1	1,1	0,93	3,6	1,7	2,3	2,53	1,73
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	0,5	1,5	1	1	0	0,5	1,5	1,5	1,5
НС 40С	0,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Рапсодија	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1	1	4,5	2,75
Победа	1	13	7	1,5	5	3,25	1	2,5	1,75
Звездана	0,5	1,5	1	1	2,5	1,75	1,5	2,5	2
Просек	0,6	3,6	2,1	1,1	1,7	1,4	1,1	2,3	1,7

Просечна вредност особине стабилност теста у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С (0,5min) а највећа код сорте Победа (1,17min). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте НС 40С (0,83min) а највећа код сорте Победа (6,83min), таб. 12. Најмању просечну вредност особине стабилност теста, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С (0,67min), а највећу сорта Победа (4min) таб. 12.

Просечне вредности особине стабилност теста сорти гајених у првој експерименталној години биле су у свим локалитетима мање него у другој години. Просечна вредност особине стабилност теста за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (0,6min), док су локалитети Чачак и Сомбор имали исту вредност (1,1min), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (1,7min) а највећа у локалитету Нови Сад (3,6min) таб. 12.

Најмања просечна вредност особине стабилност теста, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (1,4min), а највећа на локалитету Нови Сад (2,1min) таб. 12.

Анализа варијансе је показала да вредност особине стабилност теста зависи од фактора година, (таб. 13.).

Табела 13. Анализа варијансе за средње вредности особине стабилност теста

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	10,404	2,762	2,337	3,189
Година (В)	1	19,200	5,097**	1,479	2,016
Сорта x година (АВ)	4	8,054	2,138	3,305	4,508
Грешка	20	3,767	-	-	-

6.7. Енергија теста

Енергија теста је варијала од најмање вредности (15cm^2) код сорте Звездана у локалитету Нови Сад у другој експерименталној години до највеће (128cm^2) код сорте НС 40С у првој експерименталној години у локалитету Сомбор (таб. 14.).

Табела 14. Енергија теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Енергија (cm^2), екстензограм								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	50	50	79	59,67	71	39	68	59,33	59,50
НС 40С	85	97	128	103,33	86	84	85	85	94,17
Рапсодија	64	65	109	79,33	102	109	62	91	85,17
Победа	47	53	29	43	70	78	66	71,33	57,17
Звездана	47	30	56	44,33	15	96	73	61,33	52,83
Просек	58,6	59	80,2	65,93	68,8	81,2	70,8	73,60	69,77
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	50	71	60,5	50	39	44,5	79	68	73,5
НС 40С	85	86	85,5	97	84	90,5	128	85	106,5
Рапсодија	64	102	83	65	109	87	109	62	85,5
Победа	47	70	58,5	53	78	65,5	29	66	47,5
Звездана	47	15	31	30	96	63	56	73	64,5
Просек	58,6	68,8	63,7	59	81,2	70,1	80,2	70,8	75,5

Просечна вредност енергије теста у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (43cm^2) а највећа код сорте НС 40С ($103,33\text{cm}^2$). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида ($59,33\text{cm}^2$) а највећа код сорте Рапсодија (91cm^2), таб. 14. Најмању просечну вредност енергије теста, за обе године и све локалитете имала је сорта Звездана ($52,83\text{cm}^2$), а највећу сорта НС 40С ($94,17\text{cm}^2$) таб. 14.

Просечне вредности енергије теста сорти гајених у првој експерименталној години у локалитету Сомбор биле су веће него у другој години, док су у

локалитетима Нови Сад и Чачак биле мање. Просечна вредност енергије теста за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад ($58,6\text{cm}^2$), а највећа у локалитету Сомбор ($80,2\text{cm}^2$), док је у другој години најмања била у локалитету Нови Сад ($68,8\text{cm}^2$) а највећа у локалитету Чачак ($81,2\text{cm}^2$) таб. 14.

Најмања просечна вредност енергије теста, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад ($63,7\text{cm}^2$), а највећа на локалитету Сомбор ($75,5\text{cm}^2$) таб. 14.

Анализа варијансе је показала зависност енергије теста од фактора сорте (таб. 15.).

Табела 15. Анализа варијансе за средње вредности особине енергија теста

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	2075,133	4,612**	25,539	34,851
Година (В)	1	440,833	0,980	16,163	22,039
Сорта x година (АВ)	4	476,333	1,059	36,123	49,275
Грешка	20	449,933	-	-	-

6.8. Растезање теста

Растезање теста је варијало од најмање вредности (99mm) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (177mm) код сорте Победа у првој експерименталној години у локалитету Сомбор (таб. 16.).

Табела 16. Растезање теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Растезање (mm), екстензограм								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО		НС	ЧА	СО		
Симонида	125	170	174	156,33	131	99	127	119	137,67
НС 40С	129	149	146	141,33	168	139	134	147	144,17
Рапсодија	117	150	175	147,33	130	134	126	130	138,67
Победа	134	158	177	156,33	151	141	156	149,33	152,83
Звездана	117	143	153	137,67	144	156	129	143	140,33
Просек	124,4	154	165	147,8	144,8	133,8	134,4	137,67	142,73
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	125	131	128	170	99	134,5	174	127	150,5
НС 40С	129	168	148,5	149	139	144	146	134	140
Рапсодија	117	130	123,5	150	134	142	175	126	150,5
Победа	134	151	142,5	158	141	149,5	177	156	166,5
Звездана	117	144	130,5	143	156	149,5	153	129	141
Просек	124,4	144,8	134,6	154	133,8	143,9	165	134,4	149,7

Просечна вредност растезања теста у првој години изучавања била је најмања код сорте Звездана (137,67mm) а највећа код сорти Симонида и Победа (156,33mm). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (119 mm) а највећа код сорте Победа (149,33mm), таб.16. Најмању просечну вредност растезања теста, за обе године и све локалитете имала је сорта Симонида (137,67mm), а највећу сорта Победа (152,83mm) таб. 16.

Просечне вредности растезања теста сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност отпора теста за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (124,4mm), а највећа у локалитету Сомбор (165mm), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (133,8mm) а највећа у локалитету Нови Сад (144,8 mm) таб. 16.

Најмања просечна вредност растезања теста, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (134,6mm), а највећа на локалитету Сомбор (149,7mm) таб. 16.

Анализа варијансе је показала да вредност особине растезање теста не зависи од фактора сорта и година, (таб. 17.).

Табела 17. Анализа варијансе за средње вредности особине растезање теста

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	228,05	0,669	22,237	30,344
Година (В)	1	770,133	2,258	14,073	19,189
Сорта x година (АВ)	4	483,883	1,419	31,453	42,903
Грешка	20	341,100	-	-	-

6.9. Отпор теста

Отпор теста је варирао од најмање вредности (80ЕЈ) код сорте Звездана у локалитету Нови Сад у другој експерименталној години до највеће (470ЕЈ) код сорте Рапсодија у истој експерименталној години и истом локалитету (таб. 18.).

Табела 18. Отпор теста код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Отпор, O/5cm (EJ), екстензограм							Укупан просек све године и локалитети	
Година	2012			Просек	2013				Просек
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	270	170	240	226,67	325	310	350	328,33	277,50
НС 40С	390	350	450	396,67	270	360	350	326,67	361,67
Рапсодија	360	245	300	301,67	470	390	330	396,67	349,17
Победа	210	180	110	166,67	270	330	240	280	223,33
Звездана	280	130	210	206,67	80	320	350	250	228,33
Просек	302	215	262	259,67	283	342	324	316,33	288
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	270	325	297,5	170	310	240	240	350	295
НС 40С	390	270	330	350	360	355	450	350	400
Рапсодија	360	470	415	245	390	317,5	300	330	315
Победа	210	270	240	180	330	255	110	240	175
Звездана	280	80	180	130	320	225	210	350	280
Просек	302	283	292,5	215	342	278,5	262	324	293

Просечна вредност отпора теста у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (166,67ЕЈ) а највећа код сорте НС 40С (396,67ЕЈ). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Звездана (250ЕЈ) а највећа код сорте Рапсодија (396,67ЕЈ), таб. 18. Најмању просечну вредност енергије теста, за обе године и све локалитете имала је сорта Победа (223,33ЕЈ), а највећу сорта НС 40С (361,67ЕЈ) таб. 18.

Просечне вредности отпора теста сорти гајених у првој експерименталној години у локалитету Нови Сад биле су веће него у другој години, док су у локалитетима Чачак и Сомбор биле мање. Просечна вредност отпора теста за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (215ЕЈ), а највећа у локалитету Нови Сад (302ЕЈ), док је у другој години најмања била у локалитету Нови Сад (283ЕЈ) а највећа у локалитету Чачак (342ЕЈ) таб. 18.

Најмања просечна вредност отпора теста, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (278,5ЕЈ), а највећа на локалитету Сомбор (293ЕЈ) таб. 18.

Анализа варијансе је показала да фактори сорта и година значајно утичу на дату особину (таб. 19).

Табела 19. Анализа варијансе за средње вредности особине отпор теста

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	25530,417	5,262**	83,863	114,441
Година (В)	1	24083,333	4,964*	53,076	72,370
Сорта x година (АВ)	4	8597,917	1,772	118,621	161,806
Грешка	20	4851,667	-	-	-

6.10. Брзина желатинизације скроба

Брзина желатинизације скроба је варијала од најмање вредности ($-0,008 \text{ Nm min}^{-1}$) код сорте Симонида у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години, до највеће ($0,698 \text{ Nm min}^{-1}$) код сорте Победа у истом локалитету у другој експерименталној години (таб. 20.).

Табела 20. Брзина желатинизације скроба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Брзина желатинизације скроба, β (Nm min^{-1}), миксолаб								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	-0,008	0,486	0,484	0,321	0,550	0,276	0,160	0,329	0,325
НС 40С	0	0,538	0,482	0,340	0,340	0,238	0,408	0,329	0,334
Рапсодија	0,418	0,392	0,264	0,358	0,396	0,346	0,380	0,374	0,366
Победа	0,500	0,414	0,452	0,455	0,698	0,620	0,470	0,596	0,526
Звездана	0,424	0,392	0,360	0,392	0,456	0,370	0,504	0,443	0,418
Просек	0,267	0,444	0,408	0,373	0,488	0,370	0,384	0,414	0,394
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	-0,008	0,550	0,271	0,486	0,276	0,381	0,484	0,160	0,322
НС 40С	0	0,340	0,170	0,538	0,238	0,388	0,482	0,408	0,445
Рапсодија	0,418	0,396	0,407	0,392	0,346	0,369	0,264	0,380	0,322
Победа	0,500	0,698	0,599	0,414	0,620	0,517	0,452	0,470	0,461
Звездана	0,424	0,456	0,440	0,392	0,370	0,381	0,360	0,504	0,432
Просек	0,267	0,488	0,377	0,444	0,370	0,407	0,408	0,384	0,396

Просечна вредност брзине желатинизације скроба у првој години изучавања била је најмања код сорте Симонида ($0,321 \text{ Nm min}^{-1}$) а највећа код сорте Победа ($0,455 \text{ Nm min}^{-1}$). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорти Симонида и НС 40С ($0,329 \text{ Nm min}^{-1}$) а највећа код сорте Победа

(0,596Nm min⁻¹), таб. 20. Најмању просечну вредност брзине желатинизације скроба, за обе године и све локалитете имала је сорта Симонида (0,325Nm min⁻¹), а највећу сорта Победа (0,526Nm min⁻¹) таб. 20.

Просечне вредности брзине желатинизације скроба сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност брзине желатинизације скроба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (0,267Nm min⁻¹), а највећа у локалитету Чачак (0,444Nm min⁻¹), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (0,370Nm min⁻¹) а највећа у локалитету Нови Сад (0,488Nm min⁻¹) таб. 20.

Најмања просечна вредност брзине желатинизације скроба, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (0,377Nm min⁻¹), а највећа на локалитету Чачак (0,407Nm min⁻¹) таб. 20.

Анализа варијансе је показала да вредност особине брзина желатинизације скроба не зависи од фактора сорта и година, (таб. 21.).

Табела 21. Анализа варијансе за средње вредности особине брзина желатинизације скроба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	0,041	1,661	0,188	0,257
Година (В)	1	0,013	0,514	0,119	0,162
Сорта x година (АВ)	4	0,005	0,222	0,266	0,363
Грешка	20	0,024	-	-	-

6.11. Садржај влажног глутена

Садржај влажног глутена је варирао од најмање вредности (11,3%) код сорте Симонида у локалитету Чачаку у другој експерименталној години, до највеће (39,9%) код исте сорте у локалитету Сомбор у првој експерименталној години (таб. 22.).

Табела 22. Садржај влажног глутена (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Садржај влажног глутена (%)								Укупан просек све године и локалитети
	2012			Просек	2013			Просек	
	Локалитет				Локалитет				
Сорта	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	20,5	37,1	39,9	32,50	29,9	11,3	32,6	24,60	28,55
НС 40С	20	23,3	25,2	22,83	27,5	22,5	27,6	25,87	24,35
Рапсодија	23,3	32,6	32,9	29,60	25,7	24	27,6	25,77	27,68
Победа	25,9	36,2	35,5	32,53	29,6	30,7	36,3	32,20	32,37
Звездана	25,4	35	36	32,13	35,1	30,9	28,2	31,40	31,77
Просек	23,02	32,84	33,9	29,92	29,56	23,88	30,46	27,97	28,94
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	20,5	29,9	25,2	37,1	11,3	24,2	39,9	32,6	36,25
НС 40С	20	27,5	23,75	23,3	22,5	22,9	25,2	27,6	26,4
Рапсодија	23,3	25,7	24,5	32,6	24	28,3	32,9	27,6	30,25
Победа	25,9	29,6	27,75	36,2	30,7	33,45	35,5	36,3	35,9
Звездана	25,4	35,1	30,25	35	30,9	32,95	36	28,2	32,1
Просек	23,02	29,56	26,29	32,84	23,88	28,36	33,9	30,46	32,18

Просечна вредност садржаја влажног глутена у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С (22,83%) а највећа код сорте Победа (32,53%). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (24,60%) а највећа код сорте Победа (32,20%), таб. 22. Најмању просечну вредност

садржаја влажног глутена, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С (24,35%), а највећу сорта Победа (32,37%) таб. 22.

Просечне вредности садржаја влажног глутена сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност садржаја влажног глутена за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (23,02%), а највећа у локалитету Сомбор (33,9%), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (23,88%) а највећа у локалитету Сомбор (30,46%) таб. 22.

Најмања просечна вредност садржаја влажног глутена, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (26,29%), а највећа на локалитету Сомбор (32,18%) таб. 22.

Анализа варијансе је показала да вредност особине садржај влажног глутена не зависи од фактора сорта и година, (таб. 23.).

Табела 23. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај влажног глутена

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	63,797	1,656	7,473	10,198
Година (В)	1	28,616	0,743	4,730	6,449
Сорта x година (АВ)	4	25,454	0,661	10,571	14,419
Грешка	20	38,529	-	-	-

6.12. Глутен индекс

Глутен индекс је варирао од најмање вредности (63%) код сорте Звездана у локалитету Нови Сад у другој експерименталној години, до највеће (100%) код сорте Симонида у локалитету Чачак у истој експерименталној години (таб. 24.).

Табела 24. Глутен индекс (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Глутен индекс (%)								Укупан просек све године и локалитети
	2012			Просек	2013			Просек	
	Локалитет				Локалитет				
Сорта	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	98	67	79	81,33	87	100	83	90	86,72
НС 40С	99	98	97	98	97	96	92	95	95,83
Рапсодија	98	91	86	91,67	95	98	92	95	92,94
Победа	94	77	81	84	90	90	81	87	85,50
Звездана	90	74	76	80	63	88	92	81	80
Просек	95,8	81,4	83,8	87	86,4	94,4	88	89,60	88,20
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	98	87	92,50	67	100	83,50	79	83	81
НС 40С	99	97	98	98	96	97	97	92	94,5
Рапсодија	98	95	96,50	91	98	94,50	86	92	89
Победа	94	90	92	77	90	83,50	81	81	81
Звездана	90	63	76,50	74	88	81	76	92	84
Просек	95,8	86,40	91,10	81,40	94,40	87,90	83,80	88	85,9

Просечна вредност глутен индекса у првој години изучавања била је најмања код сорте Звездана (80%) а највећа код сорте НС 40С (98%). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Звездана (81%) а највећа код сорти Рапсодија и НС 40С (95%), таб. 24. Најмању просечну вредност глутен индекса, за обе године и све локалитете имала је сорта Звездана (80%), а највећу сорта НС 40С (95,83%) таб. 24.

Просечне вредности глутен индекса сорти гајених у првој експерименталној години у локалитету Нови Сад биле су веће него у другој години, док су биле мање

у локалитетима Чачак и Сомбор. Просечна вредност глутен индекса за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (81,4%), а највећа у локалитету Нови Сад (95,8%), док је у другој години најмања била у локалитету Нови Сад (86,4%) а највећа у локалитету Чачак (94,4%) таб. 24.

Најмања просечна вредност глутен индекса, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (85,90%), а највећа на локалитету Нови Сад (91,10%) таб. 24.

Анализа варијансе је показала зависност глутен индекса од сорте (таб. 25.).

Табела 25. Анализа варијансе за средње вредности особине глутен индекс

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	252,283	3,131*	10,807	14,747
Година (В)	1	50,700	0,629	6,840	9,326
Сорта x година (АВ)	4	26,783	0,332	15,286	20,851
Грешка	20	80,567	-	-	-

6.13. Запремина хлеба

Запремина хлеба је варијала од најмање вредности (316,67ml) код сорте Рапсодија у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години до највеће (488,33ml) код исте сорте у локалитету Сомбор, такође у првој експерименталној години (таб. 26.).

Табела 26. Запремина хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Запремина хлеба (ml)								Укупан просек све године и локалитети
	2012			Просек	2013			Просек	
	Локалитет				Локалитет				
Сорта	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО
Симонида	363,33	445	441,67	416,67	471,67	330	430	410,56	413,61
НС 40С	353,33	406,67	436,67	398,89	443,33	390	436,67	423,33	411,11
Рапсодија	316,67	455	488,33	420	416,67	396,67	423,33	412,22	416,11
Победа	391,67	416,67	463,33	423,89	470	435	463,33	456,11	440
Звездана	373,33	418,33	408,33	400	380	426,67	466,67	424,44	412,22
Просек	359,67	428,33	447,67	411,89	436,33	395,67	444	425,33	418,61
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	363,33	471,67	417,50	445	330	387,50	441,67	430	435,83
НС 40С	353,33	443,33	398,33	406,67	390	398,33	436,67	436,67	436,67
Рапсодија	316,67	416,67	366,67	455	396,67	425,83	488,33	423,33	455,83
Победа	391,67	470	430,83	416,67	435	425,83	463,33	463,33	463,33
Звездана	373,33	380	376,67	418,33	426,67	422,50	408,33	466,67	437,50
Просек	359,67	436,33	398	428,33	395,67	412	447,67	444	445,83

Просечна вредност запремине хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С (398,89ml) а највећа код сорте Победа (423,89ml). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (410,56ml) а највећа код сорте Победа (456,11ml), таб. 26. Најмању просечну вредност запремине хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С (411,11ml), а највећу сорта Победа (440ml) таб. 26.

Просечне вредности запремине хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Чачак и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Нови Сад биле мање. Просечна вредност запремине хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (359,67ml), а највећа у локалитету Сомбор (447,67ml), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (395,67ml) а највећа у локалитету Сомбор (444ml) таб. 26.

Најмања просечна вредност особине запремине хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (398ml), а највећа на локалитету Сомбор (445,83ml) таб. 26.

Анализа варијансе је показала да запремина хлеба не зависи од фактора сорта и година, (таб. 27.).

Табела 27. Анализа варијансе за средње вредности особине запремина хлеба

Извори варијације	df	F test	LSD	LSD	F test
			0,05	0,01	
Сорта (А)	4	878,704	0,388	57,301	78,194
Година (В)	1	1355,648	0,599	36,265	49,448
Сорта x година (АВ)	4	535,278	0,236	81,049	110,556
Грешка	20	2265	-	-	-

6.14. Светлина коре хлеба

Светлина коре хлеба је варијала од најмање вредности (52,28) код сорте Победа у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години до највеће (68,59) код сорте Симонида у локалитету Чачак, у другој експерименталној години (таб. 28.).

Табела 28. Светлина коре хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Светлина, L (кора)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	58,90	62,58	54,79	58,76	60,35	68,59	56,61	61,85	60,30
НС 40С	62,80	61,82	60,68	61,77	53,65	58,78	56,62	56,35	59,06
Рапсодија	62,86	61,12	58,85	60,94	54,92	63,69	62,77	60,46	60,70
Победа	52,28	57,16	55,47	54,97	56,32	63,39	57,60	59,10	57,04
Звездана	59,28	53,61	52,74	55,21	58,34	55,49	53,44	55,76	55,48
Просек	59,22	59,26	56,51	58,33	56,72	61,99	57,41	58,70	58,52
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	58,90	60,35	59,62	62,58	68,59	65,59	54,79	56,61	55,70
НС 40С	62,80	53,65	58,22	61,82	58,78	60,30	60,68	56,62	58,65
Рапсодија	62,86	54,92	58,89	61,12	63,69	62,40	58,85	62,77	60,81
Победа	52,28	56,32	54,30	57,16	63,39	60,27	55,47	57,60	56,54
Звездана	59,28	58,34	58,81	53,61	55,49	54,55	52,74	53,44	53,09
Просек	59,22	56,72	57,97	59,26	61,99	60,62	56,51	57,41	56,96

Просечна вредност светлине коре хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (54,97) а највећа код сорте НС 40С (61,77). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Звездана (55,76) а највећа код сорте Симонида (61,85), таб. 28. Најмању просечну вредност

светлине коре хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта Звездана (55,48), а највећу сорта Рапсодија (60,70) таб. 28.

Просечне вредности светлине коре хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у локалитету Нови Сад биле су веће него у другој години, док су у локалитетима Чачак и Сомбор биле мање. Просечна вредност светлине коре хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Сомбор (56,51), а највећа у локалитету Чачак (59,26), док је у другој години најмања била у локалитету Нови Сад (56,72) а највећа у локалитету Чачак (61,99) таб. 28.

Најмања просечна вредност светлине коре хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (56,96), а највећа на локалитету Чачак (60,62) таб. 28.

Анализа варијансе је показала да светлина коре хлеба не зависи од фактора сорта и година, (таб. 29.).

Табела 29. Анализа варијансе за средње вредности особине светлина коре хлеба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	29,465	2,323	4,288	5,851
Година (В)	1	1,048	0,083	2,714	3,700
Сорта x година (АВ)	4	20,928	1,650	6,065	8,273
Грешка	20	12,682	-	-	-

6.15. Удео црвеног пигмента коре хлеба

Удео црвеног пигмента коре хлеба је варирао од најмање вредности (7,08) код сорте Симонида у локалитету Чачак у првој експерименталној години до највеће (14,40) код сорте Победа у локалитету Нови Сад, у истој експерименталној години (таб. 30.).

Табела 30. Удео црвеног пигмента код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Удео црвеног пигмента (кора)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	11,87	7,08	11,68	10,21	7,70	7,40	11,63	8,91	9,56
НС 40С	10,13	8,17	9,90	9,40	12,38	11,13	10,20	11,24	10,32
Рапсодија	9,67	8,35	9,93	9,32	11,69	7,54	7,09	8,77	9,04
Победа	14,40	12,15	11,63	12,72	10,60	7,73	11,10	9,81	11,27
Звездана	10,88	11,82	11,65	11,45	11,33	10,64	10,65	10,87	11,16
Просек	11,39	9,52	10,96	10,62	10,74	8,89	10,13	9,92	10,27
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	11,87	7,70	9,78	7,08	7,40	7,24	11,68	11,63	11,65
НС 40С	10,13	12,38	11,26	8,17	11,13	9,65	9,90	10,20	10,05
Рапсодија	9,67	11,69	10,68	8,35	7,54	7,94	9,93	7,09	8,51
Победа	14,40	10,60	12,50	12,15	7,73	9,94	11,63	11,10	11,36
Звездана	10,88	11,33	11,10	11,82	10,64	11,23	11,65	10,65	11,15
Просек	11,39	10,74	11,06	9,52	8,89	9,20	10,96	10,13	10,55

Просечна вредност удела црвеног пигмента коре хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте Рапсодија (9,32) а највећа код сорте Победа (12,72). У другој години изучавања просечна вредност особине такође је била најмања код сорте Рапсодија (8,77) а највећа код сорте НС 40С (11,24), таб. 30.

Најмању просечну вредност удела црвеног пигмента коре хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта Рапсодија (9,04), а највећу сорта Победа (11,27), таб. 30.

Просечне вредности удела црвеног пигмента коре хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у сва три локалитета биле су веће него у другој години. Просечна вредност удела црвеног пигмента коре хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (9,52), а највећа у локалитету Нови Сад (11,39), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (8,89) а највећа у локалитету Нови Сад (10,74) таб. 30.

Најмања просечна вредност удела црвеног пигмента коре хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (9,20), а највећа на локалитету Нови Сад (11,06) таб. 30.

Анализа варијансе је показала да вредност удела црвеног пигмента коре хлеба не зависи од фактора сорта и година, (таб. 31.).

Табела 31. Анализа варијансе за средње вредности особине удео црвеног пигмента коре хлеба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	5,695	2,014	2,024	2,763
Година (В)	1	3,684	1,303	1,281	1,747
Сорта x година (АВ)	4	4,400	1,556	2,864	3,906
Грешка	20	2,827	-	-	-

6.16. Удео жутог пигмента коре хлеба

Удео жутог пигмента коре хлеба је варирао од најмање вредности (25,81) код сорте Звездана у локалитету Сомбор у другој експерименталној години до највеће (35,31) код сорте Симонида у локалитету Чачак, у истој експерименталној години (таб. 32.).

Табела 32. Удео жутог пигмента код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Удео жутог пигмента (кора)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	35,05	32,72	29,82	32,53	29,63	35,31	32,34	32,43	32,48
НС 40С	34,68	33,23	32,77	33,56	29,12	34,03	28,78	30,64	32,10
Рапсодија	34,80	32,81	31,74	33,12	31,66	33,53	31,62	32,27	32,69
Победа	31,37	33,03	31,06	31,82	31,08	31,95	32,63	31,88	31,85
Звездана	33,27	30,73	29,03	31,01	31,38	28,07	25,81	28,42	29,71
Просек	33,83	32,50	30,88	32,41	30,57	32,58	30,24	31,13	31,77
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	35,05	29,63	32,34	32,72	35,31	34,02	29,82	32,34	31,08
НС 40С	34,68	29,12	31,90	33,23	34,03	33,63	32,77	28,78	30,78
Рапсодија	34,80	31,66	33,23	32,81	33,53	33,17	31,74	31,62	31,68
Победа	31,37	31,08	31,22	33,03	31,95	32,49	31,06	32,63	31,84
Звездана	33,27	31,38	32,33	30,73	28,07	29,40	29,03	25,81	27,42
Просек	33,83	30,57	32,20	32,50	32,58	32,54	30,88	30,24	30,56

Просечна вредност удела жутог пигмента коре хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте Звездана (31,01) а највећа код сорте Победа (33,56). У другој години изучавања просечна вредност особине такође је била најмања код сорте Звездана (28,42) а највећа код сорте Симонида (32,43), таб. 32.

Најмању просечну вредност удела жутог пигмента коре хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта Звездана (29,71), а највећу сорта Рапсодија (32,69) таб. 32.

Просечне вредности удела жутог пигмента коре хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Нови Сад и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Чачак биле мање. Просечна вредност удела жутог пигмента коре хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Сомбор (30,88), а највећа у локалитету Нови Сад (33,83), док је у другој години најмања била у локалитету Сомбор (30,24) а највећа у локалитету Чачак (32,58) таб. 32.

Најмања просечна вредност удела жутог пигмента коре хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (30,56), а највећа на локалитету Чачак (32,54) таб. 32.

Анализа варијансе је показала да вредност удела жутог пигмента коре хлеба не зависи од фактора сорта и година, (таб. 33.).

Табела 33. Анализа варијансе за средње вредности особине удео жутог пигмента коре хлеба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	8,547	2,022	2,476	3,378
Година (В)	1	12,265	2,901	1,567	2,136
Сорта x година (АВ)	4	2,919	0,690	3,502	4,777
Грешка	20	4,228	-	-	-

6.17. Тврдоћа средине хлеба

Тврдоћа средине хлеба је варијала од најмање вредности (1510,30) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години до највеће (10472,18) код исте сорте у локалитету Нови Сад, у истој експерименталној години (таб. 34.).

Табела 34. Тврдоћа средине хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Тврдоћа средине хлеба								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО		НС	ЧА	СО		
Симонида	5499,92	1678,39	2156,50	3111,60	1903,38	10114,44	2593,60	4870,47	3991,04
НС 40С	9321,13	4700,45	2475,85	5499,15	4833,76	4894,77	3866,88	4531,80	5015,47
Рапсодија	10472,18	1875,51	1510,30	4619,33	3393,28	3892,44	2696,89	3327,54	3973,43
Победа	2686,82	1777,72	2511,84	2325,46	1990,80	3542,81	1580,73	2371,44	2348,45
Звездана	4267,73	2623,87	4823,08	3904,89	2606,51	2493,88	2287,88	2462,76	3183,82
Просек	6449,56	2531,19	2695,51	3892,09	2945,55	4987,67	2605,19	3512,80	3702,44
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	5499,92	1903,38	3701,65	1678,39	10114,44	5896,41	2156,50	2593,60	2375,05
НС 40С	9321,13	4833,76	7077,45	4700,45	4894,77	4797,61	2475,85	3866,88	3171,36
Рапсодија	10472,18	3393,28	6932,73	1875,51	3892,44	2883,97	1510,30	2696,89	2103,59
Победа	2686,82	1990,80	2338,81	1777,72	3542,81	2660,26	2511,84	1580,73	2046,28
Звездана	4267,73	2606,51	3437,12	2623,87	2493,88	2558,87	4823,08	2287,88	3555,48
Просек	6449,56	2945,55	4697,55	2531,19	4987,67	3759,43	2695,51	2605,19	2650,35

Просечна вредност тврдоће средине хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (2325,46) а највећа код сорте НС 40С (5499,15). У другој години изучавања просечна вредност особине такође је била најмања код сорте Победа (2371,44) а највећа код сорте Симонида (4870,47), таб. 34. Најмању просечну

вредност тврдоће средине хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта Победа (2348,45), а највећу сорта НС 40С (5015,47) таб. 34.

Просечне вредности тврдоће средине хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су веће него у другој години. Просечна вредност тврдоће средине хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (2531,19), а највећа у локалитету Нови Сад (6449,56), док је у другој години најмања била у локалитету Сомбор (2605,19) а највећа у локалитету Чачак (4987,67) таб. 34.

Најмања просечна вредност тврдоће средине хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (2650,35), а највећа на локалитету Нови Сад (4697,55) таб. 34.

Анализа варијансе је показала да тврдоћа средине хлеба не зависи од фактора сорта и година, (таб. 35.).

Табела 35. Анализа варијансе за средње вредности особине тврдоћа средине хлеба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	5974542,06	0,90	3100,80	4231,41
Година (В)	1	1078918,14	0,16	1962,47	2675,86
Сорта x година (АВ)	4	2647762,33	0,40	4385,94	5982,69
Грешка	20	6632777,11	-	-	-

6.18. Еластичност средине хлеба

Еластичност средине хлеба је варијала од најмање вредности (0,824) код сорте НС 40С у локалитету Чачак у првој експерименталној години до највеће (1,013) код сорте Симонида у локалитету Нови Сад, у другој експерименталној години (таб. 36.).

Табела 36. Еластичност средине хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Еластичност средине хлеба								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	0,946	0,930	0,933	0,936	1,013	0,927	0,984	0,975	0,955
НС 40С	0,939	0,824	1	0,921	0,961	0,967	0,998	0,975	0,948
Рапсодија	0,970	0,956	0,891	0,939	1,004	0,963	1,005	0,991	0,965
Победа	0,962	0,944	0,983	0,963	0,998	0,953	0,984	0,978	0,971
Звездана	0,946	0,937	0,990	0,958	0,994	0,977	1,009	0,993	0,976
Просек	0,953	0,918	0,959	0,943	0,994	0,958	0,996	0,982	0,963
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	0,946	1,013	0,980	0,930	0,927	0,928	0,933	0,984	0,958
НС 40С	0,939	0,961	0,950	0,824	0,967	0,896	1	0,998	0,999
Рапсодија	0,970	1,004	0,987	0,956	0,963	0,959	0,891	1,005	0,948
Победа	0,962	0,998	0,980	0,944	0,953	0,949	0,983	0,984	0,983
Звездана	0,946	0,994	0,970	0,937	0,977	0,957	0,990	1,009	1
Просек	0,953	0,994	0,973	0,918	0,958	0,938	0,959	0,996	0,978

Просечна вредност еластичности средине хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте НС 40С (0,921) а највећа код сорте Победа (0,963). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорти Симонида и НС 40С (0,975), а највећа код сорте Звездана (0,993), таб. 36. Најмању

просечну вредност еластичности средине хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С (0,948), а највећу сорта Звездана (0,976) таб. 36.

Просечне вредности еластичности средине хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су мање него у другој години. Просечна вредност еластичности средине хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (0,918), а највећа у локалитету Сомбор (0,959), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (0,958) а највећа у локалитету Сомбор (0,996) таб. 36.

Најмања просечна вредност еластичности средине хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (0,938), а највећа на локалитету Сомбор (0,978) таб. 36.

Анализа варијансе је показала да вредност еластичности средине хлеба зависи од фактора година, (таб. 37.).

Табела 37. Анализа варијансе за средње вредности особине еластичност средине хлеба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	0,001	0,511	0,046	0,063
Година (В)	1	0,011	7,844*	0,029	0,040
Сорта x година (АВ)	4	0	0,241	0,065	0,089
Грешка	20	0,001	-	-	-

6.19. Отпор средине хлеба

Отпор средине хлеба је варирао од најмање вредности (0,273) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (0,404) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор, у првој експерименталној години (таб. 38.).

Табела 38. Отпор средине хлеба код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Отпор средине хлеба								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	0,306	0,345	0,316	0,322	0,369	0,273	0,342	0,328	0,325
НС 40С	0,308	0,283	0,383	0,324	0,282	0,292	0,366	0,313	0,319
Рапсодија	0,336	0,376	0,404	0,372	0,394	0,376	0,358	0,376	0,374
Победа	0,387	0,351	0,354	0,364	0,375	0,354	0,354	0,361	0,362
Звездана	0,342	0,341	0,353	0,345	0,391	0,378	0,362	0,377	0,361
Просек	0,336	0,339	0,362	0,346	0,362	0,334	0,356	0,351	0,348
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	0,306	0,369	0,337	0,345	0,273	0,309	0,316	0,342	0,329
НС 40С	0,308	0,282	0,295	0,283	0,292	0,287	0,383	0,366	0,374
Рапсодија	0,336	0,394	0,365	0,376	0,376	0,376	0,404	0,358	0,381
Победа	0,387	0,375	0,381	0,351	0,354	0,352	0,354	0,354	0,354
Звездана	0,342	0,391	0,367	0,341	0,378	0,359	0,353	0,362	0,358
Просек	0,336	0,362	0,349	0,339	0,334	0,337	0,362	0,356	0,359

Просечна вредност отпора средине хлеба у првој години изучавања била је најмања код сорте Симонида (0,322) а највећа код сорте Рапсодија (0,372). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте НС 40С (0,313), а највећа код сорте Звездана (0,377), таб. 38. Најмању просечну вредност

отпора средине хлеба, за обе године и све локалитете имала је сорта НС 40С (0,319), а највећу сорта Рапсодија (0,374) таб. 38.

Просечне вредности отпора средине хлеба сорти гајених у првој експерименталној години у локалитету Нови Сад биле су мање него у другој години, док су у локалитетима Чачак и Сомбор биле веће. Просечна вредност отпора средине хлеба за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Нови Сад (0,336), а највећа у локалитету Сомбор (0,362), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (0,334) а највећа у локалитету Нови Сад (0,362) таб. 38.

Најмања просечна вредност отпора средине хлеба, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (0,337), а највећа на локалитету Сомбор (0,359) таб. 38.

Анализа варијансе је показала да вредност отпора средине хлеба зависи од фактора сорта, (таб. 39.).

Табела 39. Анализа варијансе за средње вредности особине отпор средине хлеба

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	0,004	3,661**	0,04	0,05
Година (В)	1	0	0,215	0,02	0,03
Сорта x година (АВ)	4	0	0,387	0,05	0,07
Грешка	20	0,001	-	-	-

6.20. Структура глутена

6.20.1. Садржај глијадина

Садржај глијадина је варирао од најмање вредности (38,92%) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години до највеће (74,46%) код сорте Звездана у локалитету Чачак, у другој експерименталној години (таб. 40.).

Табела 40. Садржај глијадина (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Садржај глијадина (%)								Укупан просек све године и локалитети
	2012			Просек	2013			Просек	
	Локалитет				Локалитет				
Сорта	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	63,86	69,73	53,55	62,38	48,31	60,83	40,11	49,75	56,07
НС 40С	57,73	56,64	57,98	57,45	51,41	66,53	42,98	53,64	55,55
Рапсодија	50,10	65,65	38,92	51,56	52,40	63,88	47,54	54,61	53,08
Победа	66,74	60,01	66,41	64,39	59,49	71,04	47,03	59,19	61,79
Звездана	55,64	58,82	62,21	58,89	51,38	74,46	47,99	57,94	58,42
Просек	58,81	62,17	55,81	58,93	52,60	67,35	45,13	55,03	56,98
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	63,86	48,31	56,09	69,73	60,83	65,28	53,55	40,11	46,83
НС 40С	57,73	51,41	54,57	56,64	66,53	61,59	57,98	42,98	50,48
Рапсодија	50,10	52,40	51,25	65,65	63,88	64,77	38,92	47,54	43,23
Победа	66,74	59,49	63,12	60,01	71,04	65,53	66,41	47,03	56,72
Звездана	55,64	51,38	53,51	58,82	74,46	66,64	62,21	47,99	55,10
Просек	58,81	52,60	55,71	62,17	67,35	64,76	55,81	45,13	50,47

Просечна вредност садржаја глијадина у првој години изучавања била је најмања код сорте Рапсодија (51,56%) а највећа код сорте Победа (64,39%). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (49,75%), а највећа код сорте Победа (59,19%), таб. 40. Најмању просечну вредност садржаја глијадина, за обе године и све локалитете имала је сорта Рапсодија (53,08%), а највећу сорта Победа (61,79%) таб. 40.

Просечне вредности садржаја глијадина сорти гајених у првој експерименталној години у локалитетима Нови Сад и Сомбор биле су веће него у другој години, док су у локалитету Чачак биле мање. Просечна вредност садржаја глијадина за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Сомбор (55,81%), а највећа у локалитету Чачак (62,17%), док је у другој години такође најмања била у локалитету Сомбор (45,13%) а највећа у локалитету Чачак (67,35%) таб. 40.

Најмања просечна вредност садржаја глијадина, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (50,47%), а највећа на локалитету Чачак (64,76%) таб. 40.

Анализа варијансе је показала да садржај глијадина не зависи од фактора година, сорта нити од њихове интеракције (таб. 41.).

Табела 41. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај глијадина

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	64,89	0,69	11,72	15,98
Година (В)	1	114,5	1,21	7,41	10,11
Сорта x година (АВ)	4	50,6	0,54	16,57	22,60
Грешка	20	94,63	-	-	-

6.20.2. Садржај глутенина

Садржај глутенина је варирао од најмање вредности (34,51%) код сорте Победа у локалитету Сомбор у првој експерименталној години до највеће (50,31%) код сорте Звездана у локалитету Чачак, у другој експерименталној години (таб. 42.).

Табела 42. Садржај глутенина (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Садржај глутенина (%)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012			Просек	2013			Просек	
Сорта	Локалитет				Локалитет				
	НС	ЧА	СО	НС	ЧА	СО			
Симонида	38,97	39,20	35,26	37,81	43,52	47,52	41,78	44,27	41,04
НС 40С	42,73	44,46	40,04	42,41	45,49	50,29	44,91	46,90	44,65
Рапсодија	38,62	42,98	35,79	39,13	44,41	49,44	43,70	45,85	42,49
Победа	39,16	39,90	34,51	37,86	45,20	47,17	41,04	44,47	41,16
Звездана	39,72	45,92	40,37	42	39,83	50,31	42,85	44,33	43,17
Просек	39,84	42,49	37,19	39,84	43,69	48,95	42,86	45,16	42,50
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	38,97	43,52	41,24	39,20	47,52	43,36	35,26	41,78	38,52
НС 40С	42,73	45,49	44,11	44,46	50,29	47,38	40,04	44,91	42,48
Рапсодија	38,62	44,41	41,52	42,98	49,44	46,21	35,79	43,70	39,75
Победа	39,16	45,20	42,18	39,90	47,17	43,54	34,51	41,04	37,78
Звездана	39,72	39,83	39,78	45,92	50,31	48,12	40,37	42,85	41,61
Просек	39,84	43,69	41,77	42,49	48,95	45,72	37,19	42,86	40,03

Просечна вредност садржаја глутенина у првој години изучавања била је најмања код сорте Симонида (37,81%) а највећа код сорте НС 40С (42,41%). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (44,27%), а највећа код сорте НС 40С (46,90%), таб. 42. Најмању просечну вредност

садржаја глутенина, за обе године и све локалитете имала је сорта Симонида (41,04%), а највећу сорта НС 40С (44,65%) таб. 42.

Просечне вредности садржаја глутенина сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су мање него у другој. Просечна вредност садржаја глутенина за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Сомбор (37,19%), а највећа у локалитету Чачак (42,49%), док је у другој години најмања била у локалитету Сомбор (42,86%) а највећа у локалитету Чачак (48,95%) таб. 42.

Најмања просечна вредност садржаја глутенина, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (40,03%), а највећа на локалитету Чачак (45,72%) таб. 42.

Анализа варијансе је показала да садржај глутенина зависи од фактора година, (таб. 43.).

Табела 43. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај глутенина

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	13,49	1.24	3,98	5,43
Година (В)	1	212,43	19,46**	2,52	3,43
Сорта x година (АВ)	4	5,47	0,5	5,63	7,68
Грешка	20	10,92	-	-	-

6.20.3. Садржај НМW-GS

Садржај НМW-GS је варирао од најмање вредности (8,17%) код сорте Победа у локалитету Сомбор у првој експерименталној години до највеће (14,02%) код сорте Симонида у локалитету Нови Сад, у другој експерименталној години (таб. 44.).

Табела 44. Садржај НМW-GS (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Садржај НМW-GS (%)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012				2013				
Сорта	Локалитет			Просек	Локалитет			Просек	
	НС	ЧА	СО		НС	ЧА	СО		
Симонида	11,67	9,72	9,27	10,22	14,02	11,90	11,10	12,34	11,28
НС 40С	12,22	10,86	10,25	11,11	11,76	10,82	10,27	10,95	11,03
Рапсодија	13,28	12,42	10,79	12,16	11,08	10,14	9,59	10,27	11,22
Победа	10,88	8,81	8,17	9,29	11,30	8,77	8,25	9,44	9,36
Звездана	11,68	9,73	9,28	10,23	12,55	11,60	11,06	11,74	10,98
Просек	11,95	10,31	9,55	10,60	12,14	10,65	10,05	10,95	10,77
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	11,67	14,02	12,85	9,72	11,90	10,81	9,27	11,10	10,19
НС 40С	12,22	11,76	11,99	10,86	10,82	10,84	10,25	10,27	10,26
Рапсодија	13,28	11,08	12,18	12,42	10,14	11,28	10,79	9,59	10,19
Победа	10,88	11,30	11,09	8,81	8,77	8,79	8,17	8,25	8,21
Звездана	11,68	12,55	12,12	9,73	11,60	10,67	9,28	11,06	10,17
Просек	11,95	12,14	12,05	10,31	10,65	10,48	9,55	10,05	9,8

Просечна вредност садржаја НМW-GS у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (9,29%) а највећа код сорте Рапсодија (12,16%). У другој години изучавања просечна вредност особине такође је била најмања код сорте Победа (9,44%), а највећа код сорте Симонида (12,34%), таб. 44. Најмању просечну

вредност садржаја HMW-GS, за обе године и све локалитете имала је сорта Победа (9,36%), а највећу сорта Симонида (11,28%) таб. 44.

Просечне вредности садржаја HMW-GS сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су мање него у другој години. Просечна вредност садржаја HMW-GS за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Сомбор (9,55%), а највећа у локалитету Нови Сад (11,95%), док је у другој години најмања била у локалитету Сомбор (10,05%) а највећа у локалитету Нови Сад (12,14%) таб. 44.

Најмања просечна вредност садржаја HMW-GS, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (9,80%), а највећа на локалитету Нови Сад (12,05%) таб. 44.

Анализа варијансе је показала да садржај HMW-GS не зависи од фактора година, сорта нити од њихове интеракције (таб. 45.).

Табела 45. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај HMW-GS

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	3,83	2,64	1,45	1,98
Година (В)	1	0,89	0,62	0,92	1,25
Сорта x година (АВ)	4	3,68	2,53	0,97	2,80
Грешка	20	1,45	-	-	-

6.20.4. Садржај LMW-GS

Садржај LMW-GS је варирао од најмање вредности (25%) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години до највеће (39,47%) код сорте НС 40С у локалитету Чачак, у другој експерименталној години (таб. 46.).

Табела 46. Садржај LMW-GS (%) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Садржај LMW-GS (%)								Укупан просек све године и локалитети
Година	2012				Просек	2013			
Сорта	Локалитет			Просек		Локалитет			
	НС	ЧА	СО		НС	ЧА	СО	Просек	
Симонида	27,30	29,48	25,99	27,59	29,50	35,62	30,68	31,93	29,76
НС 40С	30,51	33,60	29,79	31,30	33,73	39,47	34,64	35,95	33,62
Рапсодија	25,34	30,56	25	26,97	33,33	39,30	34,11	35,58	31,27
Победа	28,28	31,09	26,34	28,57	33,90	38,40	32,79	35,03	31,80
Звездана	28,04	36,19	31,09	31,77	27,28	38,70	31,79	32,59	32,18
Просек	27,89	32,18	27,64	29,24	31,55	38,30	32,80	34,22	31,73
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	27,30	29,50	28,40	29,48	35,62	32,55	25,99	30,68	28,34
НС 40С	30,51	33,73	32,12	33,60	39,47	36,54	29,79	34,64	32,22
Рапсодија	25,34	33,33	29,34	30,56	39,30	34,93	25	34,11	29,56
Победа	28,28	33,90	31,09	31,09	38,40	34,75	26,34	32,79	29,57
Звездана	28,04	27,28	27,66	36,19	38,70	37,45	31,09	31,79	31,44
Просек	27,89	31,55	29,72	32,18	38,30	35,24	27,64	32,80	30,22

Просечна вредност садржаја LMW-GS у првој години изучавања била је најмања код сорте Рапсодија (26,97%) а највећа код сорте Звездана (31,77%). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (31,93%), а највећа код сорте НС 40С (35,95%), таб. 46. Најмању просечну

вредност садржаја LMW-GS, за обе године и све локалитете имала је сорта Симонида (29,76%), а највећу сорта HC 40C (33,62%) таб. 46.

Просечне вредности садржаја LMW-GS сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су мање него у другој години. Просечна вредност садржаја LMW-GS за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Сомбор (27,64%), а највећа у локалитету Чачак (32,18%), док је у другој години најмања била у локалитету Нови Сад (31,55%) а највећа у локалитету Чачак (38,30%) таб. 46.

Најмања просечна вредност садржаја LMW-GS, за обе године и све сорте била је на локалитету Нови Сад (29,72%), а највећа на локалитету Чачак (35,24%) таб. 46.

Анализа варијансе је показала да постоји значајан утицај фактора година на садржај LMW-GS (таб. 47.).

Табела 47. Анализа варијансе за средње вредности особине садржај LMW-GS

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (A)	4	11,82	1,05	4,03	5,50
Година (B)	1	185,7	16,57**	2,55	3,48
Сорта x година (AB)	4	12,47	1,11	5,70	7,78
Грешка	20	11,21	-	-	-

6.20.5. Однос садржаја глијадина и глутенина (*Gli/Glu*)

Gli/Glu однос је варирао од најмање вредности (0,96) код сорти Симонида и НС 40С у локалитету Сомбор у другој експерименталној години до највеће (1,92) код сорте Победа у локалитету Сомбор, у првој експерименталној години (таб. 48.).

Табела 48. Однос садржаја глијадина и глутенина (*Gli/Glu*) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Однос садржаја глијадина и глутенина (<i>Gli/Glu</i>)								Укупан просек све године и локалитети
	2012				2013				
	Локалитет			Просек	Локалитет			Просек	
НС	ЧА	СО	НС		ЧА	СО			
Симонида	1,64	1,78	1,52	1,65	1,11	1,28	0,96	1,12	1,38
НС 40С	1,35	1,27	1,45	1,36	1,13	1,32	0,96	1,14	1,25
Рапсодија	1,30	1,53	1,09	1,31	1,18	1,29	1,09	1,19	1,25
Победа	1,70	1,50	1,92	1,71	1,32	1,51	1,15	1,33	1,52
Звездана	1,40	1,28	1,54	1,41	1,29	1,48	1,12	1,30	1,35
Просек	1,48	1,47	1,50	1,48	1,21	1,38	1,06	1,21	1,35
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	1,64	1,11	1,38	1,78	1,28	1,53	1,52	0,96	1,24
НС 40С	1,35	1,13	1,24	1,27	1,32	1,30	1,45	0,96	1,21
Рапсодија	1,30	1,18	1,24	1,53	1,29	1,41	1,09	1,09	1,09
Победа	1,70	1,32	1,51	1,50	1,51	1,51	1,92	1,15	1,53
Звездана	1,40	1,29	1,35	1,28	1,48	1,38	1,54	1,12	1,33
Просек	1,48	1,21	1,35	1,47	1,38	1,43	1,50	1,06	1,28

Просечна вредност *Gli/Glu* односа у првој години изучавања била је најмања код сорте Рапсодија (1,31) а највећа код сорте Победа (1,71). У другој години изучавања просечна вредност особине је била најмања код сорте Симонида (1,12), а највећа код сорте Победа (1,33), таб. 48. Најмању просечну вредност *Gli/Glu* односа,

за обе године и све локалитете имале су сорта НС 40С и Рапсодија (1,25), а највећу сорта Победа (1,52) таб. 48.

Просечне вредности *Gli/Glu* односа сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су веће него у другој години. Просечна вредност *Gli/Glu* односа за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (1,47), а највећа у локалитету Сомбор (1,50), док је у другој години најмања била у локалитету Сомбор (1,06) а највећа у локалитету Чачак (1,38) таб. 48.

Најмања просечна вредност садржаја *Gli/Glu* односа, за обе године и све сорте била је на локалитету Сомбор (1,28), а највећа на локалитету Чачак (1,43) таб. 48.

Анализа варијансе је показала да постоји значајан утицај фактора година на садржај LMW-GS (таб. 49.).

Табела 49. Анализа варијансе за пропорцију просечног садржаја глијадина и глутенина (*Gli/Glu*)

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	0,08	2,81	0,21	0,28
Година (В)	1	0,56	20,74**	0,13	0,18
Сорта x година (АВ)	4	0,05	1,83	0,30	0,40
Грешка	20	0,03	-	-	-

6.20.6. Пропорција глутенина (*HMW/LMW*)

Пропорција глутенина је варирала од најмање вредности (0,23) код сорте Победа у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (0,52) код сорте Рапсодија у локалитету Нови Сад, у првој експерименталној години (таб. 50.).

Табела 50. Пропорција глутенина (*HMW/LMW*) код сорти гајених у различитим локалитетима и годинама

Особина	Пропорција глутенина (<i>HMW/LMW</i>)								Укупан просек све године и локалитети
	2012				2013				
	Локалитет			Просек	Локалитет			Просек	
НС	ЧА	СО	НС		ЧА	СО			
Симонида	0,43	0,33	0,36	0,37	0,48	0,33	0,36	0,39	0,38
НС 40С	0,40	0,32	0,34	0,35	0,35	0,27	0,30	0,31	0,33
Рапсодија	0,52	0,41	0,43	0,45	0,33	0,26	0,28	0,29	0,37
Победа	0,38	0,28	0,31	0,32	0,33	0,23	0,25	0,27	0,30
Звездана	0,42	0,27	0,30	0,33	0,46	0,30	0,35	0,37	0,35
Просек	0,43	0,32	0,35	0,37	0,39	0,28	0,31	0,33	0,35
Локалитет	Нови Сад			Чачак			Сомбор		
Година	2012	2013	просек	2012	2013	просек	2012	2013	просек
Сорта									
Симонида	0,43	0,48	0,46	0,33	0,33	0,33	0,36	0,36	0,36
НС 40С	0,40	0,35	0,38	0,32	0,27	0,30	0,34	0,30	0,32
Рапсодија	0,52	0,33	0,43	0,41	0,26	0,34	0,43	0,28	0,36
Победа	0,38	0,33	0,36	0,28	0,23	0,26	0,31	0,25	0,28
Звездана	0,42	0,46	0,44	0,27	0,30	0,29	0,30	0,35	0,33
Просек	0,43	0,39	0,41	0,32	0,28	0,30	0,35	0,31	0,33

Просечна вредност пропорције глутенина у првој години изучавања била је најмања код сорте Победа (0,32) а највећа код сорте Рапсодија (0,45). У другој години изучавања просечна вредност особине такође је била најмања код сорте Победа (0,27), а највећа код сорте Симонида (0,39), таб. 49. Најмању просечну

вредност пропорције глутенина, за обе године и све локалитете имала је сорта Победа (0,30), а највећу сорта Симонида (0,38) таб. 50.

Просечне вредности пропорције глутенина сорти гајених у првој експерименталној години у свим локалитетима биле су веће него у другој години. Просечна вредност пропорције глутенина за све сорте у првој години била је најмања у локалитету Чачак (0,32), а највећа у локалитету Нови Сад (0,43), док је у другој години најмања била у локалитету Чачак (0,28) а највећа у локалитету Нови Сад (0,39) таб. 50.

Најмања просечна вредност пропорције глутенина, за обе године и све сорте била је на локалитету Чачак (0,30), а највећа на локалитету Нови Сад (0,41) таб. 50.

Анализа варијансе је показала да вредност пропорције глутенина не зависи од фактора година, сорта нити од њихове интеракције (таб. 51.).

Табела 51. Анализа варијансе за средње вредности особине пропорција глутенина (HMW/LMW)

Извори варијације	df	MS	F test	LSD	LSD
				0,05	0,01
Сорта (А)	4	0,01	1,96	0,0076	0,10
Година (В)	1	0,01	3,61	0,0048	0,07
Сорта x година (АВ)	4	0,01	2,65	0,11	0,15
Грешка	20	0,004	-	-	-

6.20.7. Композиција и садржај аминокиселина код сорти пшенице

Квалитативном анализом код пет изучаваних сорти пшенице идентификовано је десет аминокиселина и то: глутаминска киселина, валин, аспарагин, треонин, норвалин, глицин, метионин, оксипролин, изолеуцин и леуцин, таб. 52. Код сорте Рапсодија је идентификован највећи број аминокиселина, девет и то: глутаминска киселина, валин, аспарагин, норвалин, глицин, метионин, оксипролин, изолеуцин и леуцин, док је код сорти НС 40С и Звездана идентификован најмањи број аминокиселина, по пет. Код сорте НС 40С су биле присутне глутаминска киселина, валин, аспарагин, треонин и метионин, а код сорте Звездана су идентификоване глутаминска киселина, валин, норвалин, глицин и оксипролин. Код сорте Победа је идентификовано седам аминокиселина; глутаминска киселина, валин, аспарагин, треонин, норвалин, глицин и оксипролин, а код сорте Симонида шест аминокиселина и то: глутаминска киселина, валин, аспарагин, норвалин, глицин и метионин. Глутаминска киселина и валин биле су присутне код свих сорти, док су изолеуцин и леуцин биле присутне само код сорте Рапсодија, а треонин је нађен код две сорте НС 40С и Победа, таб. 52.

Табела 52. Композиција аминокиселина код сорти пшенице

Аминокиселине	Сорте				
	Симонида	НС 40С	Рапсодија	Победа	Звездана
глутаминска киселина	+	+	+	+	+
валин	+	+	+	+	+
аспарагин	+	+	+	+	
треонин		+		+	
норвалин	+		+	+	+
глицин	+		+	+	+
метионин	+	+	+		
оксипролин			+	+	+
изолеуцин			+		
леуцин			+		

Највећа концентрација $36,8 \text{ mg ml}^{-1}$ забележена је за глутаминску киселину код сорте Победа у првој експерименталној години у локалитету Сомбор а најмања такође код сорте Победа ($7,6 \text{ mg ml}^{-1}$) у локалитету Нови Сад у истој експерименталној години. У првој експерименталној години, у локалитету Сомбор сорта Симонида је имала висок садржај глутаминске киселине ($32,4 \text{ mg ml}^{-1}$), двоструко већи него у локалитетима Нови Сад ($18,6 \text{ mg ml}^{-1}$) и Чачак ($16,2 \text{ mg ml}^{-1}$). Такође, сорта НС 40С је имала већу концентрацију глутаминске киселине у Сомбору ($23,1 \text{ mg ml}^{-1}$), у односу на Нови Сад и Чачак. Међутим, сорта Звездана је имала највећи садржај аминокиселине у локалитету Нови Сад ($27,6 \text{ mg ml}^{-1}$) у односу на остала два локалитета а сорта Рапсодија у локалитету Чачак ($23,1 \text{ mg ml}^{-1}$) у првој експерименталној години (табела 53).

У другој експерименталној години су нађене нешто ниже просечне вредности садржаја глутаминске киселине за три локалитета у поређењу са просечним вредностима у првој години експеримента. У другој години локалитет Чачак представља изузетак, у коме су сорте НС 40С ($20,4 \text{ mg ml}^{-1}$), Звездана ($27,7 \text{ mg ml}^{-1}$) и Победа ($34,2 \text{ mg ml}^{-1}$) имале знатно већи садржај глутаминске киселине него у истом локалитету у првој години експеримента. Сорта Симонида је имала већи садржај глутаминске киселине у локалитету Нови Сад ($18,6 \text{ mg ml}^{-1}$) у односу на Сомбор и Чачак, а сорта Рапсодија је имала највећи садржај глутаминске киселине у локалитету Сомбору ($9,5 \text{ mg ml}^{-1}$) у односу на садржај који је имала на локалитетима Нови Сад и Чачак у другој години експеримента (табела 53).

Садржај идентификованих есенцијалних аминокиселина је био знатно нижи код сорти у обе године и на свим локалитетима. Садржај валина је био у распону од 7 mg ml^{-1} код сорте Победа у локалитету Чачак у другој години експеримента до $18,4 \text{ mg ml}^{-1}$ код сорте Симонида у локалитету Нови Сад и сорте Рапсодија у локалитету Чачак у првој години експеримента. Аспарагин је био присутан са највећом концентрацијом код сорте Победа ($11,1 \text{ mg ml}^{-1}$) и незнатно нижој концентрацији код сорте НС 40С ($10,4 \text{ mg ml}^{-1}$) и Рапсодија ($9,3 \text{ mg ml}^{-1}$) у локалитету Сомбор као и код НС 40С ($8,9 \text{ mg ml}^{-1}$) у локалитету Чачак, и код Симониде ($9,3 \text{ mg ml}^{-1}$) у локалитету Чачак у другој години експеримента (таб. 53).

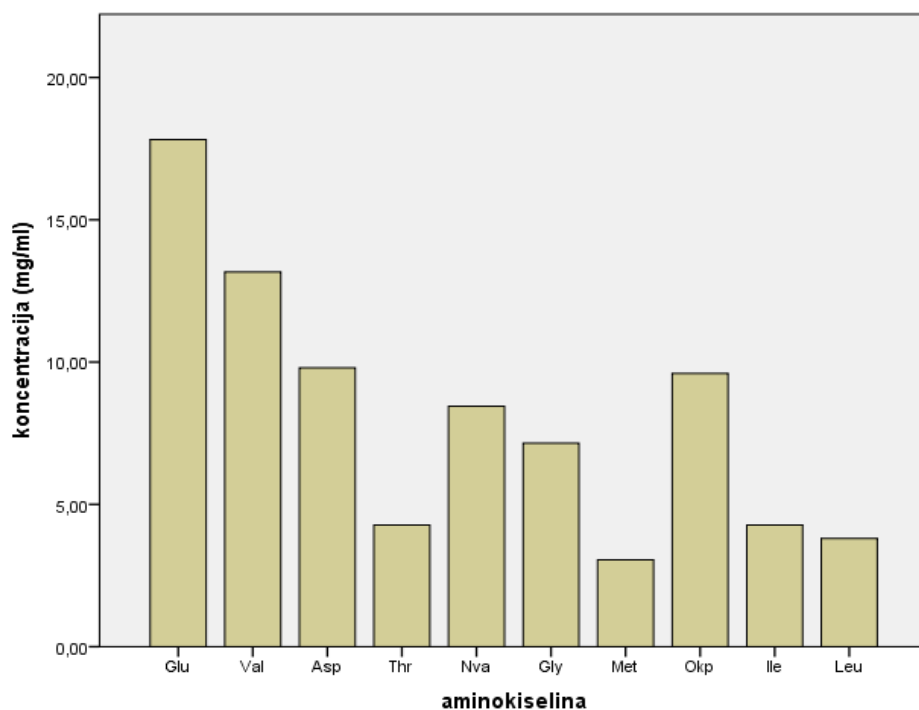
Табела 53. Садржај аминокиселина (mg ml^{-1}) код изучаваних сорти пшенице

Локација и година	Сорта	Аминокиселине									
		glu	val	asp	thr	nva	gly	met	okp	ile	leu
Нови Сад 2012.	НС 40С	18,6	13,85	/	/	/	/	/	/	/	/
	Звездана	27,6	18,1	/	/	/	/	/	/	/	/
	Победа	7,6	/	/	/	7	7,9	/	/	/	/
	Рапсодија	18,6	/	/	/	9,3	7	/	/	/	3,8
	Симонида	18,6	18,4	/	/	/	/	/	/	/	/
Чачак 2012.	НС 40С	9,75	14,3	8,9	/	/	/	3,8	/	/	/
	Звездана	18,6	/	/	/	11,1	/	/	9,3	/	/
	Победа	20,4	/	/	/	7,5	/	/	9,3	/	/
	Рапсодија	23,1	18,4	/	/	/	/	/	10,2	3,8	/
	Симонида	16,2	/	/	/	8,4	8,4	/	/	/	/
Сомбор 2012.	НС 40С	23,1	13,85	10,4	/	/	/	/	/	/	/
	Звездана	9,5	/	/	/	10,6	7	/	/	/	/
	Победа	36,8	11,55	11,1	/	/	/	/	/	/	/
	Рапсодија	16,8	/	9,3	/	9,3	/	2,5	/	/	/
	Симонида	32,4	11,55	/	/	/	/	/	/	/	/
Нови Сад 2013.	НС 40С	/	/	/	4,75	/	/	/	/	/	/
	Звездана	28,6	/	/	/	4,75	/	/	/	/	/
	Победа	/	13,4	/	3,8	/	/	/	/	/	/
	Рапсодија	8,5	11,55	/	/	/	/	/	/	3,8	/
	Симонида	18,6	/	/	/	/	5,6	3,4	/	/	/
Чачак 2013.	НС 40С	20,4	11,55	/	/	/	/	/	/	/	/
	Звездана	27,7	/	/	/	7,9	7	/	/	/	/
	Победа	34,2	7	/	/	/	/	/	/	/	/
	Рапсодија	8,5	9,3	/	/	/	/	/	/	/	/
	Симонида	8,8	/	9,3	/	5,6	/	/	/	/	/
Сомбор 2013.	НС 40С	9,2	11,55	/	/	/	/	2,5	/	/	/
	Звездана	9,2	/	/	/	9,75	/	/	/	/	/
	Победа	9	/	/	/	10,2	/	/	/	/	/
	Рапсодија	9,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Симонида	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/

glu-глутаминска киселина; **val**-валин; **asp**-аспарагинска киселина; **thr**-треонин, **nva**-норвалин; **gly**-глицин; **met**-метионин; **okp**-оксипролин; **ile**-изолеуцин; **leu**-леуцин.

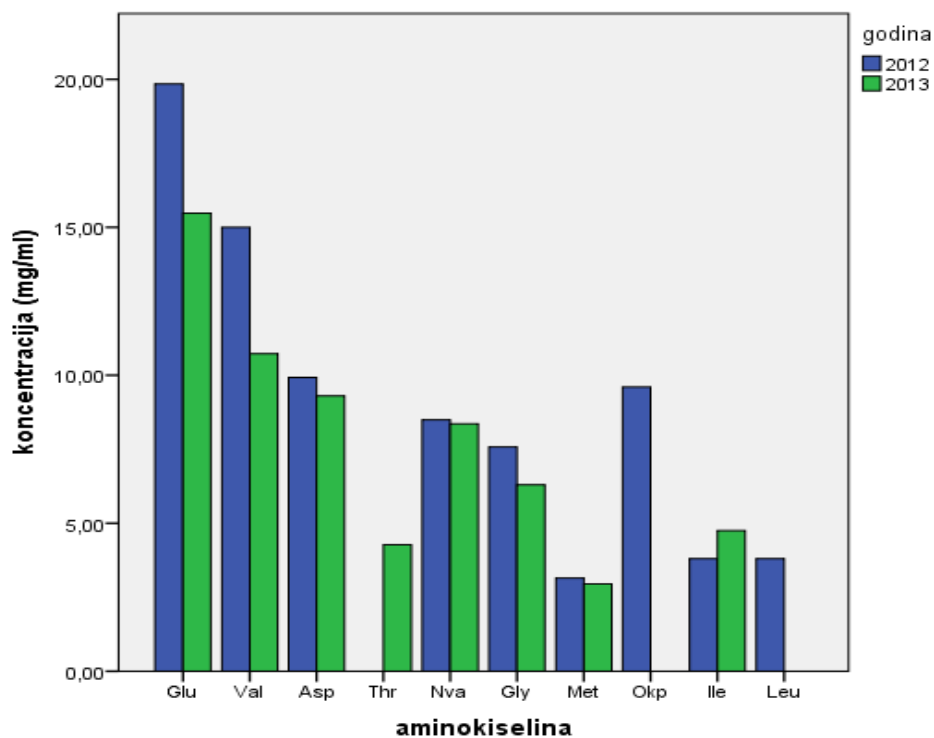
Од есенцијалних аминокиселина најмања концентрација је нађена за метионин $2,5 \text{ mg ml}^{-1}$ код сорте НС 40С у другој експерименталној години у локалитету Сомбор и код сорте Рапсодија ($2,5 \text{ mg ml}^{-1}$) у првој години експеримента у локалитету Сомбор. Метионин је детерминисан код сорте Симонида ($3,4 \text{ mg ml}^{-1}$) у локалитету Нови Сад у другој години експеримента, а највећа концентрација је нађена код сорте НС 40С ($3,8 \text{ mg ml}^{-1}$) у првој години експеримента у локалитету Чачак. Такође, низак садржај изолеуцина је нађен код сорте Рапсодија ($3,8 \text{ mg ml}^{-1}$) у првој години у локалитету Чачак, и у другој години у локалитету Нови Сад, док је треонин био присутан у ниској концентрацији код сорте Победа ($3,8 \text{ mg ml}^{-1}$) и НС 40С ($4,75 \text{ mg ml}^{-1}$) у другој години експеримента у локалитету Нови Сад (таб.53).

Највећи просечан садржај за све сорте, године и локалитете утврђен је за аминокиселине које су уједно и најзаступљеније, глутаминску киселину $17,82 \text{ mg ml}^{-1}$ и валин $13,17 \text{ mg ml}^{-1}$, а најмањи за метионин $3,05 \text{ mg ml}^{-1}$, графикон 1.



Графикон 1: Просечан садржај аминокиселина за све сорте, године и локалитете

Са изузетком изолеуцина, садржај свих аминокиселина био је већи у првој експерименталној години. Треонин није утврђен у првој, а оксипролин и леуцин у другој експерименталној години, графикон 2.



Графикон 2: Просечан садржај аминокиселина у две експерименталне године

7. ДИСКУСИЈА

7.1. Садржај протеина

Вредност параметра садржај протеина је варијала од 7,34% (сорта Симонида, локалитет Чачак, друга експериментална година) до 15,63% (сорта Победа, локалитет Сомбор, друга експериментална година). Сорта Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (14,01%), а сорта Симонида најмању (11,74%). Ипак, разлике просечних вредности између сорти нису биле значајне као ни различите просечне вредности прве (12,72%) и друге (12,82%) експерименталне године (таб.).

Анализом варијансе утврђено је да у нашем истраживању генотип, фактори спољашње средине и њихова интеракција нису имали значајан утицај на вредност садржаја протеина, што је у супротности са резултатима других аутора који указују да највећи утицај на садржај протеина имају фактори спољашње средине, (Horvat и сар. 2012a; Drezner и сар. 2007; Koppel и Ingver 2010; Mikulikova и сар. 2009), као и са резултатима аутора који указују да је утицај генотипа значајнији (Ćurđić и сар. 2009; Denčić и сар. 2011).

Иако је у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години било 15 дана у месецу јуну у којима је температура ваздуха прелазила 30⁰С, а у другој 7 дана, садржај протеина је у првој години био мањи (11,06%) него у другој (13,38%), што је у супротности са наводима Nuttall и сар. (2015), да температуре ваздуха изнад 30⁰С у фенофази наливања зрна смањују акумулацију скроба, док акумулација протеина остаје непромењена што доводи до повећања садржаја протеина у зрну. Marhosa и сар. (2014) су излагали осам сорти и линија пшенице у фенофази наливања зрна три дана по осам часова температури од 37⁰С и само код једне сорте утврђено је повећање вредности садржаја протеина. Тешко је установити на којој температури долази до термалне денатурације ензима скробна синтетаза и последичног смањења интензитета синтезе скроба и повећања садржаја протеина. Такође, није познато ни колико дуго је потребно излагати биљку високој температури да би дошло до термалне денатурације ензима. Jenner (1994), наводи да постоји неколико форми

ензима скробна синтетаза које имају различите температуре термо-инактивације. На високим температурама ензим брзо губи активност али је могућа обнова активности ако се температура снизи. Сортимент коришћен у нашем истраживању или садржи неке од термостабилних форми скробне синтетазе или су ниске ноћне температуре компензовале ефекат високих дневних температура и изазвале делимично обнављање активности ензима. У оба случаја активност скробне синтетазе била би непромењена, синтеза скроба би се нормално одвијала и температуре не би утицале на садржај протеина.

Друга експериментална година имала је током фенофазе наливања зрна знатно већу просечну количину падавина за три локалитета (93,2mm) од прве (23,2mm), таб. 1. Ипак, и овако различите вредности у количини падавина између две експерименталне године нису изазвале значајну разлику између вредности садржаја протеина. Овакав резултат је у складу са резултатима које наводе Tsenov и сар. (2013), који нису утврдили значајну разлику у садржају протеина 72 сорте и 36 линија пшенице гајених у две, по количини падавина, врло различите године.

Утврђен је висок степен корелације између садржаја протеина и садржаја влажног глутена и коефицијент корелације $r = 0,857$. Овакав резултат је сагласан са резултатима које наводе Švec и Hrušková (2009), Cesevičienė и сар. (2009), Denčić и сар. (2011), који су у својим истраживањима утврдили коефицијенте корелације $r = 0,9$; $r = 0,88$ и $r = 0,803$. Овако високи коефицијенти корелације су очекивани обзиром да је глутен део укупног садржаја протеина.

Коефицијент корелације између садржаја протеина и броја падања, $r = 0,488$ показује осредњу зависност између два параметра. Резултат је у сагласности са резултатима које наводе Ross и сар. (2012), који сматрају да осим преджетвеног проклијавања и низак садржај протеина у зрну може бити узрок ниске вредности броја падања и који су утврдили већу вредност коефицијента корелације, $r = 0,65$.

7.2. Хагбергов број падања

Хагбергов број падања је имао различите вредности код изучаваних сорти пшенице у зависности од локалитета и године изучавања. Вредности Хагберговог броја падања варираше су од најмање вредности (252s) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години, до највеће (561s) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години што показује да сорте имају стабилну вредност у групи изнад 250s, без обзира на климатске факторе који су били различити у локалитетима и годинама изучавања. Утврђене вредности Хагберговог броја падања, такође индицирају на присуство ниске амилолитичке активности код изучаваних сорти.

Установљене разлике за вредности Хагберговог броја падања нису биле значајне што је потврђено математичко-статистичком оценом података у анализи варијансе, што указује на стабилност генотипа и адаптивни одговор сорти на променљиве климатске услове.

Резултати показују да је код сорте Победа просечна двогодишња вредност Хагберговог броја падања по локалитетима била стабилнија, односно да је мање варијирала у односу на друге сорте као нпр. Симонида и НС 40С. Међутим, Победа је високу стабилност имала само у локалитету Чачак у две године изучавања, док је вредност Хагберговог броја падања била изразито различита између прве и друге године у локалитетима Нови Сад и Сомбор. Такође, разлика у просечној вредности Хагберговог броја падања између година је нађена код сорте Симонида у локалитету Чачак (442s у 2012. и 252s у 2013.).

Овакви резултати су у супротности са резултатима Denčića и сар. (2011), добијених на основу проучавања 140 сорти током 4 вегетације, по којима сорта има примаран и највећи утицај на број падања. Проучавањем 30 сорти током 11 вегетационих периода Denčić и сар. (2013) потврђују висок утицај сорте на Хагбергов број падања, али уз опаску да се разлика у броју падања између сорти јавља само у годинама са кишним прежетвеним периодом. Наведене су две такве године, 2001. и 2010. са количинама падавина 237,4mm и 171,8mm у јуну месецу.

Толика количина падавина знатно превазилази количине које су у јуну месецу забележене у обе године у три локалитета у нашем истраживању (највећа количина падавина је у нашем истраживању била у локалитету Нови Сад 2013. године и износила је 125,7mm). Просечна количина падавина у три локалитета у прежетвеном периоду (месец јун) је у првој експерименталној години износила 23,2mm (Чачак 17,8mm; Сомбор 24,3mm; Нови Сад 27,5mm), а у другој 93,2mm (Чачак 96,1mm; Сомбор 57,8mm; Нови Сад 125,7mm), таб. 1. Вредност Хагберговог броја падања у години са мање падавина у прежетвеном периоду је према очекивању била већа (просек за 2012. 453s) него у години са више падавина (просек за 2013. 411s), али та разлика није значајна. У локалитету Нови Сад у коме је забележена и највећа разлика у количини падавина у прежетвеном периоду између 2012. и 2013. године (98,2mm је била већа количина падавина у јуну 2013. него у јуну 2012.) вредност Хагберговог броја падања је била нижа у сувљој 2012. години (396s) него у кишовитијој 2013. (435s).

У истраживању Denčića и сар. (2013) забележене су две година са падавинама преко 100mm у јуну месецу (2005. година 135,8mm и 2006. година 104,3 mm) и година 2004. са релативно великом количином падавина од 97,4mm, али у тим годинама, као и у нашем истраживању, није било значајних разлика између сорти што се тиче вредности Хагберговог броја падања. Значајне разлике су, како је већ речено, утврђене само у годинама 2001. и 2010., дакле у годинама са екстремно великим количинама падавина током месеца јуна. Количине падавина у месецу јуну у влажнијој години у нашем истраживању нису допринеле да се испоље значајне разлике вредности Хагберговог броја падања међу сортама у истој години, као што и разлика количина падавина у месецу јуну 2012. и 2013. године није била довољна да изазове разлике просечних вредности Хагберговог броја падања прве и друге године код изучаваних сорти пшенице.

Резултати наведених истраживања указују да вредност Хагберговог броја падања зависи од генотипа, фактора спољашње средине и њихове интеракције. Који ће фактор варијабилитета превладати зависи првенствено од сорти коришћених у испитивању и количине падавина и температуре у прежетвеном периоду. Различита

генетичка експресија отпорности на прежетвено проклијавање, одржавање ниске активности алфа амилазе и високе вредности Хагберговог броја падања, реолошких и пекарских особина поуздано се открива и мери у годинама са влажним прежетвеним периодом (Denčić и сар., 2013).

7.3. Хектолитарска маса

Хектолитарска маса је генетички детерминисано својство, које се испољава у интеракцији сорте са условима спољашње средине (температура, светлост, влага, плодност земљишта, исхрана). Испољене разлике између изучаваних сорти представљају генотипску особину, која је варирала код исте сорте у различитим локалитетима и годинама испитивања. У овим изучавањима је установљена висока зависност хектолитарске масе од фактора године. Просек хектолитарске масе у првој експерименталној години ($82,86\text{kg hl}^{-1}$) се значајно разликује од просека хектолитарске масе у другој експерименталној години ($79,12\text{kg hl}^{-1}$), што је у складу са резултатима Carver-a (1996), да се вредност хектолитарске масе смањује када је кишовито време у периоду жетве јер зрела зрна апсорбују влагу. Примарно апсорбована влага смањује густину зрна, а даље повећање степена апсорбоване влаге доводи до оштећења површине зрна, смањења ефикасности слагања зрна и изразитог смањења вредности хектолитарске масе.

Временски услови у периоду жетве у првој експерименталној години су били идеални, без кише, док је друга експериментална година у периоду жетве била веома кишовита, тако да је жетва обављена са закашњењем од неколико дана. У првој експерименталној години просечна количина падавина у три локалитета, у јуну је износила $23,2\text{mm}$ (Чачак $17,8\text{mm}$; Сомбор $24,3\text{mm}$; Нови Сад $27,5\text{mm}$), а у другој $93,2\text{mm}$ (Чачак $96,1\text{mm}$; Сомбор $57,8\text{mm}$; Нови Сад $125,7\text{mm}$), таб. 1. Овако изражена разлика у количини падавина условила је и велику разлику у садржају влаге у зрну. У првој експерименталној години просечан садржај влаге у зрну износио је $10,84\%$, а у другој $13,23\%$, што је анализом варијансе потврђено као

значајна разлика. Овако велика разлика садржаја влаге у зрну условила је и поменути значајну разлику хектолитарске масе двеју експерименталних година, што је у складу са резултатима Lloyd-а и сар. (1999) да је коефицијент корелације хектолитарске масе и садржаја влаге у зрну врло висок ($r=0,991$) у опсегу садржаја влаге у зрну 9-13%.

У истраживању Кнежевић и сар. (2014) у истим експерименталним годинама као у нашем истраживању, али различитој локацији (Глободер-Крушевац) при испитивању седам других сорти пшенице добијене просечне вредности хектолитарске масе за сорте по годинама нису биле значајно различите, на супрот нашим истраживањима у којима је установљено да је просечна хектолитарска маса пет сорти у првој експерименталној години значајно већа него у другој години. Ове разлике се могу повезати са специфичном реакцијом изучаваних геотипова као и распоредом и количином падавина током вегетације у локалитетима испитивања. За Чачак та разлика износи 78,3mm; за Сомбор 33,5mm; за Нови Сад 98,2mm; за Глободер 15,7mm. Разлика у Глободеру од 15,7mm није била довољна да изазове значајну разлику вредности хектолитарских маса у две експерименталне године, односно, метеоролошки услови у јуну 2012. и 2013. године су имали приближно једнаки утицај на хектолитарску масу у локалитету Глободер и потпуно различит утицај у локалитетима у нашем истраживању.

Такође, истраживањем Spasova и сар. (2013) је утврђено одсуство значајне разлике просечне хектолитарске масе четрнаест сорти пшенице у сезони 2006/07 и просека хектолитарске масе истих сорти у наредној вегетационој сезони. У сезони 2006/07 количина падавина у месецу јуну износила је 45,6mm, а у сезони 2007/08 35,5mm. Разлика од 10,1mm, слично као и у истраживању Кнежевић и сар. (2014), није била довољна да изазове значајну разлику вредности хектолитарских маса у две експерименталне године. Високу зависност пораста хектолитарске масе од смањења количине падавина у јуну месецу потврђује и врло висок коефицијент корелације ($r = 0,995$) наведених параметара. Насупрот нашим резултатима, просечна хектолитарска маса четрнаест сорти пшенице је била значајно већа у сезони која је у

јуну имала количину падавина 35,2mm у односу на сезону која је у јуну имала количину падавина 23 mm Таууар (2010).

Резултати анализе варијансе су показали да хектолитарска маса не зависи од сорте, што је у складу са резултатима Dogan (2010) који за шеснаест сорти пшенице не налази значајну разлику хектолитарске масе у трогодишњем просеку. Међутим, резултати већине истраживања су у супротности са нашим резултатима и, без обзира да ли је упоређивано само две (Warechowska и сар., 2013) или већи број сорти (Кнежевић и сар., 2014; Таууар, 2010), показују зависност хектолитарске масе од сорте.

7.4. Моћ упијања воде

Моћ упијања воде је варијала од најмање вредности (51,7ml) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (69,2ml) код сорте Звездана у истом локалитету у првој експерименталној години. Сорта Симонида је имала и најмању укупну просечну вредност датог параметра за обе експерименталне године (58,85%) као и најмање просечне вредности у појединим експерименталним годинама (60,5% у првој и 57,2% у другој експерименталној години). Слично, и сорта Звездана је осим максималне појединачне вредности имала максималну просечну вредност за обе експерименталне године (65,42%), као и највеће просечне вредности у појединим експерименталним годинама (67,4% у првој и 63,43% у другој експерименталној години). Такође, у свим локалитетима просечна вредност параметра сорте Симонида била је најмања, а сорте Звездана највећа. Очигледна униформност варирања параметра испољена код две наведене сорте намеће закључак о значајном утицају генотипа што је анализа варијансе и потврдила. Обзиром на исту композицију високомолекуларних протеина код сорти Симонида и Звездана, односно одсуство компоненте кодиране са локуса *Glu-A1*, присуство протеинских компоненти 7+9 кодиране са *Glu-B1*, и присуство протеинских подјединица 2+12 кодиране са локуса *Glu-D1* (Hristov и сар., 2013),

вредности за моћ упијања воде, код сорти Симонида и Звездана, у нашим истраживањима индицирају да протеинска структура нема значајну улогу за испољене разлике за моћ упијања воде, већ да други органски молекули имају већу улогу. Имајући у виду да моћ упијања воде првенствено зависи од количине оштећених скробних зрна у брашну, концентрације и структуре нескробних полисахарида и од оних особина протеина које утичу на везивање воде (Smith и сар., 2011), можемо претпоставити да су различите вредности параметра настале услед ефекта наведених фактора, који су независни од структуре протеинских подјединица високих молекулских маса.

Две експерименталне године у нашем истраживању биле су врло различите што се тиче временских услова у фази наливања зрна, а моћ упијања воде је значајно била већа у првој експерименталној години, односно години са вишом температуром и мањом количином падавина. У првој експерименталној години просечна вредност параметра моћ упијања воде износила је 64,29ml, а у другој 60,35ml. Такође, и садржај влаге у зрну био је значајно већи у години која је током фенофазе наливања зрна имала већу количину падавина (10,84% у првој, 13,23% у другој експерименталној години). На основу закључака које наводе Smith и сар. (2011), услед већег садржаја влаге у пшеничном зрну смањује се количина оштећених скробних зрна приликом мљења, због чега се смањује и моћ упијања воде.

Наш резултат је у супротности са резултатима које су објавили Hadnađev и сар. (2013) приликом проучавања реолошких особина исте сорте на истој локацији током две, у климатолошком смислу, екстремне и изразито различите године у фенофази наливања зрна. Наведени аутори нису утврдили значајну разлику између просечне вредности параметра моћи упијања воде прве и друге године, али је просечна вредност датог параметра контролне године (године у којој су временски услови у фенофази наливања зрна били у границама вишегодишњег просека) била значајно мања.

Резултати нашег испитивања су у сагласности са резултатима испитивања Švec и сар. (2012) који су проучавајући капацитет задржавања растварача (SRC) осамдесет сорти пшенице у три вегетациона периода утврдили значајан утицај

генотипа, фактора спољашње средине, али не и утицај њихове интеракције. За разлику од наших резултата Kang и сар. (2014) су утврдили да на апсорпцију воде осим генотипа и фактора спољашње средине значајан утицај има и интеракција ова два фактора, док Zečević и сар. (2007) наводе да интеракција два фактора има највећи утицај на моћ упијања воде. Изостанак интеракције у нашем испитивању показује униформност реакције коришћених сорти на различите метеоролошке услове у фази наливања зрна у две експерименталне године. Утврђен је и висок степен зависности између хектолитарске масе и моћи упијања воде и коефицијент корелације 0,54. Према резултатима које наводе Makawi и сар. (2013), зрна која дају хектолитар високе масе су густа, са пуно више ендосперма. Већа количина ендосперма значи и већу количину скроба, односно већу моћ упијања воде.

Висока вредност коефицијента корелације између садржаја протеина и моћи упијања воде утврђен у нашем истраживању (0,567) је у складу са резултатима које наводе Abbasi и сар. (2011) и Saleh и Brennan (2012) који су такође утврдили високу зависност моћи упијања воде и садржаја протеина (коефицијенти корелације су 0,414, односно 0,84). Резултати нашег истраживања су у складу са резултатима које објављују Fox и сар. (2013), према којима селекција генотипова са високим садржајем протеина уједно значи и селекцију генотипова са већом моћи упијања воде.

У нашем истраживању коефицијент варијације параметра моћ упијања воде детерминисан генотипом имао је приближно исту вредност (4,4%) као и коефицијент варијације детерминисан фактором године. Најнижу вредност коефицијента варијације имала је сорта НС 40С (1,28%), а највишу сорта Победа (7,3%). Zečević и сар. (2010a), су утврдили да је просечна вредност коефицијента варијације за варијабилитет условљен годином била 4,2%, односно, била је нижа од просечне вредности коефицијента варијације условљене генотипом (5,1%). У односу на сортимент коришћен у истраживању које су обавили Zečević и сар. (2010a), наш сортимент је показао већу униформност за параметар моћ упијања воде и већу стабилност према факторима спољашње средине.

7.5. Развој теста

Време развоја теста варијало је од од најмање вредности (1 min) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (7,5 min) код сорте Рапсодија у локалитетима Чачак и Сомбор у првој експерименталној години. Сорте Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (3,92 min), а сорта НС 40С најмању (1,67 min). Анализа варијансе је показала да фактор година значајно утиче на време развоја теста, док је утицај фактора сорта, као и утицај интеракције два фактора без значаја.

Време развоја теста у првој експерименталној години износило је 3,77 min, а просечна количина падавина у три локалитета у преджетвеној фази 23,2ml. Значајно краће време развоја теста (2,07 min) утврђено је у другој експерименталној години, у којој је количина падавина у преджетвеном периоду износила 93,2ml (просечна вредност три локалитета). Овакав резултат у складу је са резултатима Denčić и сар. (2013), који су, проучавајући утицај количине падавина у преджетвеном периоду на број падања и реолошке особине 30 сорти пшенице пореклом из 19 земаља света, утврдили да је у годинама са кишним преджетвеним периодом време развоја теста било значајно краће у односу на године са сушним преджетвеним периодом и то за све три групе сорти (сорте су у зависности од вредности броја падања подељене у три групе). Наведено скраћење времена развоја теста у годинама са кишовитим преджетвеним периодом у сличним истраживањима се објашњава повећењем активности амилазе и смањењем броја падања. Међутим, код сорти коришћених у нашем истраживању није било статистички значајне разлике у броју падања у две експерименталне године. Могуће је да је у нашем истраживању значајно дуже време развоја теста у години са сушним преджетвеним периодом настало услед веће вредности параметра моћ упијања воде (моћ упијања воде је у години са сушним преджетвеним периодом износила 64,29ml просечно за све сорте и локалитете, а у години са кишним преджетвеним периодом 60,35ml), што би било у складу са резултатима које објављују Romano и сар. (2013), Pora и сар. (2015) и Voicu и сар.

(2012), према којима се повећањем вредности параметра моћ упијања воде продужује време развоја теста. Вредност коефицијента корелације између параметара време развоја теста и моћ упијања воде утврђена у нашем истраживању ($r = 0,62$) иде у прилог наведеној претпоставци.

У нашем истраживању није утврђена значајна разлика између времена развоја теста појединих сорти. Овакав резултат је у складу са резултатима које наводе Denčić и сар. (2013), који су, према броју падања, поделили 30 сорти пшенице у 3 групе са по 10 сорти. Времена развоја теста сорти унутар одређене групе нису се значајно разликовала. Према вредности броја падања сорте коришћене у нашем истраживању спадају у исту групу, (Н-3, група са вредношћу броја падања изнад 400) по категоризацији коју су применили поменути аутори, и не показују значајна одступања у времену развоја теста. Овакав резултат је у супротности са резултатима које наводе Preston и сар. (2001), Salmanowicz и сар. (2012), Dua и сар. (2009), Horvat и сар. (2012), који су утврдили значајан утицај генотипа на време развоја теста. Наведени аутори су у истраживањима користили знатно већи број сорти, осим Dua и сар. (2009) који су користили четири сорте, три из групе CWES (Canada Western Extra Strong), а једну из групе CWRS (Canada Western Red Spring). Две групе канадских сорти пшенице се знатно разликују по снази глутена те је разлика у времену развоја теста између две групе сорти очекивана.

Коефицијент варијације времена развоја теста у нашем истраживању износио је 65,4%, што је у складу са резултатом којег наводе Osella и сар. (2008) који су проучавајући пецивне особине 66 аргентинских сорти пшенице утврдили висок коефицијент варијације (51,5%) параметра време развоја теста.

У нашем истраживању утврђен је висок коефицијент корелације између времена развоја теста и садржаја протеина, $r = 0,64$, што је у складу са резултатима истраживања физичко-хемијских карактеристика и фаринографских параметара 100 узорака белог брашна пореклом из различитих области Ирана које наводе Abbasi и сар. (2015), који су између наведених параметара утврдили коефицијент корелације $r = 0,667$.

Висок коефицијент корелације ($r = 0,64$) утврђен је између времена развоја теста и садржаја влажног глутена, знатно већи од коефицијента корелације који су утврдили Abbasi и сар. (2015), $r = 0,281$.

7.6. Стабилност теста

Стабилност теста варирала је од од најмање вредности (0 минута) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (13 минута) код сорте Победа у локалитету Нови Сад у другој експерименталној години. Сорте Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (4 минута), а сорта НС 40С најмању (0,67 минута). Анализа варијансе је показала да фактор година значајно утиче на време развоја теста, односно да је просечна вредност параметра у другој години (2,53 минута) значајно већа од просечне вредности у првој години (0,93 минута). Разлике вредности параметра стабилност теста узроковане фактором сорта и интеракцијом два фактора немају значаја.

У нашем истраживању није утврђен значајан утицај генотипа на стабилност теста, што је у супротности са резултатима које наводе Preston и сар. (2001) који су проучавајући утицај генотипа и фактора спољашње средине на реолошке особине брашна 40 канадских сорти групе CWRS (Canada Western Red Spring), утврдили значајан утицај генотипа на стабилност теста, док је утицај фактора спољашње средине био без значаја. Наши резултати такође су у супротности и са резултатима које наводе Salmanowicz и сар. (2012) и Dua и сар. (2009), који су у својим истраживањима утврдили значајан утицај генотипа на стабилност теста. Резултати других аутора, нпр. Barić и сар. (2004), Koppel и Ingver (2010), Koppel и Ingver (2008), показују, слично резултатима нашег истраживања, да на стабилност теста већи утицај имају фактори спољашње средине, док, за разлику од наших резултата, показују и значајан утицај генотипа. У нашем истраживању није утврђен утицај интеракције генотипа и околине на стабилност теста, што је у супротности са

результатима које објављују Zečević и сар. (2013), на основу истраживања технолошког квалитета девет сорти озиме пшенице, гајених током три вегетациона периода. Стабилност теста свих сорти, осим Симониде, била је већа у другој него у првој експерименталној години. Највећа разлика између просечних годишњих вредности стабилности теста појединих сорти је забележена код сорте Победа (1,17 минута у првој; 6,83 минута у другој експерименталној години), док код сорте Симонида није било разлике у просечној стабилности теста између две експерименталне године. Значајна разлика стабилности теста између просечних вредности прве и друге експерименталне године утврђена у нашем истраживању показује да изучаване сорте нису имале генетички капацитет прилагођавања различитим климатским условима у експерименталним годинама.

У нашем истраживању утврђен је врло висок коефицијент варијације стабилности теста, $CV=139\%$, знатно већи од вредности $67,3\%$ колико су у својем истраживању утврдили Osella и сар. (2008) проучавајући пецивне особине 66 аргентинских сорти пшенице. Поделивши, на основу вредности параметра стабилност теста, једанаест сорти озиме пшенице у три групе, Koppel и Ingver (2010) су утврдили различите вредности коефицијената варијације за три групе ($46,4\%$, $66,4\%$ и $77,7\%$), знатно ниже од вредности утврђене у нашем истраживању. Такође, знатно ниже вредности коефицијента варијације стабилности теста утврдили су Koppel и Ingver (2008), који су приликом проучавања разлике у приносу и квалитету између 14 јарих и 15 озимих сорти пшенице установили већи коефицијент варијације стабилности теста озимих сорти ($87,7\%$ према 63%). Варирање стабилности теста је било знато израженије у другој експерименталној години (години са више падавина) у којој утврђен коефицијент варијације 128% , док је коефицијент варијације стабилности теста у првој експерименталној години износио 44% . Коефицијент варијације стабилности теста био је скоро два пута већи код сорте Победа, него код сорте Симонида (116% према 63%). Високи коефицијенти варијације стабилности теста указују да сорте коришћене у нашем испитивању имају ограничен генетски потенцијал прилагођавања на дејство фактора спољашње средине, кад је реч о наведеном параметру.

Коефицијент корелације између садржаја протеина и стабилности теста у нашем истраживању износио је $r = 0,35$ што је нешто више од $r = 0,295$, вредности коефицијента корелације који су између два параметра утврдили Abbasi и сар. (2015) приликом проучавања физичко-хемијских карактеристика и фаринографских параметара 100 узорака белог брашна пореклом из различитих области Ирана. Знатно веће коефицијенте корелације између стабилности теста и садржаја протеина утврдили су у својим истраживањима Koppel и Ingver (2010), $r = 0,9$, Seleiman и сар. (2011), $r = 0,9$ и Koppel и Ingver (2008), $r = 0,75$ за јаре и $r = 0,9$ за озиме сорте. Између стабилности теста и параметара глутен индекс, моћ упијања воде и садржај влажног глутена у нашем истраживању утврђена је мала зависност и коефицијенти корелације $r = -0,06$, $r = -0,14$ и $r = 0,19$. Резултати нашег истраживања су у супротности са резултатима које наводе Abbasi и сар. (2015), Koppel и Ingver (2010) и Koppel и Ingver (2008), који су између стабилности теста и наведених параметара утврдили знатно веће коефицијенте корелације, $r = 0,676$, $r = 0,69$ и $r = 0,66$ за јаре и $r = 0,82$ за озиме сорте.

7.7. Енергија теста

Резултати анализе варијансе показали су високу зависност особине енергија теста од фактора сорта.

Висока зависност особине енергија теста од фактора сорта добијена у нашем истраживању је у складу са резултатима других истраживања (Horvat и сар., 2009а; Hristov и сар., 2010а; Horvat и сар., 2012b).

Највеће просечне вредности енергије теста у нашем истраживању имале су сорте НС 40С ($94,17 \text{ cm}^2$) и Рапсодија ($85,17 \text{ cm}^2$). Поменуте сорте имају пар 5+10 подјединица на *Glu-D1* локусу (Hristov и сар., 2013). Према резултатима које су објавили Horvat и сар., (2012b), сорте са високом вредношћу *Glu-1 score*-а, односно сорте које на *Glu-D1* локусу садрже подјединице 5+10, имају високе вредности енергије теста, што је у складу са резултатима нашег испитивања. Сорта Симонида

садржи пар подјединица 2+12 на *Glu-D1* локусу (Hristov и сар., 2013) и то је разлог мале просечне енергије теста ове сорте, такође у складу са резултатима Horvat и сар. (2012b), где од дванаест испитиваних сорти најмање вредности енергије теста имају сорте Сана, Житарка и Голубица, сорте са паром подјединица 2+12 на *Glu-D1* локусу.

Утврђено варирање вредности енергије теста појединих сорти у две експерименталне године, може се довести у везу са деловањем фактора средине, који су имали различите вредности и са интеракцијом генотипа са факторима спољашње средине. У годинама истраживања и извођења експеримента, количине падавина су биле значајно различите у периоду наливања зрна. Сорте Рапсодија, Победа и Звездана имале су веће вредности енергије теста у години са већом количином падавина. Код сорте Симонида варирање вредности енергије теста, није било значајно различито. Међутим, сорта НС 40С је имала већу вредност енергије теста у првој години истраживања, коју карактерише мања количина падавина. Добијени резултати у овим истраживањима су у сагласности са резултатима које наводе Hristov и сар. (2010a) да су вредности енергије теста већине сорти веће у години са већом количином падавина. Међутим, Živančev (2013) у својим истраживањима већу вредност енергије теста у кишовитој години, налази код мањег броја испитиваних сорти. Ово указује да вредност овог својства зависи од генотипа и његове интеракције са факторима спољашње средине, као и од вредности фактора спољашње средине.

Сорта Победа реаговала је униформно на различите количине падавина у фази наливања зрна и то повећањем вредности енергије теста са повећањем количине падавина. На основу наведеног можемо закључити да фактори спољашње средине значајно утичу на вредности енергије теста сорте Победа и не дозвољавају увек да сорта оствари свој генетски потенцијал што се дате особине тиче.

Веће количине падавина обично прате и ниже средње дневне температуре тако да не можемо са сигурношћу тврдити да ли на варирање вредности особине енергија теста више утиче температура или количина падавина. Резултати испитивања Nagela (2005) наводе на закључак да високе температуре у фази

наливања зрна код већине сорти узрокују повећање енергије теста уз опаску да је својство исувише комплексно да би се закључци могли генерализовати, односно да постоје сорте код којих високе температуре у фази наливања зрна узрокују смањење енергије теста.

Дакле, утицај генотипа на енергију теста је очигледнији и лакше предвидив док је утицај спољашњих фактора мање предвидив а такође и мање истражен. Релативно мали број истраживања својства енергије теста узрокован је делимично чињеницом да само својство не даје увек праву слику технолошког квалитета. Овај став је потврђен у истраживањима Hristov и сар. (2010a), који су код средње квалитетне сорте Мина утврдили просечну вредност енергију теста 105cm^2 , већу од оне која је утврђена код високо квалитетне сорте Победа чија је просечна вредност енергије теста износила $98,2\text{cm}^2$.

Енергија теста постаје „значајан фактор“ најчешће у годинама кад принос пшенице превазилази тражњу на тржишту и уместо фактора технолошког квалитета пшенице постаје економско-трговачки фактор (Hristov и сар., 2010a).

7.8. Растезање теста

Вредности параметра растегљивост теста варирале су од од најмање вредности (99mm) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (177mm) код сорте Победа у првој експерименталној години у локалитету Сомбор. Сорте Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (152,83mm), а сорта Симонида најмању (137,67mm). Ипак, разлике просечних вредности између сорти нису биле значајне као ни различите просечне вредности прве (147,8mm) и друге (137,67mm) експерименталне године.

У нашем истраживању није утврђена значајна разлика растегљивости теста између појединих сорти што је у супротности са резултатима које наводе Alamri и сар. (2009), Mastilović и сар. (2014), Stanciu и Neacsu (2008) и Koga и сар. (2016).

Изостанак значајне разлике растегљивости теста у нашем истраживању указује да изучаване сорте имају генетички капацитет да се прилагоде на разлике у температури и воденом талогу, које су регистроване у годинама експеримента током фазе наливања семена. Растегљивост теста је, према резултатима које наводе Al-Saleh и Brennan (2012), Mastilović и сар. (2008) и Abbasi и сар. (2012), високо корелирана садржајем протеина, што је и у нашем истраживању потврђено високим коефицијентом корелације ($r = 0,72$) између два параметра.

Количина падавина је у другој експерименталној години у фенофази наливања зрна износила 93,2mm, знатно више у односу на 23,2mm (таб. 1.) колико је износила у првој експерименталној години (наведене количине падавина представљају просек падавина сва три локалитета). И поред толике разлике у количини падавина просечне годишње вредности параметра растегљивост теста се нису значајно разликовале. Овакав резултат је у складу са резултатима које наводе Esmail и сар. (2015), према којима се просечне вредности растегљивости теста десет египатских сорти хлебне пшенице гајених у нормалним условима нису значајно разликовале од аналогних вредности истих сорти гајених у условима суше. Резултати нашег истраживања су у супротности са резултатима које објављују Hadnađev и сар. (2013), према којима је растегљивост теста била значајно нижа код пшенице гајене у сезони која је у току фенофазе наливања зрна имала најмање падавина. Вредности параметра растегљивост теста у нашем истраживању се нису значајно разликовале у две експерименталне године, мада је је већа вредност забележена у првој години, која је током фенофазе наливања зрна имала већу просечну температуру. Овакав резултат је у супротности са резултатима које наводе Hristov и сар. (2010a) и Hadnađev и сар. (2013) и према којима високе температуре и суша скраћују фенофазу наливања зрна повећавајући садржај глијадина у укупном садржају протеина, што узрокује смањење вредности параметра растегљивост теста (Кнежевић и сар. 2016). Наш резултат је у складу са резултатима које објављују Koga и сар. (2016), који су гајећи четири сорте пшенице у три температурна режима највећу вредност растегљивости теста добили при режиму са највишом температуром. Различити резултати испитивања утицаја температуре ваздуха и

количине падавина на растежљивост теста показују комплексност овог својства и специфичност сортне реакције (Hristov и сар. 2010a). Такође, Кога и сар. (2016) сматрају да температура ваздуха сама по себи не утиче на растежљивост теста, већ у садејству са другим факторима, првенствено количином падавина.

Утврђен је висок степен зависности између растежљивости теста и садржаја протеина ($r = 0,72$), што је у складу са резултатима које објављују Al-Saleh и Brennan (2012), Mastilović и сар. (2008) и Abbasi и сар. (2012). Неглутенски протеини (првенствено албумини и глобулини), који су концентрисани у омотачу семена пшенице негативно утичу на растежљивост теста. Пораст растежљивости теста порастом укупног садржаја протеина настаје услед пораста садржаја глутенских протеина у белом брашну, одбацивањем неглутенских протеина током процеса млевења (Abbasi и сар., 2012). Коефицијент корелације између растежљивости теста и запремине хлеба утврђен у нашем истраживању износи $r = 0,66$ што је у супротности са резултатима које наводе Al-Saleh и Brennan (2012) који приликом проучавања реолошких особина шест сиријских сорти пшенице нису утврдили значајан степен корелираности два параметра. Висок степен корелације између растежљивости теста и запремине хлеба је у складу са резултатима истраживања које објављују Rózyło и Laskowski, (2011), који су проучавањем утицаја реолошких параметара на запремину хлеба код десет пољских сорти, утврдили да се запремина хлеба може врло добро предвидети на основу вредности параметара растежљивост теста, садржај протеина и број падања.

7.9. Отпор теста

Вредности отпора теста варираше су од од најмање вредности (80BU) код сорте Звездана у локалитету Нови Сад у другој експерименталној години до највеће (470BU) код сорте Рапсодија у истом локалитету и истој експерименталној години. Сорта НС 40С је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (361,67BU), а сорта Победа најмању (223,33BU). Анализа варијансе је

показала да фактори сорта и година значајно утичу на отпор теста, а вредности у интеракцији ова два фактора нису значајно различите.

Значајна разлика отпора теста између појединих сорти утврђена у нашем истраживању је у складу са резултатима које наводе Alamri и сар. (2009), који су утврдили значајну разлику отпора теста пет америчких сорти дурум пшенице, и у супротности са резултатима које наводе Stanciu и Neacsu (2008), који проучавањем реолошких особина теста 26 сорти пшенице, гајених током једног вегетационог периода, нису утврдили значајан утицај генотипа на отпор теста.

Током фенофазе наливања зрна количина падавина у првој експерименталној години била је знатно мања, 23,2mm у односу на 93,2mm у истом периоду друге експерименталне године (наведене количине падавина представљају просек падавина сва три локалитета, таб. 1.). Осим тога, просечна температура три локалитета у фенофазе наливања зрна у првој години је била 22,9⁰C, а у другој 20,2⁰C. Просечна вредност отпора теста у првој експерименталној години била је мања и значајно различита него у другој, а све сорте, осим HC 40C, су реаговале униформно и у првој експерименталној години имале мању вредност отпора теста него у другој експерименталној години.

Слично, Hadnadev и сар. (2013) су проучавањем реолошких особине једне сорте пшенице на истом локалитету током три вегетациона периода, утврдили значајну разлику отпора теста између појединих година и најмању вредност параметра у години са најмање падавина током фенофазе наливања зрна. Наведени резултати су у супротности са резултатима Esmail-a и сар. (2015), који нису утврдили значајну разлику отпора теста десет египатских сорти хлебне пшенице гајених у нормалним условима и у условима суше. Према Hristov и сар. (2010a) високе температуре ваздуха (преко 35⁰C) у току фенофазе наливања зрна неповољно утичу на чврстоћу теста, пре свега на отпорност према истезању. Иако није било овако високих температура током нашег истраживања, веће температуре током фенофазе наливања зрна у првој експерименталној години допринеле су снижавању вредности отпора теста. Значајна разлика отпора теста између две експерименталне године у нашем испитивању указује да изучаване сорте нису генетички

прилагодљиве разликама у температури и количини падавина регистрованих у експерименталним годинама. У нашем истраживању генотип је узроковао значајну разлику на нивоу значајности 0,01, а фактори спољашње средине само на нивоу значајности 0,05. Овакав резултат је у складу са закључком који наводе Williams и сар. (2008), да на параметре технолошког квалитета пшенице који су корелирани количином протеина утицај околине има већи значај, док на параметре корелиране саставом протеина (између осталих и реолошки параметри), већи утицај има генотип.

Утврђен је негативан степен корелације између отпора теста и садржаја протеина ($r = -0,35$), што је у сагласности са резултатима које наводе Mastilović и сар. (2008) који су проучавајући утицај сегрегације пшенице на корелационе односе параметара технолошког квалитета пшенице из три силоса у Србији утврдили висок негативан степен корелације између садржаја протеина и отпора теста ($r = -0,65$). Насупрот наведеним резултатима, Abbasi и сар. (2012) су, проучавајући реолошке особине сто узорака белог брашна пшенице пореклом из различитих области Ирана, утврдили позитиван степен корелације између садржаја протеина и отпора теста. У нашем истраживању је утврђена и негативна корелација између отпора теста и хектолитарске масе ($r = -0,45$), што је у супротности са резултатима које наводе Mastilović и сар. (2008) који су проучавајући утицај сегрегације пшенице на корелационе односе параметара технолошког квалитета пшенице из три силоса у Србији утврдили средњи позитиван степен корелације између хектолитарске масе и отпора теста ($r = 0,35$). Врло висок степен корелације утврђен је између отпора теста и глутен индекса ($r = 0,765$), што је у складу са закључком који наводе Magdić и сар. (2006), да се због високог степена корелираности између глутен индекса и екстензографских параметара глутен индекс може користити као мерило снаге глутена.

7.10. Брзина желатинизације скроба

Изучавања брзине желатинизације скроба су показала варирање вредности од најмање $-0,008$ (сорта Симонида, локалитет Нови Сад, прва експериментална година) до највеће $0,698$ (сорта Победа, локалитет Нови Сад, друга експериментална година). Сорта Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете ($0,526$), а сорта Симонида најмању ($0,325$). Установљене разлике за брзину желатинизације скроба на основу просечних вредности нису биле значајне између сорти. Такође просечне вредности за све сорте добијене у првој ($0,373$), и другој експерименталној години ($0,414$) нису значајно различите.

У нашим истраживањима утврђен је висок степен корелације између брзине желатинизације скроба и садржаја протеина и одговарајући коефицијент корелације $0,44$. Добијени резултати ових изучавања су у супротности са резултатима које наводе Gil-Humanes и сар. (2012), према којима брзина желатинизације скроба није у корелацији са садржајем протеина, као и са резултатима које наводе Vázquez и Veira (2015) који су између брзине желатинизације скроба и садржаја протеина утврдили коефицијент корелације $-0,39$. Релативно висок позитивни коефицијент корелације између два параметра у нашем истраживању може се објаснити ставом који наводе Banu и сар. (2011), према коме се услед термалне денатурације протеина повећава количина воде у систему. Већа количина воде омогућује да већи број скробних честица у јединици времена бубри што изазива повећања брзине желатинизације скроба.

У нашим истраживањима није утврђена корелација између брзине желатинизације скроба и хектолитарске масе (коефицијент корелације $-0,134$), као ни између брзине желатинизације скроба и Хагберговог броја падања (коефицијент корелације $0,128$). Међутим, супротно нашим резултатима Vázquez и Veira (2015) су утврдили средњи степен корелације између брзине желатинизације скроба и хектолитарске масе и коефицијент корелације $0,37$, док су Banu и сар. (2011) утврдили врло висок коефицијент корелације ($0,85$) између брзине желатинизације скроба и броја падања. Такође, између брзине желатинизације скроба и параметра

моћ упијања воде, у нашем истраживању, утврђен је мали коефицијент корелације, 0,267. Овакав резултат је неочекиван обзиром да брзина желатинизације скроба као и моћ упијања воде највише зависе од истог фактора, степена оштећења скробних честица. Неочекивани и противречни резултати се могу објаснити закључком који наводе Koxsel и сар. (2009) да је према β косини криве линије (индикатор брзине желатинизације скроба) на миксолабу оцена желатинизације отежана и мање прецизна у поређењу са оценом ензимске активности на основу дела криве који се наставља и који је означен као γ -косина криве, према ком се лакше и прецизније мери вредност овог параметра.

7.11. Садржај влажног глутена

Садржај влажног глутена је варирао од најмање вредности (11,3%) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години, до највеће (39,9%) код исте сорте у локалитету Сомбор у првој експерименталној години.

Вредности садржаја влажног глутена сорти Симонида и НС 40С у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години, као и сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години су биле испод 21% што Ђурић и сар. (2010) карактеришу као низак садржај. Ипак, просечан садржај влажног глутена сваке сорте прелази 24% и може се рангирати као добар (сорта НС 40С - 24,35%), врло добар (сорте Рапсодија - 27,68% и Симонида - 28,55%) и одличан (сорте Звездана - 31,77% и Победа - 32,37%).

Анализа варијансе је показала да разлике просечних вредности садржаја влажног глутена код сорти коришћених у нашем истраживању нису значајне, као ни разлике просечних вредности садржаја влажног глутена две експерименталне године. Такође, није утврђена разлика на основу интеракција између сорте и фактора спољашње средине.

Резултати нашег истраживања су у супротности са резултатима истраживања Kang-a и сар. (2015), Зећевић и сар. (2009) и Зећевић и сар. (2007) који су утврдили

значајан утицај генотипа, фактора спољашње средине и њихове интеракције на садржај влажног глутена. Такође, резултати нашег истраживања су у супротности са резултатима Šimić-a и сар. (2006) који закључују да је утицај фактора спољашње средине на садржај влажног глутена најизраженији, утицај генотипа значајан, док нема података о интеракцији.

Метеоролошки услови током фенофазе наливања зрна били су врло различити у две године истраживања, односно, количина падавина у другој експерименталној години била је знатно већа него у првој. Ипак, просечан садржај влажног глутена у првој експерименталној години (29,92%) није се разликовао од просечног садржаја влажног глутена у другој експерименталној години (27,97%). Овакав резултат је у складу са резултатима које су објавили Hadnađev и сар. (2013) који су, проучавајући реолошке особине исте сорте на истој локацији током две, у климатолошком смислу, екстремне и изразито различите године у фенофазе наливања зрна, утврдили да се садржај влажног глутена није разликовао, али је у односу на контролну годину (годину са метеоролошким параметрима у оквиру вишегодишњег просека) био значајно већи.

Просечан садржај влажног глутена сорти које на *Glu-D1* локусу имају протеинску подјединицу 2+12 (Симонида и Звездана) износи 30,16%, односно 28,1% код сорти које на *Glu-D1* локусу имају протеинску подјединицу 5+10 (НС 40С, Рапсодија и Победа). Разлика између две наведене вредности није значајна. Đurić и сар. (2010), су такође утврдили да између просечних вредности садржаја влажног глутена четири сорте са протеинском подјединицом 2+12 и четири сорте са протеинском подјединицом 5+10 нема значајне разлике.

Утврђен је висок степен зависности садржаја влажног глутена и садржаја протеина и коефицијент корелације 0,857, што је приближно једнако коефицијенту корелације 0,885 који су између два параметра утврдили Kang и сар. (2015) приликом испитивања односа физичко-хемијских особина тридесет корејских сорти пшенице у две вегетационе сезоне.

Просечна варијабилност садржаја влажног глутена сорти у појединим локалитетима износила је 16,8%. Значајно високу вредност коефицијента варијације

показала је само сорта Симонида (коэффициент варијације је износио 35%), док је за остале сорте била мања (коэффициент варијације је износио мање од 15%). Просечна варијабилност садржаја влажног глутена сорти у појединим годинама износила је 6%, а највећи коэффициент варијације опет је имала сорта Симонида, 14%. Наши резултати су у супротности са резултатима истраживања Zečević и сар. (2010а), који су испитујући варијабилност параметара технолошког квалитета шест сорти пшенице током седам вегетационих периода утврдили мању варијабилност садржаја влажног глутена услед утицаја сорте (генотипа) него услед утицаја године (фактора спољашње средине). Коэффициент варијације садржаја влажног глутена је у односу на сорту био мањи (10,4%), а у односу на годину већи него у нашем истраживању (10,3%).

7.12. Глутен индекс

Варирање између просечних сортних вредности глутен индекса, на основу анализе варијансе је било значајно. Сличан закључак су дали Sharma и сар. (2012) који су установили да подјединица *Glu-D1* локуса има снажан утицај на вредност глутен индекса и да присуство подјединице 5+10 повећава, а присуство подјединице 2+12 смањује вредност глутен индекса. Сорта Звездана према истраживању Hristov-а и сар. (2013) има подјединицу 2+12, док сорта НС 40С има подјединицу 5+10. Слично, и сорта Рапсодија са подјединицом 5+10 (Hristov и сар., 2013) има врло велику просечну вредност глутен индекса (92,94%). Утицај фактора спољашње средине није био значајан што је у складу са истраживањима Šimić-а и сар. (2006) и Şahin и сар. (2012), која су показала да је једино генотип имао значајан ефекат на вредност глутен индекса.

Највећу просечну вредност глутен индекса за све године и локалитете имала је сорта НС 40С (95,83%), а најмању сорта Звездана (80%), док су коэффициенти варијације за дату особину износили 3,1% односно 14,13%. Овакав резултат је у складу са закључком кога наводе Vida и сар. (2013), да су сорте са јачим глутеном отпорније на варирање вредности глутен индекса под утицајем спољашњих фактора

од сорти са слабијим глутеном. Оно што је заједничко за наше истраживање и истраживања Šimić и сар. (2006) и Şahin и сар. (2012) је да су коришћене сорте које имају јак глутен, тј. високе вредности глутен индекса. Просечна вредност глутен индекса у нашем истраживању за све сорте, године и локалитете износи 88,20%, у истраживању Šimić и сар. (2006) је 85,70%, а у истраживању Şahin и сар. (2012) 73,7%. Сорте коришћене у нашем истраживању имале су глутен довољно јак да нивелише ефекат утицаја две климатски врло различите године на вредност глутен индекса.

Високе температуре у фази наливања зрна смањују вредност глутен индекса. Иако је у јуну 2012. године била већа просечна температура него у јуну 2013. године (23⁰С према 20,2⁰С), вредност глутен индекса у Новом Саду у 2012. години је износила 95,8%, и била је већа него у 2013, која је износила 86,4%. Дакле у години у којој је била већа просечна температура у јуну нађена је већа просечна вредност глутен индекса. Овакав резултат је у складу са једначином:

$$\text{Stress index (SI)} = \Sigma[\text{Tmax} - 30],$$

коју наводе Gil и сар. (2011). Аутори закључују да се повећањем SI вредности смањује глутен индекс. За 2012. годину SI вредност је износила 16,9 а за 2013. 22,1. Дакле, на смањење вредности глутен индекса у Новом Саду већи утицај су имале екстремно високе температуре неколико дана јуна 2013. године, него скоро три степена већа просечна температура јуна 2012. у односу на јун 2013. године што је у складу са закључцима које наводе Gil и сар. (2011).

Између вредности глутен индекса и садржаја влажног глутена утврђен је висок негативан степен корелације ($r = -0,836$), што је у складу са резултатима Cesevićienė и сар. (2009) и Şahin и сар. (2012) који су добили нешто ниже коефицијенте корелације ($r = -0,406$, односно $r = -0,58$). Резултати нашег истраживања показују да је вредност глутен индекса у негативној корелацији са садржајем протеина ($r = -0,54$), што је у супротности са резултатима које наводе Clarke и сар. (2010) након проучавања седам сорти дурум пшенице током осам вегетационих

периода у Канади, да између вредности глутен индекса и садржаја протеина није уочена никаква зависност. Vida и сар. (2013) констатују да су резултати који дефинишу однос глутен индекса и два параметра, садржаја влажног глутена и садржаја протеина, противречни и зависе од сортимената који се користи у истраживањима. Исти аутори сматрају да степен негативне корелације глутен индекса и садржаја влажног глутена расте уколико се садржај влажног глутена смањује, што потврђују резултатима испитивања у ком је просечан садржај влажног глутена три дурум сорте у тринаест вегетационих периода врло висок (35,62%) а коефицијент корелације безначајан ($r = -0,064$). Нижи просечан садржај влажног глутена утврђен у нашем истраживању (28,94) имплицира врло висок негативан коефицијент корелације ($r = -0,836$), као и у истраживању Cesevičienė и сар. (2009), где је просечан садржај влажног глутена 22,8%, а коефицијент корелације $r = -0,406$.

Вредност глутен индекса је у позитивној корелацији са екстензографским параметрима. Коефицијент корелације између глутен индекса и енергије теста је $r = 0,532$, док су Ćurić и сар. (2001) утврдили коефицијент корелације $r = 0,799$ између наведених параметара. Са отпором на 50mm још је израженија корелација, коефицијент корелације је $r = 0,765$, врло близак коефицијенту корелације $r = 0,788$ кога за исте параметре наводе Ćurić и сар. (2001). Најмањи коефицијент корелације ($r = 0,635$) Ćurić и сар. (2001) су утврдили између глутен индекса и односа отпорности и растегљивости, док је у нашем истраживању утврђен коефицијент корелације $r = 0,783$.

Резултати нашег испитивања показују слабу, негативну зависност вредности глутен индекса и запремине хлеба са коефицијентом корелације $r = -0,328$. Овакав резултат је у супротности са резултатима истраживања које наводе Рора и сар. (2014), по којима је коефицијент корелације између наведених параметара мали и позитиван, тј. коефицијент корелације је $r = 0,18$. У циљу ефикаснијег предвиђања запремине хлеба, осим глутен индекса се, према резултатима које наводе Рора и сар. (2014), могу користити други параметри као напр. „GRS“ (*Gluten remaining on the sieve*-остатак глутена на ситу), који не зависи од садржаја влажног глутена а има већи коефицијент корелације ($r = 0,79$). У нашем истраживању коефицијент

корелације вредности GRS и запремине хлеба је $r = 0,769$, скоро идентичан оном који је добијен у истраживању Pora и сар. (2014). Између вредности глутен индекса и запремине хлеба утврђена је слаба негативна зависност ($r = -0,31$), што је у супротности са закључком кога наводе Ćurić и сар. (2001) да велика вредност глутен индекса смањује запремину хлеба. Ипак, аутори наводе да до смањења запремине хлеба долази само у случају екстремно јаког глутена, што у нашем истраживању није био случај.

7.13. Пробна печења хлеба

Запремина хлеба варирала је од од најмање вредности (316,67ml) код сорте Рапсодија у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години до највеће (488,33 ml) код исте сорте у локалитету Сомбор у истој експерименталној години. Сорта Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (440ml), а сорта НС 40С најмању (411,11ml). Просечна вредност запремине хлеба у првој експерименталној години носила је 411,89ml, а у другој 425,33ml. Анализа варијансе је показала да фактори сорта, година, као и њихова интеракција немају значајан утицај на запремину хлеба.

Насупрот нашим резултатима Hristov и сар. (2010b) и Finlay и сар. (2007) су утврдили значајан утицај сорте, фактора спољашње средине и њихове интеракције, Martínez-Cruz и сар. (2007) и Koppel и Ingver (2010) су утврдили значајан утицај сорте и фактора спољашње средине, док резултати које наводе Stanciu и Neacsu (2008) потврђују утицај фактора спољашње средине. Изостанак значајне разлике запремине хлеба између две експерименталне године у нашем испитивању указује да су изучаване сорте генетички прилагодљиве разликама у температури и количини падавина регистрованих у експерименталним годинама. Запремина хлеба у првој експерименталној години (која је током фенофазе наливања зрна имала мање падавина и више температуре) била је мања него у другој. Такав резултат је у складу са истраживањима Li и сар. (2013), у којима се наводи да дуготрајна суша изазива смањење запремине хлеба услед пораста отпора теста и смањења његове

растегљивости. Разлика није значајна, вероватно зато што су сушу током фенофазе наливања зрна у првој експерименталној години пратиле и високе температуре које, како наводе Li и сар. (2013), могу изазвати повећање запремине хлеба, односно зато што су се ефекти два метеоролошка фактора анулирали. Сорта Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (440ml) што је у складу са закључком кога износе Horvat и сар. (2009b), да протеинске подјединице 1 или 2* на *Glu-A1*, 7+9 или 17+18 на *Glu-B1* и 5+10 на *Glu-D1* локусу детерминишу већу запремину хлеба, а структура глутенинских подјединица високих молекулских маса сорте Победа је 2*, 7+9, 5+10 (Hristov и сар., 2013).

У нашем истраживању утврђена је висока зависност између запремине хлеба и садржаја протеина и коефицијент корелације $r = 0,77$, што је у супротности са резултатима које наводе Dobraszczuk и Salmanowicz (2008), који су проучавајући технолошки квалитет већег броја пољских сорти током две сезоне утврдили слабу зависност два параметра. Висок степен зависности запремине хлеба и садржаја протеина утврђен у нашем истраживању, у складу је са резултатима које наводе Różyło и Laskowski (2011), који су, на основу резултата проучавања параметара технолошког квалитета 10 пољских сорти пшенице, утврдили висок степен зависности између запремине хлеба и садржаја протеина, као и са резултатима које наводе Li и сар. (2013), који су између два параметра утврдили коефицијент корелације $r = 0,59$.

Такође, утврђен је и висок степен зависности између запремине хлеба и растегљивости теста и коефицијент корелације $r = 0,66$. Li и сар. (2013), на основу резултата испитивања утицаја климатских фактора на параметре технолошког квалитета 15 мексичких сорти гајених током два вегетациона периода, такође наводе значајну зависност запремине хлеба и растегљивости теста и нешто нижи коефицијент корелације, $r = 0,5$.

Између запремине хлеба и времена развоја теста утврђен је осредњи степен зависности и коефицијент корелације $r = 0,49$, што је приближно резултатима које наводе Denčić и сар. (2013), који су између два параметра утврдили коефицијенте

корелације $r = 0,54$ у сушним годинама и $r = 0,53$ у кишовитим годинама, али мање у односу на коефицијент корелације $r = 0,68$ који су утврдили Denčić и сар. (2011), при проучавању утицаја генотипа, фактора спољашње средине и интеракције на неке параметре технолошког квалитета 140 сорти пшенице из 28 земаља света.

У нашем истраживању утврђен је низак степен зависности између запремине хлеба и параметра моћ упијања воде. Овакав резултат је у супротности са резултатима које наводе Denčić и сар. (2013), који су између два параметра утврдили коефицијенте корелације $r = 0,68$ у сушним годинама и $r = 0,52$ у кишовитим годинама, као и са високим степеном зависности и коефицијентом корелације $r = 0,67$ који су утврдили Denčić и сар. (2011).

Светлина коре хлеба је варијала од најмање вредности (52,28) код сорте Победа у локалитету Нови Сад у првој експерименталној години до највеће (68,59) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години. Сорте Рапсодија је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (60,7), а сорта Звездана најмању (55,48). Просечна вредност светлине коре хлеба у првој експерименталној години је износила 58,33 а у другој 58,7. Анализа варијансе је показала да фактори сорта, година, као и њихова интеракција немају значајан утицај на светлину коре хлеба.

Удео жутог пигмента у кори је варирао од најмање вредности (25,81) код сорте Звездана у локалитету Сомбор у другој експерименталној години до највеће (35,31) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години. Сорте Рапсодија је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (32,69), а сорта Звездана најмању (29,71). Просечна вредност удела жутог пигмента у кори хлеба у првој експерименталној години је износила 32,41 а у другој 31,13. Анализа варијансе је показала да фактори сорта, година, као и њихова интеракција немају значајан утицај на удео жутог пигмента у кори.

Удео црвеног пигмента у кори је варирао од најмање вредности (7,08) код сорте Симонида у локалитету Чачак у првој експерименталној години до највеће (14,4) код сорте Победа у локалитету Нови Сад у истој експерименталној години.

Сорта Победа је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (11,27), а сорта Рапсодија најмању (9,04). Просечна вредност удела црвеног пигмента у кори хлеба у првој експерименталној години је износила 10,62 а у другој 9,92. Анализа варијансе је показала да фактори сорта, година, као и њихова интеракција немају значајан утицај на удео црвеног пигмента у кори.

Изостанак значајног утицаја генотипа, фактора спољашње средине и њихове интеракције на показатеље боје коре хлеба (светлину, удео жутог и удео црвеног пигмента) у супротности је са резултатима које наводе Digesù и сар. (2009) и Clarke и сар. (2006). Наведени аутори су утврдили да је утицај генотипа на показатеље боје коре хлеба прворазредан, али и да фактори спољашње средине имају значајан утицај. Као и у нашем истраживању, утицај интеракције је био занемарљив. Сорте у нашим изучавањима се нису значајно разликовале према боји коре хлеба између две експерименталне године, што указује на испољавање адаптивног одговора и прилагођавање сорти на разлике у температури и количини падавина. Како наводе Fisso и сар. (2014), фактори спољашње средине могу утицати на концентрацију пигмената јер биљка, као одговор на стресне услове, ствара веће количине антиоксидативних молекула који мењају уобичајене концентрације пигмената. Метеоролошки услови током фенофазе наливања зрна били су различити током две експерименталне године, али нису изазвали стресне промене концентрације пигмената проучаваног сортиментa.

Тврдоћа средине хлеба је варијирала од најмање вредности (1510,3g) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години до највеће (10472,18g) код исте сорте у локалитету Нови Сад у истој експерименталној години. Сорта НС 40С је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (5015,47g), а сорта Победа најмању (2348,45g). Просечна вредност тврдоће средине хлеба у првој експерименталној години је износила 3892,09g, а у другој 3512,80g. Анализа варијансе је показала да фактори сорта, година, као и њихова интеракција немају значајан утицај на тврдоћу средине хлеба.

Еластичност средине хлеба је варијирала од најмање вредности (0,824) код сорте НС 40С у локалитету Чачак у првој експерименталној години до највеће

(1,013) код сорте Симонида у локалитету Нови Сад у другој експерименталној години. Сорте Звездана је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (0,976), а сорта НС 40С најмању (0,948). Просечна вредност еластичности средине хлеба у првој експерименталној години је износила 0,943, а у другој 0,982. Анализа варијансе је показала да фактор година значајно утиче на еластичност средине хлеба, док сорта и интеракција два фактора немају значајног утицаја.

Отпор средине хлеба је варирао од најмање вредности (0,273) код сорте Симонида у локалитету Чачак у другој експерименталној години до највеће (0,404) код сорте Рапсодија у локалитету Сомбор у првој експерименталној години. Сорте Рапсодија је имала највећу просечну вредност параметра за све године и локалитете (0,374), а сорта НС 40С најмању (0,319). Просечна вредност еластичности средине хлеба у првој експерименталној години је износила 0,346, а у другој 0,351. Анализа варијансе је показала да фактор сорта значајно утиче на отпор средине хлеба, док година и интеракција два фактора немају значајног утицаја.

У нашем истраживању није утврђена значајна разлика тврдоће средине хлеба између појединих сорти, што је у супротности са резултатима које наводе Rózyło и сар. (2011) и Dhaka и Khatkar (2015). Одсуство значајних разлика за вредности тврдоће средине хлеба између две експерименталне године у нашем испитивању указује да су изучаване сорте генетички прилагодљиве разликама у температури и количини падавина регистрованих у експерименталним годинама.

Утврђена висока негативна зависност између тврдоће средине хлеба и садржаја протеина ($r = -0,76$) у складу је са резултатима које наводе Dhaka и Khatkar (2015), који су приликом проучавања утицаја квалитативне структуре глутена на реолошке и пецивне параметре квалитета 15 сорти пшенице између два параметра утврдили коефицијент корелације $r = -0,7$. Утврђен је и висок степен негативне зависности тврдоће средине хлеба и његове запремине и коефицијент корелације $r = -0,83$, док су Dhaka и Khatkar (2015) утврдили још већи степен негативне зависности ($r = -0,94$). У нашем истраживању је утврђена негативна зависност тврдоће средине хлеба са параметрима време развоја теста и стабилност теста, али су коефицијенти

корелације $r = -0,47$ и $r = -0,29$ знатно нижи од оних које наводе Dhaka и Khatkar (2015), $r = -0,8$ и $r = -0,87$.

7.14. *Lab-on-a-chip* капиларна електрофореза

Садржај глијадина, однос садржаја глијадина и глутенина (*Gli/Glu*) и пропорција глутенина (HMW/LMW) имали су веће вредности у првој него у другој експерименталној години, за разлику од садржаја глутенина, садржаја HMW-GS и садржаја LMW-GS чије су вредности у другој години биле веће него у првој. Анализа варијансе показала је да су за садржај глутенина, садржај LMW-GS и *Gli/Glu* однос разлике вредности параметара у појединим годинама биле статистички значајне. Генотип и интеракција генотипа и фактора спољашње средине нису имали утицаја на наведене параметре.

Топло и сушно време обележило је фенофазу наливања зрна у првој експерименталној години. Како истичу Nuttall и сар. (2017) високе температуре смањују активност ензима који учествују у стварању дисулфидних веза између глутенинских подјединица, услед чега се смањује синтеза глутенинских полимера док, истовремено, синтеза глијадина остаје на истом нивоу, што доводи до смањења садржаја глутенина и пораста *Gli/Glu* односа. Исти аутори наводе да високе температуре доприносе стварању тзв. протеина температурног шока (*hsp-heat shock proteins*), који ометају синтезу глутенинских полимера изазивајући њихову деполимеризацију и хидролизу. Неки аутори сматрају да високе температуре изазивају пораст садржаја глијадина и *Gli/Glu* односа (Jarvis и сар., 2008; Balla и Veisz, 2007;), док Singh и сар. (2012) и Balla и сар. (2011) истичу да је ефекат високих температура још израженији у садејству са сушом. Насупрот наведеном Koga и сар., (2015) наводе да нису утврдили ефекат високих температура на синтезу глијадина. Слично, Panozzo и сар. (2001) наводе да суша није имала утицаја на синтезу глијадина и *Gli/Glu* однос. Утицај климатских фактора током фенофазе наливања зрна на садржај глутенина и вредност *Gli/Glu* односа у нашем истраживању био је

изражен, као и у већини наведених истраживања. У складу са наводима Nuttall и сар. (2017) високе температуре у првој експерименталној години изазвале су смањење садржаја глутенина, што је уз приближно исти ниво садржаја глијадина у две године, изазвало раст вредности *Gli/Glu* односа у првој години. У мањем броју истраживања коришћени генотипови су показали генетски потенцијал да спрече негативан ефекат екстремнијих временских услова на садржај глутенина и вредност *Gli/Glu* односа.

Смањење садржаја глутенина, као и већа вредност *Gli/Glu* односа смањују квалитет теста (Balla и сар., 2011). Тесто треба да буде довољно растегљиво да се рашири услед притиска гаса, продукта квасне ферментације, а опет довољно јако да се не прекине, и да се добије хлеб одговарајуће запремине (Dhaka и сар., 2012). Између *Gli/Glu* односа и односа отпора и растегљивости (O/P) утврђен је средњи степен негативне корелације ($r = -0,47$). То је мањи коефицијент корелације у односу на $r = -0,79$ који наводе Dhaka и Khatkar (2015), на основу проучавања утицаја глутенске структуре на неке параметре квалитета код 15 сорти пшенице. Horvat и сар. (2012b) наводе истоветан коефицијент корелације између два параметра ($r = -0,47$) и закључују да садржај глијадина има негативан утицај на параметар O/P. Исто су установили Mastilović и сар. (2014) на основу проучавања утицаја пропорција протеинских фракција на технолошки квалитет 29 српских и хрватских сорти пшенице.

Резултати нашег испитивања указују на одсуство линеарне корелације између *Gli/Glu* односа и запремине хлеба. Слично, Horvat и сар. (2012b) нису утврдили корелацију датих параметара, за разлику од резултата Dhaka и Khatkar (2015), који су утврдили висок коефицијент корелације ($r = -0,73$). Ово неслагање је вероватно настало услед знатно нижих вредности параметра O/P у истраживању које су извели Dhaka и Khatkar (2015), у односу на вредности које су утврдили Horvat и сар. (2012b) и које су утврђене у нашем испитивању. Наиме, према Wierpert-у (2006) оптималне вредности за параметар O/P износе 1,5-3. У нашем истраживању, као и у истраживању које су обавили Horvat и сар. (2012b), већина вредности параметра O/P су у границама оптимума, у оквиру којих се постиже пожељна запремина хлеба, без

обзира на варирање вредности О/Р. У истраживању које су извели Dhaka и Khatkar (2015), од 15 сорти само две имају вредност О/Р= 1,5, а све остале су испод тог нивоа. Може се претпоставити да утицај *Gli/Glu* односа на запремину хлеба постаје значајан ако се вредност О/Р налази ван граница наведеног оптимума.

Између *Gli/Glu* односа и стабилности теста није утврђена линеарна корелација, што је у складу са резултатима које наводе Park и сар. (2014), али у супротности са резултатима које наводе Dhaka и Khatkar (2015), који су утврдили висок степен зависности ($r = -0,79$), док су Horvat и сар. (2012b) утврдили супротан смер зависности ($r = 0,68$).

Варирање квантитативног односа HMW/LMW било је занемарљиво (стандардна девијација је 0,05) и то је могући разлог одсуства корелације са екстензографским параметрима и запремином хлеба. Наш резултат је у супротности са резултатима које наводе Dhaka и Khatkar (2015), који су утврдили статистички значај коефицијената корелације између HMW/LMW односа са једне и екстензографског параметара и запремине хлеба са друге стране.

Анализа варијансе показала је да сортна варирања параметара садржај глутенина, садржај глијадина, садржај HMW-GS, садржај LMW-GS и пропорција *Gli/Glu* и HMW/LMW нису била статистички значајна. Triboi и сар. (2000) такође нису утврдили утицај генотипа на садржај глијадина и пропорцију HMW/LMW, док су, за разлику од нашег истраживања, утврдили статистички значајан утицај на садржај глутенина и *Gli/Glu* однос.

7.15. Састав и садржај аминокиселина код сорти пшенице

Глутаминска киселина је идентификована у свим сортама, у обе експерименталне године и у свим локалитетима, осим у локалитету Нови Сад, у другој експерименталној години за сорте НС 40С и Победа. Присутност ове аминокиселине у складу је са резултатима осталих аутора (Knežević и сар. 2013;

Zafar и сар., 2014; Khan и сар., 2014; Spsychaj-Fabisiak и сар., 2014). Садржај глутаминске киселине је био већи у 2012. него у 2013. години, мада установљена разлика није била статистички значајна. Овакав резултат је у складу са ставом који наводе Garcia Del Moral и сар. (2007) да скраћење периода фенофазе наливања зрна услед сувог и топлог времена доводи до смањења садржаја свих аминокиселина осим глутамина, пролина и фенилаланина, код којих је уочена супротна тенденција. Супротно, Spsychaj-Fabisiak и сар., (2014) наводе да је за већину од 15 идентификованих аминокиселина највећи садржај био у години са највећом количином падавина.

Треонин није пронађен у узорцима из 2012. године, као ни леуцин у узорцима из 2013. године, док је за остале аминокиселине, осим изолеуцина, нађен већи садржај у 2012. години. Овакав резултат је у супротности са резултатима које наводе Garcia Del Moral и сар., (2007), који су утврдили ниже вредности аминокиселина аспарагин, глицин, леуцин, метионин, треонин и валин у сувљим и топлијим условима, док је за изолеуцин, као и у нашем истраживању, утврђена нижа вредност.

Сорта Рапсодија садржала је све идентификоване аминокиселине осим треонина, док су остале сорте садржале 5-7 аминокиселина. У нашем истраживању укупно је детерминисано десет аминокиселина, што је мање у односу на друга истраживања. Knežević и сар. (2013) су идентификовали 15 аминокиселина код 10 сорти пшенице, Khan и сар. (2014) 16 аминокиселина код 6 сорти, Garcia Del Moral и сар. (2007) 17 аминокиселина код 10 сорти дурум пшенице, Đukić и сар. (2006) 15 аминокиселина код 21 генотипа дурум пшенице, а Spsychaj-Fabisiak и сар. (2014) 15 аминокиселина код 4 сорте озиме пшенице.

Није утврђена зависност између садржаја протеина и садржаја глутаминске киселине ($r=0,2$). Овакав резултат је у супротности са резултатом који наводе Khan и сар. (2014), који су узмеђу два параметра утврдили врло висок степен зависности и коефицијент корелације $r=0,93$.

8. ЗАКЉУЧЦИ

Испитиван је утицај генотипа, фактора спољашње средине и њихова интеракција на параметре технолошког квалитета пет домаћих сорти пшенице, гајених у три локалитета, током два вегетациона периода.

Хемијски параметри технолошког квалитета (садржај протеина и Хагбергов број падања) нису показали зависност нити од генотипа ни од фактора спољашње средине.

Хектолитарска маса је показала зависност од фактора спољашње средине. Просечна годишња вредност овог параметра била је значајно већа у првом вегетационом периоду, који је током фенофазе наливања зрна имао мању количину падавина и вишу средњу дневну температуру.

Моћ упијања воде је показала зависност и од генотипа и од фактора спољашње средине, али је изостала зависност од интеракције. Обзиром на исту структуру протеинских подјединица високих молекулских маса код сорти Симонида и Звездана (сорти које имају најмању и највећу вредност параметра), може се закључити да протеинска структура нема значајну улогу за испољене разлике вредности параметра моћ упијања воде. Наведене разлике вероватно су резултат сортног варирања количине оштећених скробних зрна у брашну као и концентрације и структуре нескробних полисахарида. Значајно већи садржај влаге у зрну у другој експерименталној години узроковао је мање оштећење скробних зрна приликом млевења и значајно смањење вредности параметра моћ упијања воде.

Време развоја теста није се значајно разликовало између појединих сорти, али у години са већом количином падавина у преджетвеном периоду, код сорти је установљена значајно мања вредност за време развоја теста.

Стабилност теста се није значајно разликовала између појединих сорти, али у години са кишовитијим преджетвеним периодом је установљена значајно већа вредност стабилности теста код сорти.

Сорте које на *Glu-D1* локусу садрже подјединице 5+10, су имале значајно веће вредности енергије теста у односу на сорте са подјединицом 2+12. Фактори спољашње средине нису имали утицаја на овај параметар технолошког квалитета.

Параметар растегљивост теста није показао зависност нити од генотипа ни од фактора спољашње средине.

Установљене су значајне разлике између сорти на основу просечних вредности отпора теста, које се могу повезати са присуством протеинских подјединица високо молекуларних глутенина. Такође је установљена значајно мања вредност отпора теста код сорти анализираних у години са мањом количином падавина у преджетвеном периоду.

Параметар брзина желатинизације скроба није показао зависност нити од генотипа ни од фактора спољашње средине.

Садржај влажног глутена није показао зависност нити од генотипа ни од фактора спољашње средине.

Сорте које на *Glu-D1* локусу садрже подјединице 5+10, су имале значајно веће вредности глутен индекса у односу на сорте са подјединицом 2+12. Фактори спољашње средине нису имали утицаја на овај параметар технолошког квалитета.

Еластичност средине хлеба је била значајно нижа у години са сушним и топлим преджетвеним периодом, док је отпорност средине хлеба показала значајно варирање од генотипа. Остали директни параметри технолошког квалитета (запремина хлеба, светлина коре хлеба, удео жутог пигмента у кори хлеба, удео црвеног пигмента у кори хлеба, тврдоћа средине хлеба) нису показали зависност нити од генотипа ни од фактора спољашње средине.

Утврђен је значајан утицај фактора година на садржај глутенина, садржај LMW-GS и *Gli/Glu* однос, док на параметре садржај глијадина, садржај HMW-GS и пропорцију глутенина (HMW/LMW) фактор година није имао утицаја.

Генотип и интеракција генотипа и фактора спољашње средине нису имали утицаја на наведене параметре.

Између *Gli/Glu* односа и односа отпора и растегљивости (O/P) утврђен је средњи степен негативне корелације ($r = -0,47$).

Није утврђена значајна линеарна корелација између запремине хлеба са једне стране и *Gli/Glu* односа и пропорције HMW/LMW са друге стране.

Код анализираних сорти пшенице је детерминсано 10 аминокиселина. Установљене су разлике између сорти према броју, саставу и садржају аминокиселина. Код сорте Рапсодија је идентификован највећи број аминокиселина, девет, а код сорте Звездана најмање, пет аминокиселина.

Концентрација аминокиселина код сорти пшенице је била различита у зависности од локалитета и године. У локалитету Сомбор, је био највећи садржај детерминисаних аминокиселина за већину сорти, као и просечно за све сорте у првој години експеримента. Може се констатовати да састав и садржај аминокиселина варирају у зависности од генотипа и агро-еколошких фактора.

9. ЛІТЕРАТУРА

- Abbasi, H., Emam-Djomeh, Z., Seyedin, S.M. (2011): Application of Artificial Neural Network and Genetic Algorithm for Predicting three Important Parameters in Bakery Industries. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 4: 51-64.
- Abbasi, H., Seyedin, S.M., Emam-Djomeh, Z., Mohammadifar, M.A., Zekri, M., Aghagholizadeh, R. (2012): Prediction of Extensograph Properties of Wheat-Flour Dough: Artificial Neural Networks and A Genetic Algorithm Approach. *Journal of Texture Studies*, 43: 326–337.
- Abbasi, H., Seyedin, S.M., Mohammadifar, M.A., Emam-Djomeh, Z. (2015): Comparison of Trial and Error and Genetic Algorithm in Neural Network Development for Estimating Farinograph Properties of Wheat-flour Dough. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2: 29-38.
- Abedi, T., Alemzadeh, A., Kazemeini, A. S. (2011): Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. *Australian Journal of Crop Science*, 5: 330-336.
- Ahmad, Z., Butt, M.S., Ahmed, A., Riaz, M., Sabir, S.M., Farooq, U., Rehman, F.U. (2014): Effect of *Aspergillus niger* xylanase on dough characteristics and bread quality attributes. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 2445–2453.
- Ajila, C.M., Leelavathi, K., Prasada Rao, U.J.S. (2007): Improvement of dietary fibre content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48: 319–326.
- Al-Saleh, A., Brennan, C.S. (2012): Bread Wheat Quality: Some Physical, Chemical and Rheological Characteristics of Syrian and English Bread Wheat Samples. *Foods*, 1: 3-17.
- Alamri, M.S., Manthey, F., Mergoum, M., Elias, E., Khan, K. (2009): Use of the Glutograph Instrument in Durum Wheat Quality Evaluation. *Sciences Research*, 2: 23-32.
- Altenbach, S.B. (2011): New insights into the effects of high temperature, drought and post-anthesis fertilizer on wheat grain development. *Journal of Cereal Science*, 39-50.
- Ameh, M.O., Gernah, D.I., Igbabul, B.D. (2013): Physico-Chemical and Sensory Evaluation of Wheat Bread Supplemented with Stabilized Undefined Rice Bran. *Food and Nutrition Sciences*, 4: 43-48.

- Amjid, M.R., Shehzad, A., Hussain, S., Shabbir, M.A., Khan, M.R., Shoaib, M. (2013): A comprehensive review on wheat flour dough rheology. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 23: 105-123.
- Ammar, A.S., Salem, S.A., Badr, F.H. (2011): Rheological Properties of Wheat Flour Dough as Affected by Addition of Whey and Soy Proteins. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10: 302-306.
- Anil, M. (2007): Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*, 80: 61–67.
- Anjum, F.M., Ahmad, I., Butt, M.S., Sheikh, M.A., Pasha, I. (2005): Amino acid composition of spring wheats and losses of lysine during chapati baking. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 523–532.
- Anjum, F. M., Khan, M. R., Din, A., Saeed, M., Pasha, I., Arshad, M.U. (2007): Wheat gluten: high molecular weight glutenin subunits—structure, genetics, and relation to dough elasticity. *Journal of Food Science*, 72: 56–63.
- Avni, R., Zhao, R., Pearce, S., Jun, Y., Uauy, C., Tabbita, F., Fahima, T., Slade, A., Dubcovsky, J., Distelfeld, A. (2014): Functional characterization of GPC-1 genes in hexaploid wheat. *Planta*, 239: 313-324.
- Balázs, G., Baracska, I., Nádosi, M., Harasztos, A., Békés, F., Tömösközi, S. (2011): Lab-on-a-chip technology in cereal science: Analytical properties and possible application areas. *Acta Alimentaria*: 1–13.
- Balázs, G., Tomoskozi, S., Harasztos, A., Nemeth, V., Tamas, A., Morgounov, A., Belan, I., Ma, W., Bekes, F. (2012): Advantages and Limitation of Lab-on-a-chip Technique in the Analysis of Wheat Proteins. *Cereal Research Communications*, 40: 562–572.
- Balla, K., Rakszegi, M., Li, Z., Bekes, F., Bencze, S., Veisz, O. (2011): Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech Journal of Food Sciences*, 29: 117–128.
- Balla, K., Veisz, O. (2007): Changes in the quality of cereals in response to heat and drought stress. *Acta Agronomica Óvariensis*, 49: 451–455.
- Banu, I., Stoenescu, G., Ionescu, V., Aprodu, I. (2011): Estimation of the Baking Quality of Wheat Flours Based on Rheological Parameters of the Mixolab Curve. *Czech Journal of Food Sciences*, 29: 35-44.

- Barak, S., Mudgil, D., Khatkar, B. (2015): Biochemical and functional properties of wheat gliadins: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55: 357-368.
- Barić, M., Pecina, M., Šarčević, H., Kereša, S. (2004): Stability of four Croatian bread winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for quality traits. *Plant Soil Environment*, 50: 402-408.
- Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., Hawkesford, M.J. (2010): Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy*, 33: 1-11.
- Barrero, J.M., Mrva, K., Talbot, M.J., Rosemary, G.W., Taylor, J., Gubler, F., Mares, D.J. (2013): Genetic, Hormonal, and Physiological Analysis of Late Maturity α -Amylase in Wheat. *Plant Physiology*, 161: 1265-1277.
- Berman, M., Bason, M.L., Ellison, F., Peden, G., Wrigley, C.W. (1996): Image Analysis of Whole Grains to Screen for Flour-Milling Yield in Wheat Breeding. *Cereal Chemistry*, 73: 323-327.
- Bettge, A.D., Morris, C.F. (2007): Oxidative gelation measurement and influence on soft wheat batter viscosity and end-use quality. *Cereal Chemistry*, 84: 237–242.
- Biddulph, T.B., Plummer, J.A., Setter, T.L., Mares, D.J. (2007): Influence of high temperature and terminal moisture stress on dormancy in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 103: 139–153.
- Biddulph, T., Plummer, J., Setter, T., Mares, D. J. (2008): Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. *Field Crops Research*, 107: 116-128.
- Blanco, A., Colasuonno, P., Gadaleta, A., Mangini, G., Schiavulli, A., Simeone, R., Digesù, A. M., De Vita, P., Mastrangelo, A.M., Cattivelli, L. (2011): Quantitative trait loci for yellow pigment concentration and individual carotenoid compounds in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 54: 255-264.
- Blandino, M., Vaccino, P., Reyneri, A. (2015): Late-Season Nitrogen Increases Improver Common and Durum Wheat Quality. *Agronomy Journal*, 107: 680-690.
- Bogard, M., Moreau, D., Allard, V., Martre, P., Le Gouis, J. (2008): Genetic analysis of grain protein deviation in wheat. 11th International Wheat Genetics Symposium 2008, 473-475.

- Bonet, A., Rosell, C.M., Caballero, P.A., Gómez, M., Pérez-Munuera, I. Lluch, M. (2006): Glucose oxidase effect on dough rheology and bread quality: a study from macroscopic to molecular level. *Food Chemistry*, 99: 408-415.
- Bojnanska, T., Tokar, M., Vollmannova, A. (2015): Rheological parameters of dough with inulin addition and its effect on bread quality. *Journal of Physics: Conference Series* 602: 1-6.
- 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.
- Borrelli, G. M., De Leonardis, A. M., Platani, C., Troccoli, A. (2008): Distribution along durum wheat kernel of the components involved in semolina colour. *Journal of Cereal Science*, 48: 494-502.
- Branković, G., Dragičević, V., Dodig, D., Knežević, D., Kobiljski, B., Šurlan-Momirović, G. (2015a): Albumin content in bread wheat (*Triticum aestivum*, L.) and durum (*Triticum durum* Desf.) as affected by environment. *Scientific journal Zemdirbyste-Agriculture*, 102(3): 281-288.
- Branković, G.R., Dodig, D.B., Knežević, D.S., Đurić, N.A., Kandić, V.G. (2015b): Heritabilnost i komponente varijanse morfometrijskih osobina zrna hlebne pšenice i durum pšenice. *Journal of Agricultural Sciences* 60(3): 247-261.
- Brevis, J.C., Morris, C.F., Manthey, F., Dubcovsky, J. (2010): Effect of the grain protein content locus Gpc-B1 on bread and pasta quality. *Journal of Cereal Science*, 51: 357-365.
- Brites, C.M., Lourenço dos Santos, C.A., Bagulho, A.S., Beirão-da-Costa, M.L. (2008): Effect of wheat puroindoline alleles on functional properties of starch. *European Food Research and Technology*, 226: 1205-1212.
- Butt, M.S., Tahir-Nadeem, M., Ahmad, Z., Sultan, M.T. (2008): Xylanases and Their Applications in Baking Industry. *Food Technology and Biotechnology*, 46: 22-31.
- Caffe-Treml, M., Glover, K.D., Krishnan, P.G., Gary, A., Hareland, G.A., Bondalapati, K.D., Stein, J., (2011): Effect of Wheat Genotype and Environment on Relationships Between Dough Extensibility and Breadmaking Quality. *Cereal Chemistry Journal*, 88: 201-208.

- Campillo, R., Jobet, C., Undurraga, P. (2010): Effects of Nitrogen on Productivity, Grain Quality, and Optimal Nitrogen Rates in Winter Wheat cv.Kumpa-INIA in Andisols of Southern Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70: 122-131.
- Cantu, D., Pearce, S., Distelfeld, A., Christiansen, M., Uauy, C., Akhunov, E., Fahima, T., Dubcovsky, J. (2011): Effect of the down-regulation of the high Grain Protein Content (GPC) genes on the wheat transcriptome during monocarpic senescence. *BMC Genomics*, 12: 492-499.
- Carver, B.F. (1996): Yield and Hard Wheat Quality Attributes in Hard \times Soft Red Winter Progeny. *Crop Science*, 36: 433-438.
- Carver, B.F. (2009): The biochemical and molecular basis of wheat quality. *Wheat Science Trade*: 514-516.
- Cesevičienė, J., Leistrumaitė, A., Paplauskienė, V. (2009): Grain yield and quality of winter wheat varieties in organic agriculture. *Agronomy Research*, 7: 217–223.
- Chen, F., Beecher, B.S., Morris, C.F. (2010): Physical mapping and a new variant of *Puroindoline b-2* genes in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 120: 745–751.
- Cheng, C.R., Oldach, K., Mrva, K., Mares, D. (2014): Analysis of high pI α -Amy-1 gene family members expressed in late maturity α -amylase in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecular Breeding*, 33:519-529.
- Clarke, F.R., Clarke, J.M., Ames, N.A., Knox, R.E., Ross, R.J. (2010): Gluten index compared with SDS-sedimentation volume for early generation selection for gluten strength in durum wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 90: 1-11.
- Clarke, F.R., Clarke, J.M., McCaig, T.N., Knox, R.E., DePauw, R.M. (2006): Inheritance of yellow pigment concentration in seven durum wheat crosses. *Canadian Journal of Plant Science*, 90: 133–141.
- Constantin, G., Voicu, G., Rusanescu, C.O., Stefan, E.M. (2011): Researches on Rheological Characteristics of Dough of Wheat Flour and their Changes During Storage. *Bulletin UASVM Agriculture*, 68: 212-219.
- Craven, M., Barnard, A., Labuschagne, M.T. (2008): Significance of kernel moisture content in determination of Hagberg Falling Number in wheat. *South African Journal of Plant and Soil*, 25: 71-78.

Craven, M., Barnard, A., Otto, W., Labuschagne, M.T. (2007): Classification of South African Bread Wheat Cultivars According to Hagberg Falling Number Reaction to Fertilizer Treatment. *Cereal Chemistry*, 84: 214-219.

Cuesta, S., Guzmán, C., Alvarez, J.B. (2013): Allelic diversity and molecular characterization of *Puroindoline* genes in five diploid species of the *Aegilops* genus. *Journal of Experimental Botany*, 64: 5133-5143.

Ćurić, D., Karlović, D., Tušak, D., Petrović, B., Đugum, J. (2001): Gluten as a Standard of Wheat Flour Quality. *Food Technology and Biotechnology*, 39: 353–361.

Ćurić, D., Novotni, D., Bauman, I., Krička, T., Jukić, Ž., Voća, N., Kiš, D. (2009): Bread-Making Quality of Standard Winter Wheat Cultivars. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74: 161-167.

Dapćević Hadnađev, T., Pojić, M., Hadnađev, M., Torbica, A. (2011): The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control, *Wide Spectra of Quality Control*, Dr. Isin Akyar (Ed.), ISBN: 978-953-307-683-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/wide-spectra-of-quality-control/therole-of-empirical-rheology-in-flour-quality-control>.

Denčić, S., DePauw, R., Kobiljski, B., Momčilović, V. (2013): Hagberg Falling Number and Rheological Properties of Wheat Cultivars in Wet and Dry Preharvest Periods. *Plant Prod. Sci.*, 16: 342-351.

Denčić, S., Mladenov, N., Kobiljski, B. (2011): Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. *International Journal of Plant Production*, 5: 71-82.

Dhaka, V., Gulia, N., Khatkar, B.S. (2012): Application of Mixolab to Assess the Bread Making Quality of Wheat Varieties. *J. Food Process. Technol.* 1. doi: 10.4172/scientificreports.183.

Dhaka, V., Khatkar, B.S. (2015): Effects of Gliadin/Glutenin and HMW-GS/LMW-GS Ratio on Dough Rheological Properties and Bread-Making Potential of Wheat Varieties: Gluten Proteins, Dough Rheology and Bread Quality. *Journal of Food Quality*, 38: 1-12.

Dhungana, P., Eskridge, K.M., Baenziger, P.S., Campbell, B.T., Gill, K.S., Dweikat, I. (2007): Analysis of Genotype-by-Environment Interaction in Wheat Using a Structural Equation Model and Chromosome Substitution Lines. *Crop Science*, 47: 477–484.

Digesú, A.M., Platani, C., Cattivelli, L., Mangini, G., Blanco, A. (2009): Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats. *Journal of Cereal Science*, 50: 210-218.

Dimitrijević, M., Knežević, D., Petrović, S. (1998): Gliadin allele composition in relation to technological quality parameters and grain yield in wheat. *Proceeding of International Symposium Breeding of Small Grains, Kragujevac*, 1: 15-21.

Dimitrijević, M., Knežević, D., Petrović, S., Zečević, V., Bošković, J., Belić, M., Pejić, B., Banjac, B. (2011): Stability of yield components in Wheat. *Genetika*, 43: 29-39.

Distelfeld, A., Uauy, C., Fahima, T., Dubcovsky, J. (2006): Physical map of the wheat high-grain protein content gene *Gpc-B1* and development of a high-throughput molecular marker. *New Phytologist*, 169: 753–763.

Dobraszczyk, B.J., Salmanowicz, B.P. (2008): Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties. *Journal of Cereal Science*, 47: 292–301.

Dodig, D., Zorić, M., Knežević, D., King, S.R., Momirović-Šurlan, G. (2008): Genotype x environment interaction for wheat yield in different drought stress conditions and agronomic traits suitable for selection. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59: 536–545.

Dogan, R. (2010): Evaluation of the Agronomical and Biochemical Characteristics of New Lines of Bread Wheat in Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38: 135-139.

Dong, L., Zhang, X., Liu, D., Fan, H., Sun, J., Zhang, Z., Qin, H., Li, B., Hao, S., Li, Z., Wang, D., Zhang, A., Ling, H. (2010): New Insights into the Organization, Recombination, Expression and Functional Mechanism of Low Molecular Weight Glutenin Subunit Genes in Bread Wheat. *Plos One*, 5: 1-16.

D'Ovidio, R., Masci, S. (2004): The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 39: 321–339.

Dowell, F.E., Maghirang, E.B., Pierce, R.O., Lookhart, G.L., Bean, S.R., Xie, F., Caley, M.S., Wilson, J.D., Seabourn, B.W., Ram, M.S., Park, S.H., Chung, O.K. (2008): Relationship of Bread Quality to Kernel, Flour, and Dough Properties. *Cereal Chemistry*, 85: 82-91.

Drezner, G., Dvojković, K., Horvat, D., Novoselović, D., Lalić, A. (2007): Environmental impacts on wheat agronomic and quality traits. *Cereal Research Communications*, 35: 357-360.

Dua, S., Lukow, O. M., Humphreys, G., Adams, K. (2009): Effect of Extraction Methods and Wheat Cultivars on Gluten Functionality. *The Open Food Science Journal*, 3: 84-92.

Džamić, M. (1989). *Praktikum iz biohemije*. Beograd: Naučna knjiga.

Đukić, N., Knežević, D., Cvijanović, D., Jeločnik, M., Ivanović, L. (2006): Amino acids contents in barley and wheat. *Ekonomika poljoprivrede*, broj TB 53, 21-28.

Đukić, N., Knežević, D., Horvat, D., Živančev, D., Torbica, A. (2011): Similarity of cultivars on the basis of composition of gliadin alleles. *Genetika*, 43: 527-536.

Đukić Nevena, Knežević, D., Zečević Veselinka (2008): Genetic determination of technological quality in *Triticum durum*. *Periodicum Biologorum*, 110 (3): 285-289.

Đurić, V., Kobiljski, B., Panković, L. (2005): Aktuelne NS-sorte pšenice kao sirovina za prerađivačku industriju. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad 41: 207-220.

Đurić, V., Kondić-Špika, A., Hristov, N., Popov-Raljić, J. (2010): Effects of nitrogen nutrition and glutenin composition on gluten quality in wheat genotypes. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 16: 73-78.

Eliasson, A., Bergenståhl, B., Nilsson, L., Sjöö, M. (2013): From Molecules to Products: Some Aspects of Structure–Function Relationships in Cereal Starches. *Cereal Chemistry*, 90: 326–334.

Ereku, O., Götz, K.P., Koca, Y.O. (2012): Effect of sulphur and nitrogen fertilization on bread-making quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under Mediterranean climate conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 85: 17 – 22.

Esmail, R.M., Hussein, A.M.S., Abdelmaguid, N.M. (2015): Influence of Water Stress on Yield, Technological and Rheological Characteristics of Some New Wheat Lines. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6: 840-854.

Fana, G., Deressa, H., Dargie, R., Bogale, M., Mehadi, S., Getachew, F. (2012): Grain Hardness, Hectolitre Weight, Nitrogen and Phosphorus Concentrations of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L.var. *Durum*) as Influenced by Nitrogen and Phosphorus Fertilisation. *World Applied Sciences Journal*, 20: 1322-1327.

Farrell, A.D., Kettlewell, P.S. (2008): The Effect of Temperature Shock and Grain Morphology on Alpha-amylase in Developing Wheat Grain. *Annals of Botany*, 102: 287–293.

Fari, M.J.M., Rajapaksa, D., Ranaweera, K.K.D.S. (2010): Effect of Rice Variety on Rice Based Composite Flour Bread Quality. *Tropical Agricultural Research*, 21: 157 – 167.

Ficco, D.B.M., Mastrangelo, A.M., Trono, D., Borrelli, G.M., De Vita, P., Fares, C., Beleggia, R., Platani, C., Papa, R. (2014): The colours of durum wheat: a review. *Crop and Pasture Science*, 65: 1-15.

Filipčev, B., Šimurina, O., Mišljenović, N., Koprivica, G., Pribiš, V., Lević, Lj. (2009): Effect of Osmotically dehydrated Apples and Plums in Sugar beet Molasses on Dough thermo-mechanical Properties and Quality Parameters. *PTEP*, 13: 174-177.

Filipek, T., Harasim, P. (2011): Nitrogen Content and Aminoacids Protein Composition of Grain of Winter Wheat Foliar Fertilized with Urea and Microelements Fertilizers. *Ecological Chemistry and Engineering. A*, 18: 523-529.

Filipović, N., Đurić, M., Gyura, J. (2007): The effect of the type and quantity of sugar-beet fibers on bread characteristics. *Journal of Food Engineering*, 78: 1047–1053.

Finlay, G.J., Bullock, P.R., Sapirstein, H.D., Naeem, H.A., Hussain, A., Angadi, S.V., DePauw, R.M. (2007): Genotypic and environmental variation in grain, flour, dough and bread-making characteristics of western Canadian spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 87: 679–690.

FINS. (2007): Одређивање садржаја влаге и протеина применом Infratec–а 1241 FINSLab–5.4–3M–001 интерна метода. Нови Сад, Србија: Институт за прехранбене технологије у Новом Саду.

Fofana, B., Humphreys, D., Rasul, G., Cloutier, S., Brule-Babel, A., Woods, S., Lukow, O., Somers, D. (2009): Mapping quantitative trait loci controlling pre-harvest sprouting resistance in a red × white seeded spring wheat cross. *Euphytica*, 165:509-521.

Fox, G.P., Martin, A., Kelly, A.M., Sutherland, M.W., Martin, D., Banks, P.M., Sheppard, J. (2013): QTLs for water absorption and flour yield identified in the doubled haploid wheat population Lang/QT8766. *Euphytica*, 192: 453–462.

Gaines, C.S. (1991): Associations Among Quality Attributes of Red and White Soft Wheat Cultivars Across Locations and Crop Years. *Cereal Chemistry*, 68: 56-59.

Gao, X., Hu, C.H., Li, H.Z., Yao, Y.J., Meng, M., Dong, J., Zhao, W.C., Chen, Q.J., Li, X.Y. (2013): Factors affecting pre-harvest sprouting resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23: 556–565.

Garcia del Moral, L., Rharrabti, Y., Martos, V., Royo, C. (2007): Environmentally Induced Changes in Amino Acid Composition in the Grain of Durum Wheat Grown under Different Water and Temperature Regimes in a Mediterranean Environment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 8144–8151.

Garcia-Olmedo, F., Carmona, M.J., Lopez-Fando, J.J., Fernandez, J.A., Castagnaro, A., Molina, A., Hernandez-Lucas, C., Carbonero, P. (2002): Characterization and analysis of thionin genes. *Plant Gene Research. Genes Involved in Plant Defense*, Boller, T., Molina, A., ed. (New York, Springer), 283-302.

Gil, D.H., Bonfilb, D.J., Svoraya, T. (2011): Multi scale analysis of the factors influencing wheat quality as determined by Gluten Index. *Field Crops Research*, 123: 1–9.

Gil-Humanes, J., Pistón, F., Rosell, C.M., Barro, F. (2012): Significant down-regulation of γ -gliadins has minor effect on gluten and starch properties of bread wheat. *Journal of Cereal Science*, 56: 161-170.

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.

González-Torralba, J., Ezquerro, A., Goñi, J., Arregui, L.M. (2012): Effect of nitrogen fertilizer rate on wheat flour extensibility. *Nitrogen Workshop 2012*: 460-461.

Gooding, M.J., Uppal, R.K., Addisu, M., Harris, K.D., Uauy, C., Simmonds, J.R., Murdoch, A.J. (2012): Reduced height alleles (*Rht*) and Hagberg falling number of wheat. *Journal of Cereal Science*, 55: 305-311.

Górny, A.G., Banaszak, Z., Ługowska, B., Ratajczak, D. (2011): Inheritance of the efficiency of nitrogen uptake and utilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under diverse nutrition levels. *Euphytica*, 177: 191–206.

Gregersen, P.L., Holm, P.B., Krupinska, K. (2008): Leaf senescence and nutrient remobilisation in barley and wheat. *Plant Biology*, 10: 37–49.

Groos, C., Gay, G., Perretant, M.R., Gervais, L., Bernard, M., Dedryver, F., Charmet, G. (2002): Study of the relationship between pre-harvest sprouting and grain color by quantitative trait loci analysis in a white×red grain bread-wheat cross. *Theoretical and Applied Genetics*, 104: 39-47.

Grujić-Injac, B. (1962). Hemija aminokiselina i belančevina. Beograd: Naučna knjiga.

Hadnađev, M., Dapčević Hadnađev, T., Pojić, M., Torbica, A., Tomić, J., Rakita, S., Janić Hajnal, E. (2015): Changes in the rheological properties of wheat dough during short-term storage of wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 569-575.

Hadnađev, M., Dapčević Hadnađev, T., Šimurina, O., Filipčev, B. (2013): Empirical and Fundamental Rheological Properties of Wheat Flour Dough as Affected by Different Climatic Conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 1381-1391.

Hadži-Tašković Šukalović, V., Dodig, D., Žilić, S., Basić, Z., Kandić, V., Delić, N., Miritescu, M. (2013): Genotypic and Environmental Variation of Bread and Durum Wheat Proteins and Antioxidant Compounds. *Romanian Agricultural Research*, 30: 1-10.

Hagel, I. (2005): Sulfur and baking-quality of bread making wheat. *Landbauforschung volkenrode*, 283: 23-36.

Hassan, A.A., Mansour, E.H., Bedaway, A.A., Zaki, M.S. (2014): Improving dough rheology and cookie quality by protease enzyme. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 1: 1-7.

Hazen, S.P., Ward, R.W. (1997): Variation in soft winter wheat characteristics measured by the single kernel characterization system. *Crop Science*, 37: 1079-1086.

He, Y., Lu, Q. (2015): Impact of Apple Pomace on the Property of French Bread. *Advance Journal of Food Science and Technology* 8: 167-172.

Hemalatha, M.S., Manohar, R.S., Salimath, P.V., Prasada Rao, U.J.S. (2013): Effect of Added Arabinoxylans Isolated from Good and Poor Chapati Making Wheat Varieties on Rheological Properties of Dough and Chapati Making Quality. *Food and Nutrition Sciences*, 4: 884-892.

Horvat, D., Šimić, G., Drezner, G., Dvojković, K., (2007): Utjecaj albumina i globulina na pekarsku kakvoću pšenice (*Triticum aestivum L.*). *Agronomski glasnik*, 2: 135-146.

Horvat, D., Drezner, G., Magdić, D., Šimić, G., Dvojković, K., Lukinac J.(2009a): Effect of an oxidizing improver on dough rheological properties and bread crumb structure in winter wheat cultivars (*Triticum aestivum L.*) with different gluten strength. *Romanian Agriculture Research*, 26: 35-40.

Horvat, D., Kurtanjek, Ž., Drezner, G., Šimić, G., Magdić, D. (2009b): Effect of HMM Glutenin Subunits on Wheat Quality Attributes. *Food Technology and Biotechnology*, 47: 253-259.

Horvat, D., Drezner, G., Dvojković, K., Šimić, G., Magdić, D., Španić, V. (2012a): End-use quality of wheat cultivars in different environments. *Sjemenarstvo*, 29: 5-14.

Horvat, D., Drezner, G., Sudar, R., Magdić, D., Španić, V. (2012b): Baking quality parameters of wheat in relation to endosperm storage proteins. *Croat. J. Food Sci. Technol.*, 4: 19-25.

Horváth, Zs. H., Véha, A. (2015): Colour characteristics of winter wheat grits of different grain size. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 8: 70-77.

Hristov, N., Mladenov, N., Đurić, V., Kondić-Špika, A. (2010a): Efekat interakcije genotip x spoljna sredina na energiju testa pšenice. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47: 75-83.

Hristov, N., Mladenov, N., Đurić, V., Kondić-Špika, A., Marjanović-Jeromela, A., Šimić, D. (2010b): Genotype by environment interactions in wheat quality breeding programs in southeast Europe. *Euphytica*, 174: 315-324.

Hristov, N., Mladenov, N., Jocković, B., Đurić, V., Kondić-Špika, A., Obreht, D. (2013): High Molecular Weight (HMW) Glutenin Subunit Composition of NS Wheat Cultivars Released in 1987-2008. *Ratarstvo. Povrtarstvo* 50: 29-36.

Hurkman, W.J., Wood, D.F. (2011): High Temperature during Grain Fill Alters the Morphology of Protein and Starch Deposits in the Starchy Endosperm Cells of Developing Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grain. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59: 4938–4946.

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. 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.

Ionescu, V., Stoenescu, G., Vasilean, I., Aprodu, J., Banu, I. (2010): Comparative evaluation of wet gluten quantity and quality through different methods. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI – Food Technology*, 34: 44-48.

Jarvis, C.K., Sapirstein, H.D., Bullock, P.R., Naeem, H.A., Angadi, S.V., Hussain, A. (2008): Models of growing season weather impacts on breadmaking quality of spring wheat from producer fields in western Canada. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(13): 2357 – 2370.

Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Lukme, L., Akk, A. (2008): The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. *Agronomy Research*, 6: 459–469.

Jefremova, O., Radenkovs, V., Kunkulberga, D., Klava, D. (2015): Technological properties of dough from wheat flour and fermented bran. *Chemine Technologija*, 1: 13-18.

Jenner, C. (1994): Starch Synthesis in the Kernel of Wheat Under High Temperature Conditions. *Functional Plant Biology*, 21:791-806.

Jukić, K., Svetec Burek, N., Gunjača, J., Bukan, M., Ikić, I., Tomasović, S., Mlinar, R., Maričević, M., Šarčević, H. (2011): Učinak gnojidbe dušikom na dormantnost zrna kod pšenice. *Proceedings. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia*, 399-403.

Kalnina, S, Rakcejeva, T. (2014): Investigation of total protein content and amino acid composition of whole grain flour blend for pasta production. *Research for Rural Development*, 1: 155-161.

Kalnina, S., Rakcejeva, T., Kunkulberga, D. (2015a): Rheological Properties of whole Grain Wheat, Rye and Hull-less Barley Flour for Pasta Production. *Research for Rural Development*, 1: 150-156.

Kalnina, S., Rakcejeva, T., Kunkulberga, D., Galoburda, R. (2015b): Rheological properties of whole wheat and whole triticale flour blends for pasta production. *Agronomy Research*, 13: 948–955.

Kaluđerski, G., Filipović, N.K. (1998): *Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda*. Novi Sad: Tehnološki fakultet - Zavod za tehnologiju žita i brašna.

Kang, C-S., Jung, J-U., Baik, B-K., Park, C.S. (2014): Relationship between physicochemical characteristics of flour and sugar-snap cookie quality in Korean wheat cultivar. *International Food Research Journal* 21: 617-624.

Karaoglu, M.M., Aydeniz, M., Kotancilar, H.G., Gercelaslan, K.E. (2010): A comparison of the functional characteristics of wheat stored as grain with wheat stored in spike form. *International Journal of Food Science & Technology*, 45: 38-47.

Karolini-Skaradzińska, Z., Bihuniak, P., Piotrowska, E., Wdowik, L. (2007): Properties of dough and qualitative characteristics of wheat bread with addition of inulin. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57: 267-270.

Khan, M.S., Ali, E., Ali, S., Khan, W.M., Sajjad, M.A., Hussain, F. (2014): Assessment of essential amino acids in wheat proteins: a case study. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 4: 185-189.

Kharel, T.P., Clay, D.E., Clay, S.A., Beck, D., Reese, C., Carlson, G., Park, H. (2011): Nitrogen and Water Stress Affect Winter Wheat Yield and Dough Quality. *Agronomy Journal*, 103: 1389-1396.

Kharrazi, M.A.S., Bobojonov, V. (2012): Identification and sequence analysis of grain softness protein in selected wheat, rye and triticale. *Genetics and Molecular Research*, 11: 2578-2584.

Kieffer, R. (2006): The Role of Gluten Elasticity in the Baking Quality of Wheat, In: *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*, L. Popper, W. Schäfer & W. Freund, (Eds.), 169-178.

Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F., Le Gouis, J. (2007): In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research*, 102: 22–32.

Knežević, D. (1988): Elektroforetska analiza glijadina nekih jugoslovenskih sorti pšenice. Zbornik radova sa naučnog skupa, Unapredjenje proizvodnje pšenice i drugih strnih žita (urednik, A. Popović), str. 161-174.

Knežević, J., Đokić, D., Terzić, D., Poštić, D., Đukanović, L., Tošković, S., Tmušić, N. (2014): Komparativna analiza svojstava semena različitih vrsta pšenice. *Selekcija i semenarstvo*, 20: 55-62.

Knežević D., Đukić Nevena, Madić Milomirka, Paunović A., Zečević Veselinka (2007): Comparison of amino acids contents in barley and wheat. *Proc. of Int.Symp. "Trends in the development of european agriculture"* (ed. Alexandru Moisu) ISSN 1221-5279

organised within the *Academic days of Timișoara*, May 24-25, 2007, Timișoara, Rumunija, pp. 71-76.

Knežević, S.D., Đukić Nevena, Paunović, A., Madić Milomirka (2009): Amino acid content in grains of different winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Cereal Research Communications*, 37: 647-650.

Knežević, D., Menkovska, M. (1994): The HMW glutenin subunits and Glu-1 alleles compositions of Macedonian wheat varieties. *Genetika* 26: 43-49.

Knežević, D., Mihajlović, D., Kondić, D. (2013): Contents of Amino Acids in Grains of Different Bread Wheat Genotypes. *Agroznanje*, 14: 431-439.

Knežević, D., Rosandić, A., Kondić, D., Radosavac, A., Rajković, D. (2016): Impact of quality of grain wheat on food value. *Növénytermelés*, 65: 99-102.

Knežević, D., Rosandić, A., Kondić, D., Radosavac, A., Rajković, D. (2017a): Effect of gluten formation on wheat quality. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4. (1): 169-174.

Knežević, D., Vapa, Lj., Javornik, B. (1993): Gliadin polymorphism. *Proceedings of the Eight International Wheat Genetics Symposium*, 2: 1203-1207.

Knežević, D., Zečević, V., Mićanović, D., Đukić N., Milinković, J. (2006): Yield and quality parameters of winter wheat lines (*Triticum aestivum* L.). *Proceeding of Second International Symposium of ecologist of Montenegro*; 20-24 September, Kotor. pp.423-429.

Knežević, D., Zečević, V., Mićanović, D., Menkovska, M., Glumac, S. (2017b): Effect of environment to wheat quality properties. XII International Conference knowledge capital of the future-“knowledge without borders”. March 31-April 02 2017, Vrnjačka Banja, Serbia. *International Journal Institute of knowledge Management*, 16 (4) : 609-614.

Koehler, P. (2009): Structure and Functionality of Gluten Proteins: An Overview. *Proceedings of the 10th International Gluten workshop*, 7 - 9 September 2009, Clermont-Ferrand, France.

Koen, E. (2006): The use of gluten proteins to predict bread and durum wheat quality. PhD Thesis, University of the Free State, Bloemfontein, USA.

Koga, S., Böcker, U., Moldestad, A., Tosi, P., Shewry, P.R., Mosleth, E.F., Uhlen, A.K. (2016): Influence of temperature during grain filling on gluten viscoelastic properties and gluten protein composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96: 122–130.

Koksel, H., Kahraman, K., Sanal, T., Ozay, D.S., Dubat, A. (2009): Potential Utilization of Mixolab for Quality Evaluation of Bread Wheat Genotypes. *Cereal Chemistry*, 86: 522–526.

Kondhare, K.R., Farrell, A.D., Kettlewell, P.S., Hedden, P., Monaghan, J.M. (2015): Prematurity α -amylase in wheat: The role of abscisic acid and gibberellins. *Journal of Cereal Science*, 63: 95-108.

Koppel, R., Ingver, A. (2008): A comparison of the yield and quality traits of winter and spring wheat. *Agronomijas Vestis (Latvian Journal of Agronomy)*, 11: 83–89.

Koppel, R., Ingver, A. (2010): Stability and predictability of baking quality of winter wheat. *Agronomy Research*, 8: 637–644.

Kovacs, A., Rakszegi, M., Lang, L., Ma, W., Bekes, F., Bedo, Z. (2013): Application of a Rapid Electrophoresis Technique Analysing the Glutenin Subunit Composition of Wheat Genotypes. *Cereal Research Communications*, 41: 468–481.

Labuschagne, M.T., Geleta, N., Osthoff, G. (2007): The Influence of Environment on Starch Content and Amylose to Amylopectin Ratio in Wheat. *Starch/Stärke*, 59: 234-238.

László, Z., Hovorka-Horváth, Z., Beszédes, S., Kertész, S., Gyimes, E., Hodúr, C. (2008): Comparison of the Effects of Ozone, UV and Combined Ozone/UV Treatment on the Color and Microbial Counts of Wheat Flour. *Ozone: Science and Engineering*, 30: 413–417.

Li, S., Morris, C.F., Bettge, A.D. (2009): Genotype and Environment Variation for Arabinoxylans in Hard Winter and Spring Wheats of the U.S. Pacific Northwest. *Cereal Chemistry*, 86: 88-95.

Li, Y., Wu, Y., Hernandez-Espinosa, N., Peña, R.J. (2013): The influence of drought and heat stress on the expression of end use quality parameters of common wheat. *Journal of Cereal Science*, 57: 73–78.

Linina, A., Ruža, A. (2012): Cultivar and Nitrogen Fertiliser Effects on Fresh and Stored Winter Wheat Grain Quality Indices. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 66: 177-184.

Lloyd, B.J., Siebenmorgen, T.J., Bacon, R.K., Vories, E. (1999): Harvest Date and Conditioned Moisture Content Effects on Test Weight of Soft Red Winter Wheat. *Applied Engineering in Agriculture*, 15: 525-534.

Ma, W., Sutherland, M.W., Kammholz, S., Banks, P., Brennan, P., Bovill, W., Daggard, G. (2007): Wheat flour protein content and water absorption analysis in a doubled haploid population. *Journal of Cereal Science*, 45: 302-308.

Magdić, D., Horvat, D., Drezner, G., Jurković, Z., Šimić, G. (2006): Image analysis of bread crumb structure in relation to gluten strength of wheat. *Poljoprivreda*, 12: 58-62.

Makawi, A.B., Mahmood, M.I., Hassan, H.A.R., Ahmed, I.A.M. (2013a): Grains Quality Characteristics of Local Wheat (*Triticum aestivum*) Cultivars Grown at Khartoum State, Sudan. *International Journal of Life Sciences*, 7: 12-16.

Makawi, A.B., Mustafa, A.I., Ahmed, I.A.M. (2013b): Characterization and improvement of flours of three Sudanese wheat cultivars for loaf bread making. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 13: 30-44.

Malik, A.H., Andersson, A., Kuktaite, R., Mujahid, M.Y., Bismillah Khan, B., Johansson, E. (2012): Genotypic Variation in Dry Weight and Nitrogen Concentration of Wheat Plant Parts; Relations to Grain Yield and Grain Protein Concentration. *Journal of Agricultural Science*, 4: 11-15.

Maphosa, L., Collins, N.C., Taylor, J., Mather, D.E. (2014): Post-anthesis heat and a Gpc-B1 introgression have similar but non-additive effects in bread wheat. *Functional Plant Biology*, 41: 1002–1008.

Mares, D.J., Mrva, K. (2014): Wheat grain preharvest sprouting and late maturity alpha-amylase. *Planta*, 240: 1167–1178.

Martínez-Cruz, E., Espitia-Rangel, E., Benítez-Riquelme, I., Peña-Bautista, R.J., Santacruz-Varela, A., Villaseñor-Mir, H.E. (2007): Effect of different high molecular weight glutenin alleles of A and B genomes of bread wheat on rheological properties and bread volume of bread wheat. *Agrociencia*, 41: 153-160.

Masclaux-Daubresse, C., Reisdorf-Cren, M., Orsel, M. (2008): Leaf nitrogen remobilisation for plant development and grain filling. *Plant Biology*, 10: 23–36.

Mastilović, J.S., Horvat, D.I., Živančev, D.R., Torbica, A.M., Kevrešan, Ž.S., Đukić, N., Magdić, D.N., Šimić, G.H. (2014): Analysis of interrelations between wheat protein fractions composition and its technological quality by combined multivariate and univariate statistics. *Hemijska industrija*, 68: 321-329.

Mastilović, J.S., Janić Hajnal, E., Kevrešan, Ž., Novaković, A., Radusin, T. (2008): Prediction of Suitability of Different Rapid Methods Based Parameters for Technological Quality Effective Wheat Segregation. *Food Processing, Quality and Safety*, 35: 1-9.

Mei, J., Liu, G., Huang, X., Ding, W. (2016): Effects of ozone treatment on medium hard wheat (*Triticum aestivum* L.) flour quality and performance in steamed bread making. *CYTA - Journal of Food*, 14: 449-456.

Menkovska, M., Branković, G., Pajić, V., Momirović, G.S., Knežević, D. (2015): Associations between nutritional composition and farming type of organically and conventionally grown cereals. *Natural Science and Discovery* 1(4): 97-101.

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.

Menkovska, M., Knežević, D., Maksimović, D., Milovanović, M. (1995): Technological quality of some bread wheat varieties: I. Relation with gliadin proteins. *Bull. Chem. Technol. Macedonia*, 14:31-34.

Metakovsky, E.V. (1991): Gliadin allele identification in common wheat. II. Catalogue of gliadin allele in common wheat. *J. Genet. Breed*, 45: 325-344.

Meteorološki godišnjak (2013): Republički hidrometeorološki zavod Srbije.

Meteorološki godišnjak (2014): Republički hidrometeorološki zavod Srbije.

Mikulikova, D. (2007): The Effect of Friabilin on Wheat Grain Hardness. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 43: 35–43.

Mikulikova, D., Masar, Š., Horvathova, V., Kraic, J. (2009): Stability of Quality Traits in Winter Wheat Cultivars. *Czech Journal of Food Sciences*, 27: 403–417.

Mishra, S., Hardacre, A., Monro, J. (2012): Food Structure and Carbohydrate Digestibility. Y: Carbohydrates – Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology.

Moldestad, A., Fergestad, E.M., Hoel, B., Skjelvåg, O.A., Uhlen, A.K. (2011): Effect of temperature variation during grain filling on wheat gluten resistance. *Journal of Cereal Science*, 53: 347-354.

Monsalve-Gonzalez, A., Pomeranz, Y. (1993): Effect of Spring and Winter Growth Habitat on Compositional Milling and Baking Characteristics of Winter Wheats. *Cereal Chemistry*, 70: 354-359.

Móré, M., Diósi, G., Győri, Z., Sipos, P. (2013): Changes of gluten properties of wheat during storage. *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie și Tehnologii de Industrie Alimentară*, XII/B: 285-290.

Mosleth, E.F., Wan, Y., Lysenko, A., Chope, G.A., Penson, P.S., Shewry, P.R., Hawkesford, M.J. (2015): A novel approach to identify genes that determine grain protein deviation in cereals. *Plant Biotechnology Journal*, 13: 625–635.

Naeem, H.A., Paulon, D., Irmak, S., MacRitchie, F. (2012): Developmental and environmental effects on the assembly of glutenin polymers and the impact on grain quality of wheat. *Journal of Cereal Science*, 56: 51-57.

Nikolić, N.Č., Stojanović, J.S., Stojanović, G.S., Mastilović, J.S., Karabegović, I.T., Petrović, G.M., Lazić, M.L. (2013): The effect of some protein rich flours on farinograph properties of the wheat flour. *Advanced technologies*, 2: 20-25.

Nikolić, O., Živanović-Katić, S., Milovanović, M., Pavlović, M. (2014): Interrelationships between grain protein content and indicators of nitrogen status of wheat plant. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 57: 289-293.

Novoselskaya-Dragovich, A.Yu., Knežević, D., Fisenko, A.V. (2005): Dynamics of genetic variation at gliadin-coding loci in bread wheat cultivars developed in small grains research center (Kragujevac) during last 35 years. *Selekcija i semestarstvo*, 11: 51-56.

Nuttall, J.G., O’Leary, G.J., Panozzo, J.F., Walker, C.K., Barlow, K.M., Fitzgerald, G.J. (2017): Models of grain quality in wheat—A review. *Field Crops Research*, 202: 136-145.

Oikonomou, N.A., Bakalis, S., Rahman, M.S., Krokida, M.K. (2015): Gluten Index for Wheat Products: Main Variables in Affecting the Value and Nonlinear Regression Model. *International Journal of Food Properties*, 18:1–11.

Onyango, C., Unbehend, Lj., Unbehend, G., Lindhauer, M.G. (2015): Rheological Properties Of Wheat-Maize Dough And Their Relationship With The Quality Of Bread Treated With Ascorbic Acid And Malzperle Classic® Bread Improver. *African Journal of Food Science*, 9: 84-91.

Osella, C.A., Robutti, J., Sánchez, H.D., Borrás, F., de la Torre, M.A. (2008): Dough properties related to baking quality using principal component analysis. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 6: 95-100.

Pająk, P., Habryka, C., Fortuna, T. (2012): Changes in the physical Properties of Bread during Storage. *Potravinarstvo*, 6: 42-45.

Panozzo, J.F., Eagles, H.A., Wootton, M. (2001): Changes in protein composition during grain development in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(4): 485–493.

Park, H., Clay, D.E., Hall, R.G., Rohila, J.S., Kharel, T.P., Clay, S.A., Lee, S. (2014): Winter Wheat Quality Responses to Water, Environment, and Nitrogen Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45:14, 1894-1905, DOI: 10.1080/00103624.2014.909833.

Pasha, I., Anjum, F.M., Morris, C.F. (2010): Grain Hardness: A Major Determinant of Wheat Quality. *Food Science and Technology International*, 16: 511-522.

Payne, P.I. (1987): The genetical basis of bread-making quality of wheat. *Aspects of Applied Biology*, 15: 79-90.

Phillips, R.L., Palombo, E.A., Panozzo, J.F., Bhave, M. (2010): Puroindolines, Pin alleles, hordoindolines and grain softness proteins are sources of bactericidal and fungicidal peptides. *J. Cereal Sci.* 53: 112-117.

Popa, C.N., Tamba-Berehoiu, R.M., Culea, R.E. (2015): The effect of added whole oat flour on some dough rheological parameters. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 15: 351-356.

Popa, C.N., Tamba-Berehoiu, R.M., Hutan, A.M., Popescu, S. (2014): The significance of some flour quality parameters as quality predictors of bread. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, 18: 135-140.

Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (1988).

Preston, K.R., Hosney, R.C. (1991): Application of the extensigraph. In: Rasper V. F. Preston K.R. (eds.), *The extensigraph handbook*. American association of cereal chemists, St. Paul, Minn, 13-19.

Preston, K.R., Hucl, P., Townley-Smith, T.F., Dexter, J.E., Williams, P.C., Stevenson, S.G. (2001): Effects of cultivar and environment on farinograph and Canadian short process mixing properties of Canada Western Red Spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 81: 391-398.

- Preston, K.R., Morgan, B.C. and Dexter, J.E. (1995): Influence of protein segregation on the quality characteristics of Biggar and Genesis Canada Prairie spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 75: 599-604.
- Protić, R., Mirić, M., Protić, N., Jovanović, Ž., Jovin, P. (2007): The test weight of several winter wheat genotypes under various sowing dates and nitrogen fertilizer rates. *Romanian Agricultural Research* 24: 43-46.
- Ramseyer, D.D., Bettge, A.D., Morris, C.F. (2011): Distribution of Total, Water-Unextractable, and Water-Extractable Arabinoxylans in Wheat Flour Mill Streams. *Cereal Chemistry*, 88: 209-216.
- 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.
- Ribotta, P.D., Arnulphi, S.A., Leon, A.E., Anon, M.C. (2005): Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1889–1896.
- Romano, A., Cesarano, L., Sarghini, F., Masi, P. (2013): The Influence of Arabinogalactan on Wheat Dough Development during Mixing and Leavening Process. *Chemical Engineering Transactions*, 32: 1765-1770.
- Ross, A.S., Flowers, M.D., Zemetra, R.S., Kongraksawech, T. (2012): Effect of Grain Protein Concentration on Falling Number of Ungerminated Soft White Winter Wheat. *AACC International*, 89: 307-310.
- Rouille, J., Vallea, G.D., Lefebvrea, J., Sliwinski, E., vanVliet, T. (2005): Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components. *Journal of Cereal Science*, 42: 45–57.
- Rózyło, R., Laskowski, J. (2011): Predicting Bread Quality (Bread Loaf Volume and Crumb Texture). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61: 61-67.
- Saeed, F., Pasha, I., Anjum, F.M., Sultan, J.I. (2011): Water-extractable arabinoxylan content in milling fractions of spring wheats. *CyTA - Journal of Food*, 9: 43-48.
- Sahin, M., Akcacak, A.G., Aydogan, S., Taner, S., Kaya, Y., Demir, B., Onmez, H. (2012): The relationship of gluten and gluten index between alveograph, mixograph and some physical traits in bread wheat (*T. aestivum* L.), p. 78. 11 the International Gluten Workshop Abstract Book, 12-15 August, 2012, Beijing, China
- Saleh, A., Brennan, C.S. (2012): Bread Wheat Quality: Some Physical, Chemical and Rheological Characteristics of Syrian and English Bread Wheat Samples. *Foods*, 1: 3-17.

Salmanowicz, B.P., Adamski, T., Surma, M., Kaczmarek, Z., Karolina, K., Kuczyńska, A., Banaszak, Z., Ługowska, B., Majcher, M., Obuchowski, W. (2012): The Relationship Between Grain Hardness, Dough Mixing Parameters and Bread-Making Quality in Winter Wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 4186-4201.

Schleißinger, M., Meyer, A.L., Afsar, N., György Nagy, A., Dieker, V., Schmitt, J.J. (2013): Impact of Dietary Fibers on Moisture and Crumb Firmness of Brown Bread. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5: 1281-1284.

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: 949-953.

Seleiman, M., Abdel-Aal, S., Ibrahim, M., Zahran, G. (2011): Productivity, Grain and Dough Quality of Bread Wheat Grown with Different Water Regimes. *Journal of AgroCrop Science*, 2: 11-17.

Selimović, A., Milićević, D., Jašić, M., Selimović, A., Akar, Đ., Pešić, T. (2014): The effect of baking temperature and buckwheat flour addition on the selected properties of wheat bread. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 6: 43-50.

Sharma, S., Ram, S., Gupta, R. (2012): Relationship of high and low molecular weight glutenins with chemical and rheological properties of wheat flour. *Journal Wheat Research*, 4: 74-78.

Sheoran, S., Singh, V., Narwal, S., Dubey, N. (2016): Molecular Characterization of Allelic Variants of *Phytoene Synthase* Gene (*Psy*) For Yellow Pigment in Indian Durum Wheat Genotypes. *Research Journal of Biotechnology*, 11: 7-13.

Shewry, P.R. (2007): Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*, 46: 239 – 250.

Shewry, P.R., Halford, N.G. (2002): Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, 370: 947–958.

Shewry, P.R., Lafiandra, D., Salsedo, G., Aragoncillo, C., Garcia-Olmedo, F., Lew, E.J.L., Dietler, M.D., Kasarda, D.D. (1984): N-terminal amino acid sequences of chloroform/methanol-soluble proteins and albumins from endosperms of wheat, barley and related species : Homology with inhibitors of α -amylase and trypsin and with 2 S storage globulins. *Federation of European Biological Societies Letters*, 175: 359-363.

Singh, S., Gupta, A.K., Kaur, N. (2012): Influence of Drought and Sowing Time on Protein Composition, Antinutrients, and Mineral Contents of Wheat. *The Scientific World Journal* Volume 2012, Article ID 485751, 9 pages doi:10.1100/2012/485751.

Sivam, A.S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S.Y., Perera, C.O. (2010): Properties of Bread Dough with Added Fiber Polysaccharides and Phenolic Antioxidants: A Review. *Journal of Food Science*, 75: 163-174.

Smith, N., Guttieri, M., Souza, E., Shoots, J., Sorrells, M., Sneller, C. (2011): Identification and Validation of QTL for Grain Quality Traits in a Cross of Soft Wheat Cultivars Pioneer Brand 25R26 and Foster. *Crop Science*, 51: 1424–1436.

Sozinov, A.A., Popereya, F.A. (1980): Genetic classification of prolamines and its use for plant breeding. *Annales de technologie agricole* 29 : 229 - 245.

Spasova, D., Spasov, D., Atanasova B., Ilievski M. (2013): Production potential of wheat in Strumica region. *International scientific on-line journal "Science & Technologies"*, 3:35–42., Number 6: Union of Scientists - Stara Zagora copy at www.is.gd/voD3q7

Spychaj-Fabisiak, E., Barczak, B., Nowak, K., Jagielski, J. (2014): Amino acid composition of winter wheat grain protein depending on the seed certification class and on the cultivar. *Romanian Agricultural Research*, 31: 89-94.

Stanciu, G., Neacsu, A. (2008): Effects of Genotype, Nitrogen Fertilizer and Water Stress on Mixing Parameters in Wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Romanian Agricultural Research*, 25: 29-35.

Stoenescu, G., Ionescu, V., Banu, I. (2011): Rheological properties of the wheat flour supplemented with different additives. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*, 35: 54-62.

Stoica, A., Iordan, M., Popescu, E., Barascu, E., Hossu, A. (2009): Influence of L-cysteine and a fungal protease combination on the physical properties of bread made from short gluten flours. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI – Food Technology, New Series Year III (XXXII)*: 20-24.

Strelec, I., Koceva-Komlenić, D., Jurković, V., Jurković, Z., Ugarčić-Hardi, Ž. (2010): Quality Parameter Changes in Wheat Varieties During Storage at Four Different Storage Conditions. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75: 105-111.

Suprayogi, Y., Clarke, J. M., Bueckert, R., Clarke, F. R., Pozniak, C. J. (2011): Nitrogen remobilization and post-anthesis nitrogen uptake in relation to elevated grain protein concentration in durum wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 91: 273-282.

Sullivan, P., O'Flaherty, J., Brunton, N., Arendt, E., Gallagher, E. (2011): The utilisation of barley middlings to add value and health benefits to white breads. *Journal of Food Engineering*, 105: 493-502.

Şahin, M., Akcacak, G. A., Aydogan, S., Taner, S., Kaya, Y., Demir, B., Önmez, H. (2012): The Relationship Gluten and Gluten Index Between Alveograph, Mixograph and Some Physical Traits in Bread wheat (*T.aestivum L.*). <http://www.sahinmehmet.net/wp-content/uploads/2014/03/The-Relationship-Gluten-and-Gluten-Index.pdf>.

Šarić, M., Kiš, M., Jakovljević, J., Filipović, N., Psodorov, Đ., Kaluđerski, G., Bebić, L., Rašić, J. (1996): Prerađivačka vrednost jugoslavenskih žita. Monografija, Proizvodnja i prerada žita i brašna: 51-65.

Šarić, M.D., Psodorov, Đ., Živkov-Baloš, M., Mihaljev, Ž.A. (2002): Processing quality and safety of wheat originating from different growing regions. *Žito-hleb*, 29: 205-212.

Šimić, G., Horvat, D., Jurković, Z., Drezner, G., Novoselović D., Dvojković, K. (2006): The genotype effect on the ratio of wet gluten content to total wheat grain protein. *Journal of Central European Agriculture*, 7: 13-18.

Šimurina, O.D., Filipčev, B.V., Jovanov, P.T., Ikonić, B.B., Simović-Šoronja, D.M. (2013a): Analiza efekata i optimizacija koncentracije organskih kiselina na hemijske i fizičke osobine pšeničnog testa primenom metode odzivne površine i funkcije poželjnosti. *Hemijska industrija*, 67: 103-113.

Šimurina, O.D., Filipčev, B.V., Popov, S., Bodroža-Solarov, M., Brkljača, J., Grbić, J., Nježić, Z. (2013b): Optimization of the Strenght of Wheat Dough made from Substandard Quality Flour using Enzyme Preparations. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 17: 29-32.

Švec, I., Hruškova, M. (2009): Modelling of wheat, flour and bread quality parameters. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 40: 58-66.

Švec, I., Hruškova, M., Karas, J., Hofmanova, T. (2012): Solvent retention capacity for different wheats and flours evaluation. *Czech Journal of Food Sciences*, 30: 429-437.

Tako, M., Tamaki, Y., Teruya, T., Takeda, Y. (2014): The Principles of Starch Gelatinization and Retrogradation. *Food and Nutrition Sciences*, 5: 280-291.

Tayyar, S. (2010): Variation in grain yield and quality of romanian bread wheat varieties compared to local varieties in northwestern Turkey. *Romanian Biotechnological Letters*, 15: 5189-5196.

Thomason, W.E., Hughes, K.R., Griffey, C.A., Parrish, D.J., Barbeau, W.E. (2009): Understanding pre-harvest sprouting of wheat. Virginia cooperative extension, Virginia polytechnic institute and state university.

Tomić, J., Pojić, M., Torbica, A., Rakita, S., Živančev, D., Janić Hajnal, E., Dapčević Hadnađev, T., Hadnađev, M. (2013): Changes in the content of free sulphydryl groups during postharvest wheat and flour maturation and their influence on technological quality. *Journal of Cereal Science*, 58: 495-501.

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 Res. Int.* 40: 1038-1045.

Torbica, A., Mastilović, J. (2008): Influence of different factors on wheat proteins quality. *Food Processing, Quality and Safety*, 35: 47-52.

Torbica, A., Mastilović, J., Živančev, D. (2011): The influence of agro-ecological conditions on technological quality of mercantile wheat. *Journal on Processing and Energy in Agriculture* 15: 79-83.

Trajković, J., Mirić, M., Baras, J., Šiler, S. (1983). *Analysis of food products*. University of Belgrade.

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: 47-64.

Tsai, C. L., Sugiyama, J., Shibata, M., Kokawa, M., Fujita, K., Tsuta, M., Nabetani, H., Araki, T. (2012): Changes in the Texture and Viscoelastic Properties of Bread Containing Rice Porridge during Storage. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 76: 331-335.

- Tsenov, N., Atanasova, D., Chamurliyski, P., Stoeva, I. (2013): Influence of Extreme Environmental Changes on Grain Quality of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19: 685-690.
- Uauy, C., Brevis, J. C., Dubcovsky, J. (2006a): The high grain protein content gene Gpc-B1 accelerates senescence and has pleiotropic effects on protein content in wheat. Journal of Experimental Botany, 57: 2785–2794.
- Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A., Dubcovsky, J. (2006b): A NAC Gene Regulating Senescence Improves Grain Protein, Zinc, and Iron Content in Wheat. Science 314: 1298-1301.
- Ubwa, S.T., Abah, J., Asemave, K., Shambe, T. (2012): Studies on the Gelatinization Temperature of Some Cereal Starches. International Journal of Chemistry, 4: 22-28.
- 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.
- Valeri, D., Lopes, A.M., Pessoa-Júnior, A. (2011): Evaluation of xylanases from *Aspergillus niger* and *Trichoderma* sp. on dough rheological properties. African Journal of Biotechnology, 10: 9132-9136.
- Vamadevan, V., Bertoft, E. (2015): Structure-function relationships of starch components. Starch/Stärke, 67: 55–68.
- Van der Sman, R.G.M., Meinders, M.B.J. (2011): Prediction of the state diagram of starch water mixtures using the Flory–Huggins free volume theory. Soft Matter, 7: 429–442.
- Vázquez, D., Veira, M.C. (2015): Applicability of Mixolab test with local wheat flours. International Journal of Food Studies, 4: 78-87.
- Vida, G., Szunics, L., Veisz, O., Bedő, Z., Láng, L., Árendás, T., Bónis, P., Rakszegi, M. (2013): Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat. Euphytica, DOI 10.1007/s10681-013-1052-6.
- Vizitiu, D., Danciu, I. (2011): Evaluation of Farinograph and Mixolab for Prediction of Industrial Wheat Flour. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY, 15: 31-38.
- Voicu, G., Constantin, G., Stefan, E.M., Ipate, G. (2012): Variation of Farinographic Parameters of Doughs obtained from Wheat and Rye Flour Mixtures during kneading. UPB Scientific Bulletin, Series D, Vol. 74: 307-320.

- Vukić, M., Hadnadev, M., Tomić, J., Mastilović, J., Torbica, A., Grujić, R. (2013): Alveograf and Bread Making Quality of Wheat Dough as Affected by Added Glucose Oxidase. *Quality of Life*, 4: 49-54.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., Wang, S. (2015): Starch Retrogradation: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14: 568-585.
- Wang, Y., Zhen, S., Luo, N., Han, C., Lu, X., Li, X., Xia, X., He, Z., Yan, Y. (2016): Low molecular weight glutenin subunit gene *Glu-B3h* confers superior dough strength and breadmaking quality in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Reports*, 6: 1-11.
- Warechowska, M., Warechowski, J., Markowska, A. (2013): Interrelations between selected physical and technological properties of wheat grains. *Technical Sciences*, 16: 281-290.
- Wiepert, D. (2006): Fundamentals of Rheology and Spectrometry. In: *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*, L. Popper, W. W Schafer & W. Freund, (Eds.), 117 – 146, Verlag Agrimedia, ISBN 978-3-86037-309-5, Clenze, Germany.
- Williams, R.M., O'Brien, L., Eagles, H.A., Solah, V.A., Jayasena, V. (2008): The influences of genotype, environment, and genotype x environment interaction on wheat quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 95-111.
- Whan, A., Dielen, A.S., Mieog, J., Bowerman, A.F., Robinson, H.M., Byrne, K., Colgrave, M., Larkin, P.J., Howitt, C.A., Morell, M.K., Jean-Philippe Ral, J.P. (2014): Engineering α -amylase levels in wheat grain suggests a highly sophisticated level of carbohydrate regulation during Development. *Journal of Experimental Botany*, 65: 5443-5457.
- Wrigley, C.W., Batey, I.L. (2003): Assessing grain quality. In: *Bread making. Improving quality*. 1st edition. S.P. Cauvain, ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England and CRS Press LLC, USA: 71-96.
- Xhabiri, G., Acoski, T., Stanojeska, M., Sinani, V. (2013): The assessment of rheological qualities with the mixolab of different wheat flours enriched with their bran. *European Scientific Journal*, 9: 154-161.
- Xu, Y., Hall, C.A., Frank, A. Manthey, F.A. (2014): Effect of Flaxseed Flour on Rheological Properties of Wheat Flour Dough and on Bread Characteristics. *Journal of Food Research*, 3: 83-91.

- Yurdugul, S., Atanasova Pancevska, N., Gülgez Gökçe Yildiz, G.G., Bozoglu, F. (2012): The Influence of a Cellulase bearing Enzyme Complex from Anaerobic Fungi on Bread staling. *Romanian Agricultural Research*, 29: 271-279.
- Zafar, S., Naz, N., Nazir, S., Abbas, M., Khan, A.M. (2014): Analysis of Selected Amino Acids in Different Varieties of Wheat Available in Punjab, Pakistan. *Chromatography Research International*, Article ID 867070, 6 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/867070>.
- Zhang, P., Ma, G., Wang, C., Lu, H., Li, S., Xie, Y., Ma, D., Zhu, Y., Guo, T. (2017): Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat. *PLoS ONE* 12(6): e0178494. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178494>.
- Zečević, V., Bošković, J., Knežević, D., Mićanović, D. (2014): Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean journal of agricultural research*, 74: 23-28.
- Zečević, V., Bošković, J., Knežević, D., Mićanović, D., Madić, M. (2010a): Ecological and genetic variability of wheat quality components. *Kragujevac J. Sci.* 32: 89-94.
- Zečević, V., Bošković, J., Knežević, D., Mićanović, D., Milenković, S. (2013): Influence of cultivar and growing season on quality properties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Food Science*, 8: 2545-2550.
- Zečević, V., Knežević, D., Mićanović Danica, Cvijanović, D. (2006): Kvalitet zrna i brašna ozime pšenice. *Ekonomika poljoprivrede*, 53: 455-460.
- Zečević, V., Knežević, D., Mićanović, D. (2007): Variability of technological quality components in winter wheat. *Genetika*, 39: 365 - 374.
- Zečević, V., Knežević, D., Bošković, J., Madić, M. (2009): Effect of genotype and environment on wheat quality. *Genetika*, 41: 247 -253.
- Zečević, V., Knežević, D., Bošković, J., Mićanović, D., Dozet, G. (2010b): Effect of nitrogen fertilization on winter wheat quality. *Cereal Research Communications*. 38(2): 244-250.
- Zeeman, S.C., Kossmann, J., Smith, A.M. (2010): Starch: Its Metabolism, Evolution, and Biotechnological Modification in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 61:209–234.
- Zhang, W., Dubcovsky, J. (2008): Association between allelic variation at the *Phytoene synthase 1* gene and yellow pigment content in the wheat grain. *Theoretical and Applied Genetics*, 116: 635–645.

Zhang, J., Hou, H., Dong, H., Dai, Y. (2012): Effects of bran, shorts and feed flour by ultra-fine grinding on rheological characteristics of dough and bread qualities. *African Journal of Biotechnology*, 11: 3631-3639.

Zhu, Z., Lu, J.J., Liu, S. (2012): Protein Separation by Capillary Gel Electrophoresis: A Review. *Analytica Chimica Acta*, 709: 21–31.

Zmijewski, M., Gil, Z. (2008): Technological quality of grain of spring wheat cultivated as pure varieties and their mixtures. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 7: 23-30.

Zsivanovits, G., Lambert-Meretei, A., Felföldi, J. (2015): Validation and Verification of Instrumental Method for characterization of Bread Texture. *Food, Technologies & Health*, 2015: 123-128.

Žilić, S., Barać, M., Pešić, M., Dodig, D., Ignjatović-Micić, D. (2011): Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 12: 5878-5894.

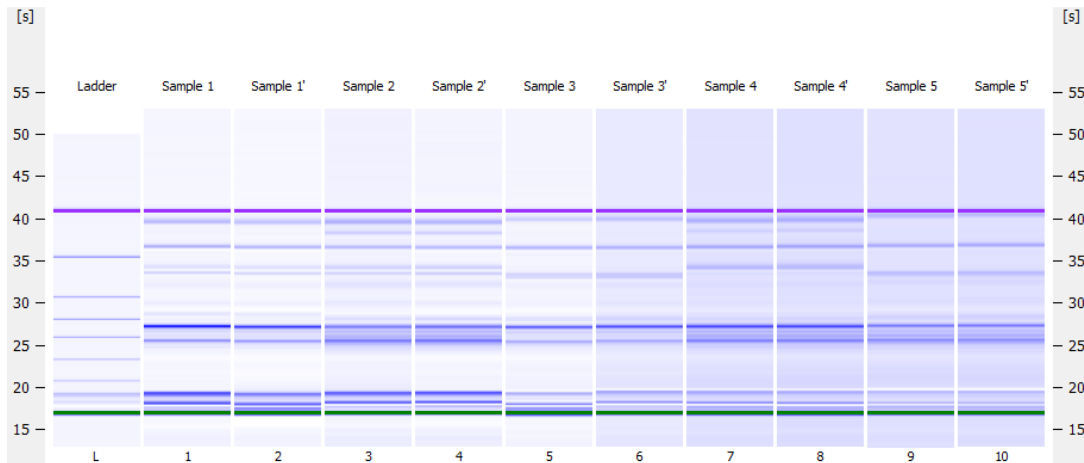
Živančev, D., Horvat, D., Torbica, A., Belović, M., Šimić, G., Magdić, D., Đukić, N. (2015): Benefits and Limitations of Lab-on-a-Chip Method over Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography Method in Gluten Proteins Evaluation. *Journal of Chemistry*, Volume 2015, Article ID 430328, 9 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/430328>.

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 & Chemical Engineering Quarterly*, 19: 553–561.

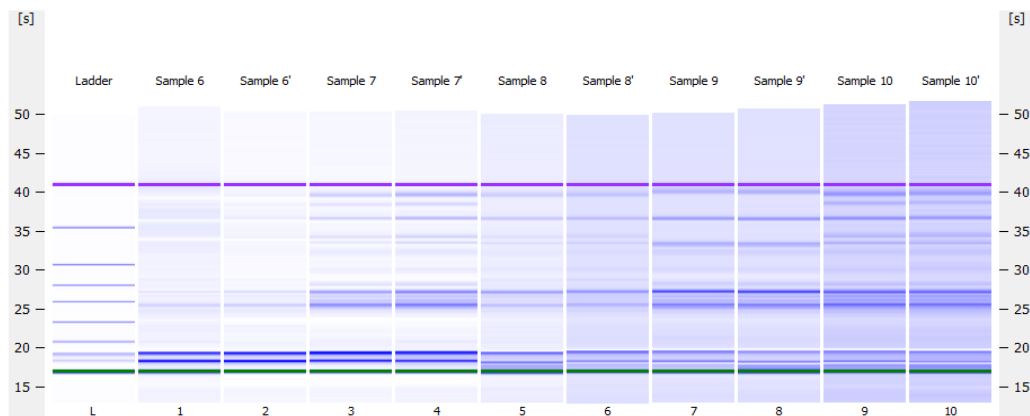
Živančev, D., Torbica Aleksandra, Mastilović Jasna, Knežević, D., Đukić Nevena (2012): Relation among different parameters of damaged starch content, falling number and mechanical damage level. *Ratar. Povrt.* 49:3 282-287.

Živančev, D. (2013): Analiza uticaja genetskih, mikroklimatskih i ekoloških faktora na sastav glutena i tehnološki kvalitet sorti pšenice. Tehnološki fakultet, Novi Sad. Doktorska disertacija.

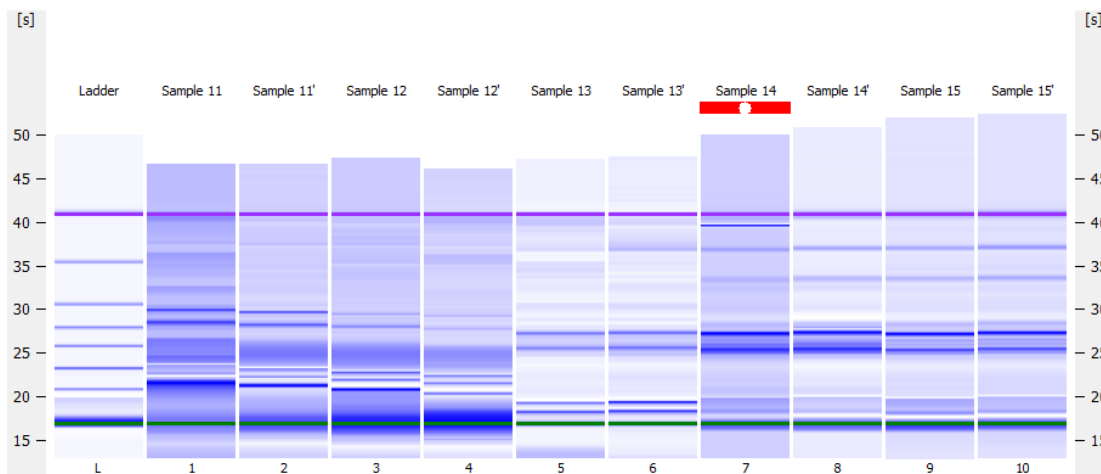
10. ПРИЛОЗИ



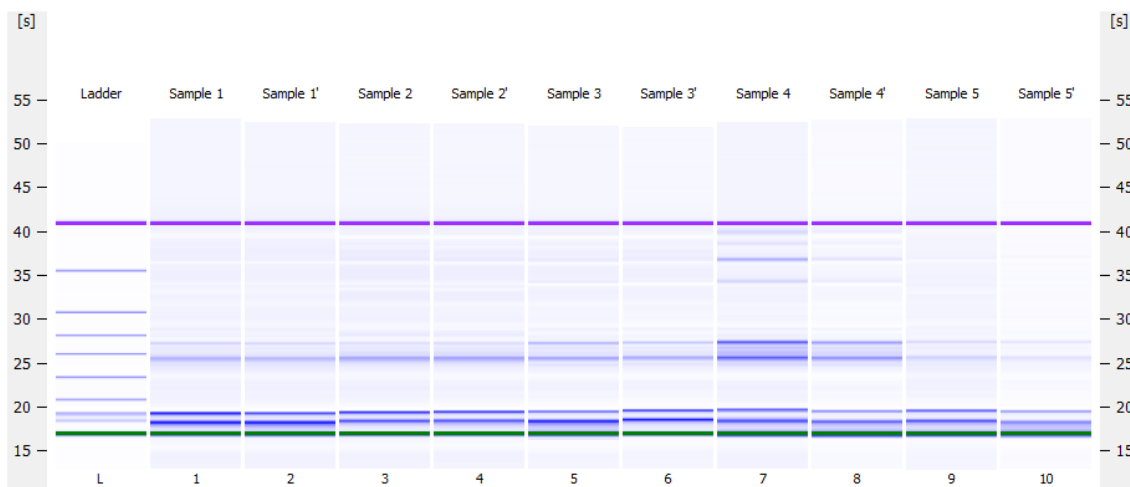
Слика 1. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Нови Сад, 2012. године. L-маркер, 1 и 1'-Симонида; 2 и 2'- НС 40С; 3 и 3'- Рапсодија; 4 и 4'- Победа; 5 и 5' Звездана.



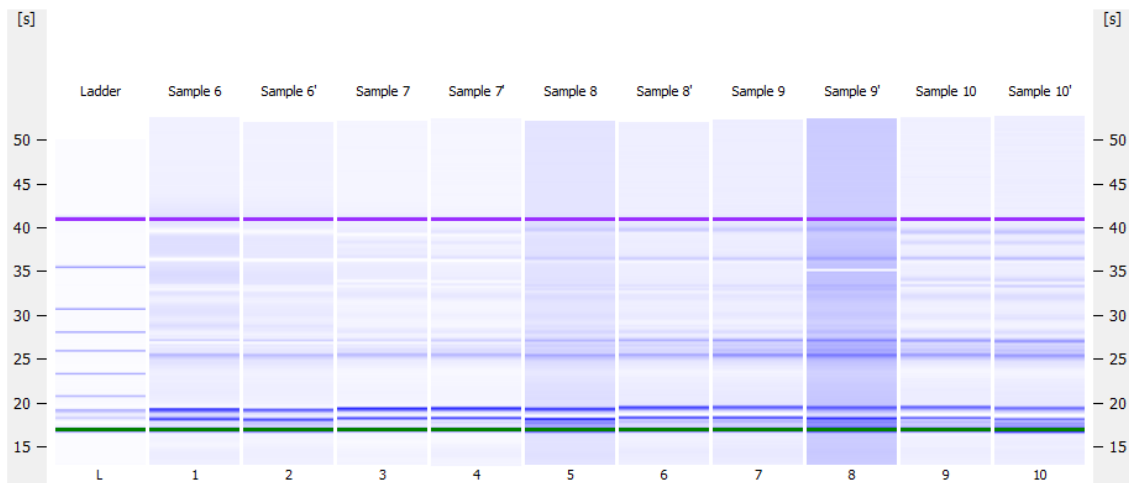
Слика 2. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Сомбор, 2012. године. L-маркер, 6 и 6'-Симонида; 7 и 7'- НС 40С; 8 и 8'- Рапсодија; 9 и 9'- Победа; 10 и 10' Звездана.



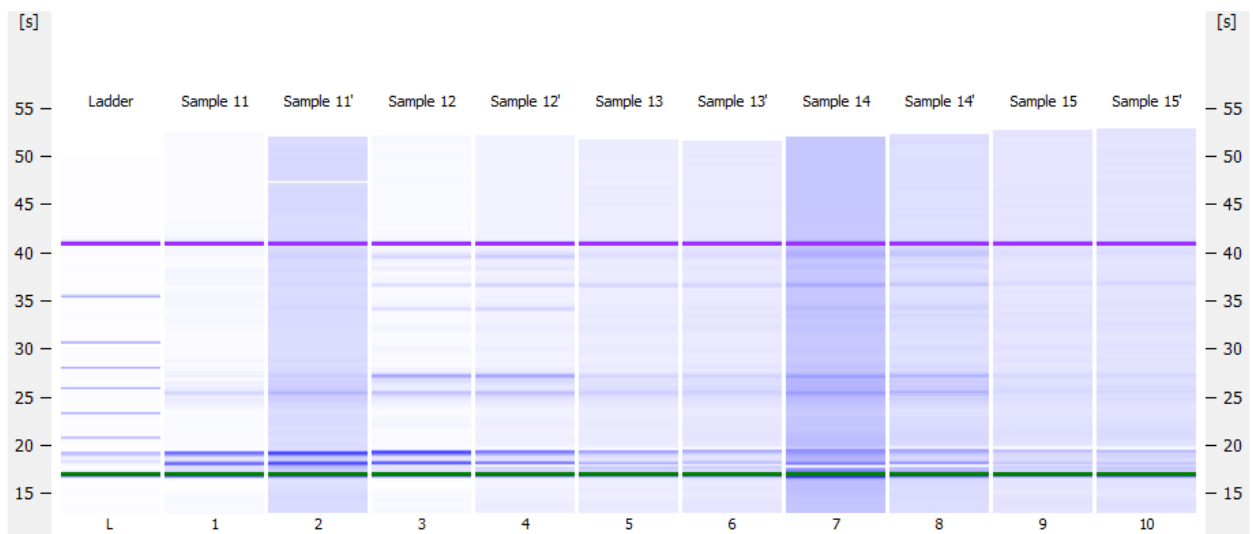
Слика 3. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Чачак, 2012. године. L-маркер, 11 и 11'-Симонида; 12 и 12'- НС 40С; 13 и 13'- Рапсодија; 14 и 14'- Победа; 15 и 15' Звездана.



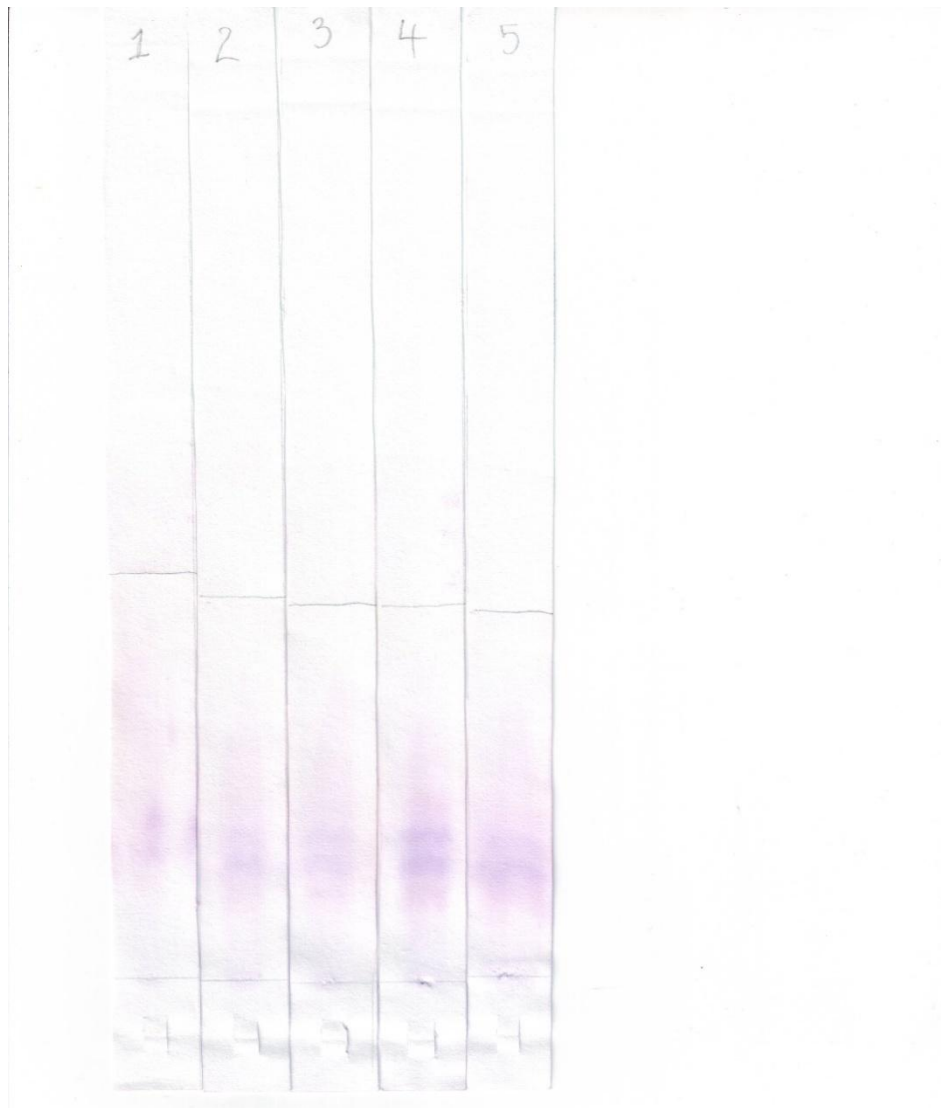
Слика 4. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Нови Сад, 2013. године. L-маркер, 1 и 1'-Симонида; 2 и 2'- НС 40С; 3 и 3'- Рапсодија; 4 и 4'- Победа; 5 и 5' Звездана.



Слика 5. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Сомбор, 2013. године. L-маркер, 6 и 6'-Симонида; 7 и 7'- НС 40С; 8 и 8'- Рапсодија; 9 и 9'- Победа; 10 и 10' Звездана.



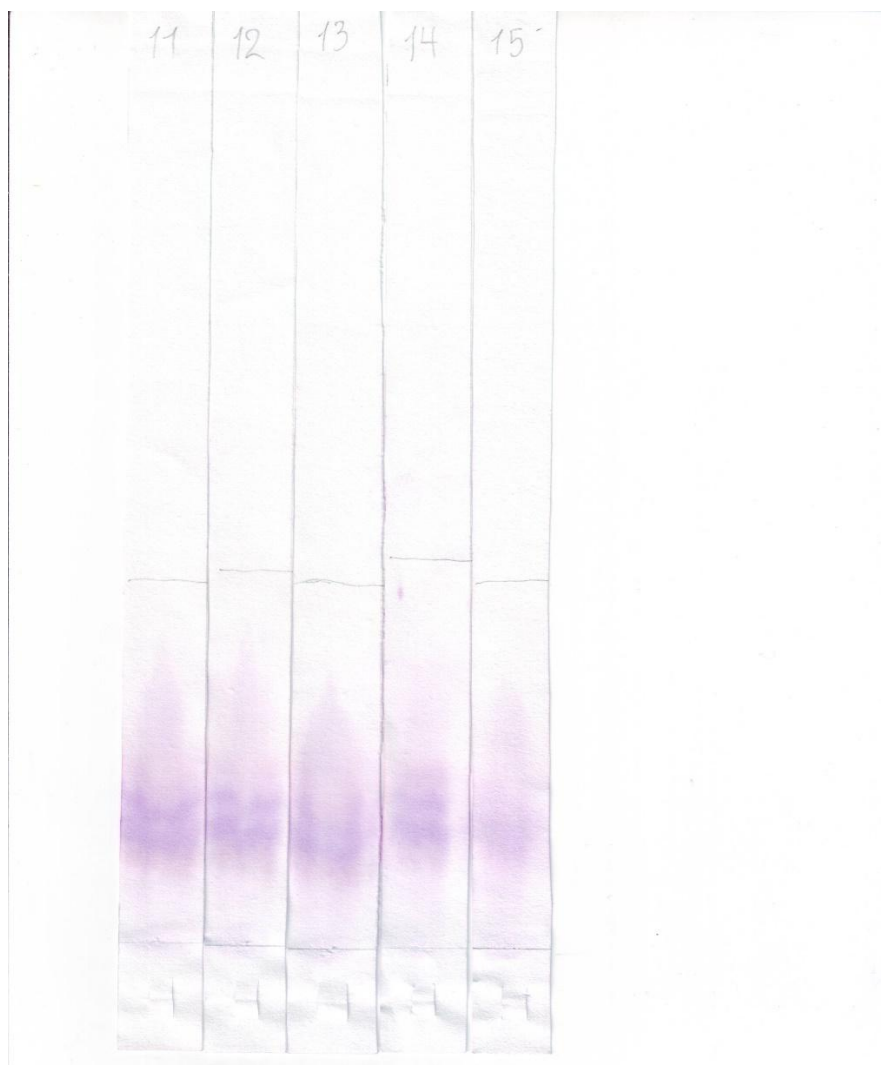
Слика 6. Глутенинске подјединице сорти пшенице у локалитету Чачак, 2013. године. L-маркер, 11 и 11'-Симонида; 12 и 12'- НС 40С; 13 и 13'- Рапсодија; 14 и 14'- Победа; 15 и 15' Звездана.



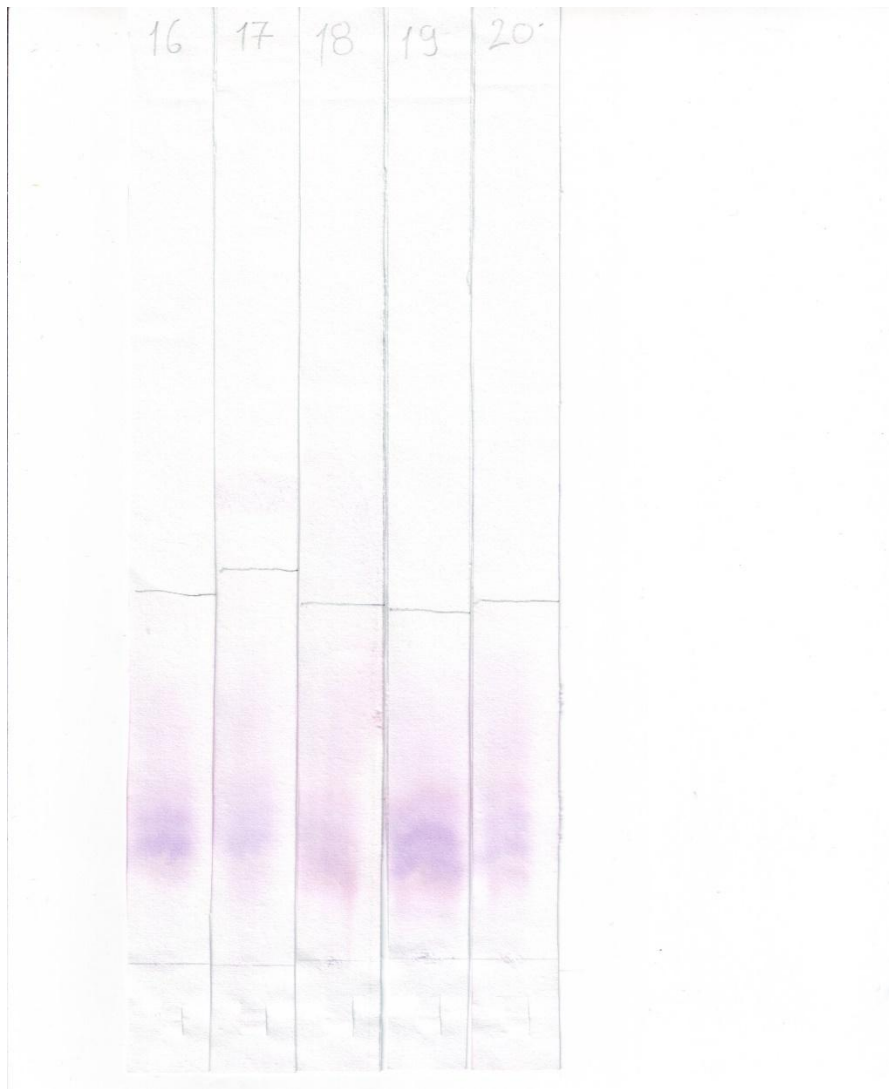
Слика 7. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Нови Сад 2012.



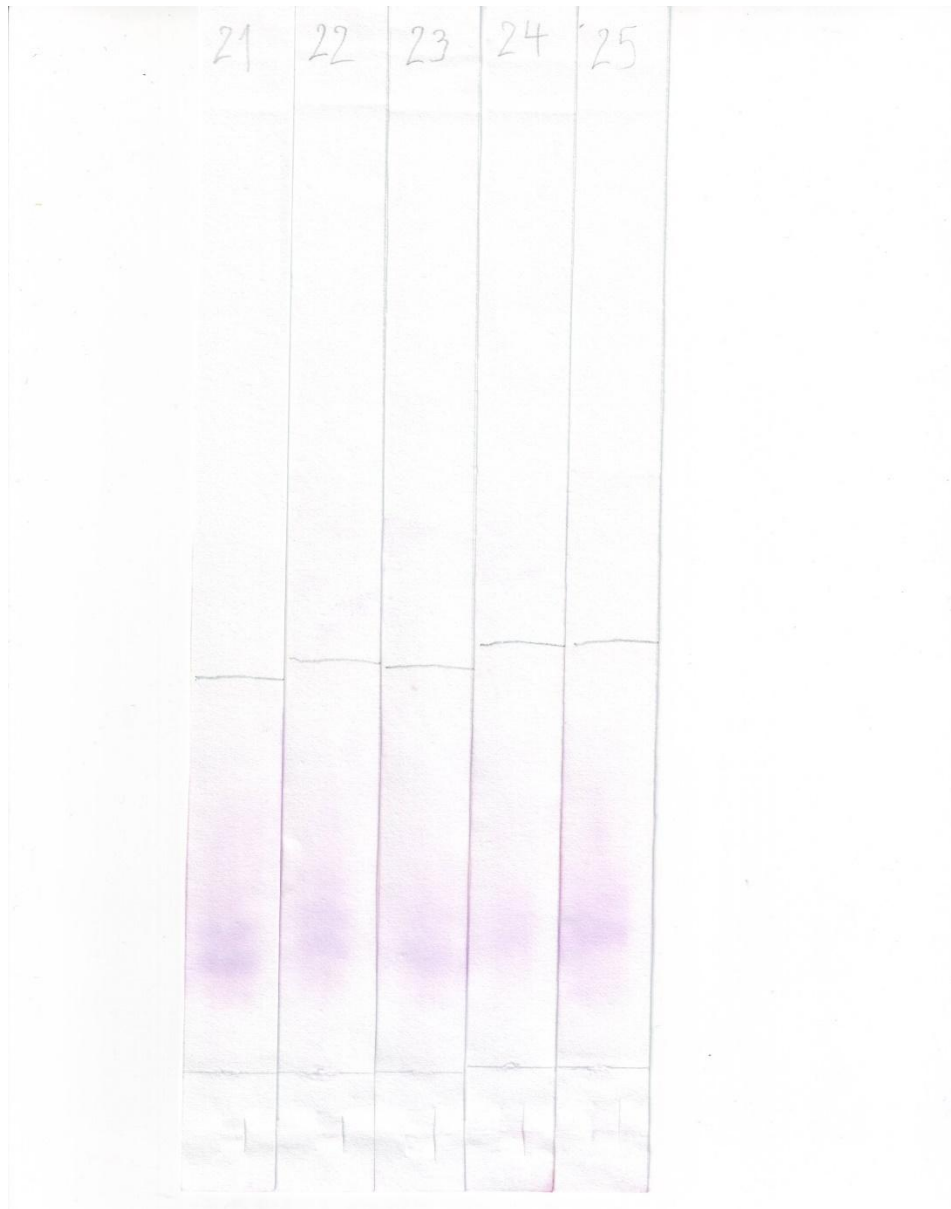
Слика 8. Хроматограм за раздвојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Чачак 2012.



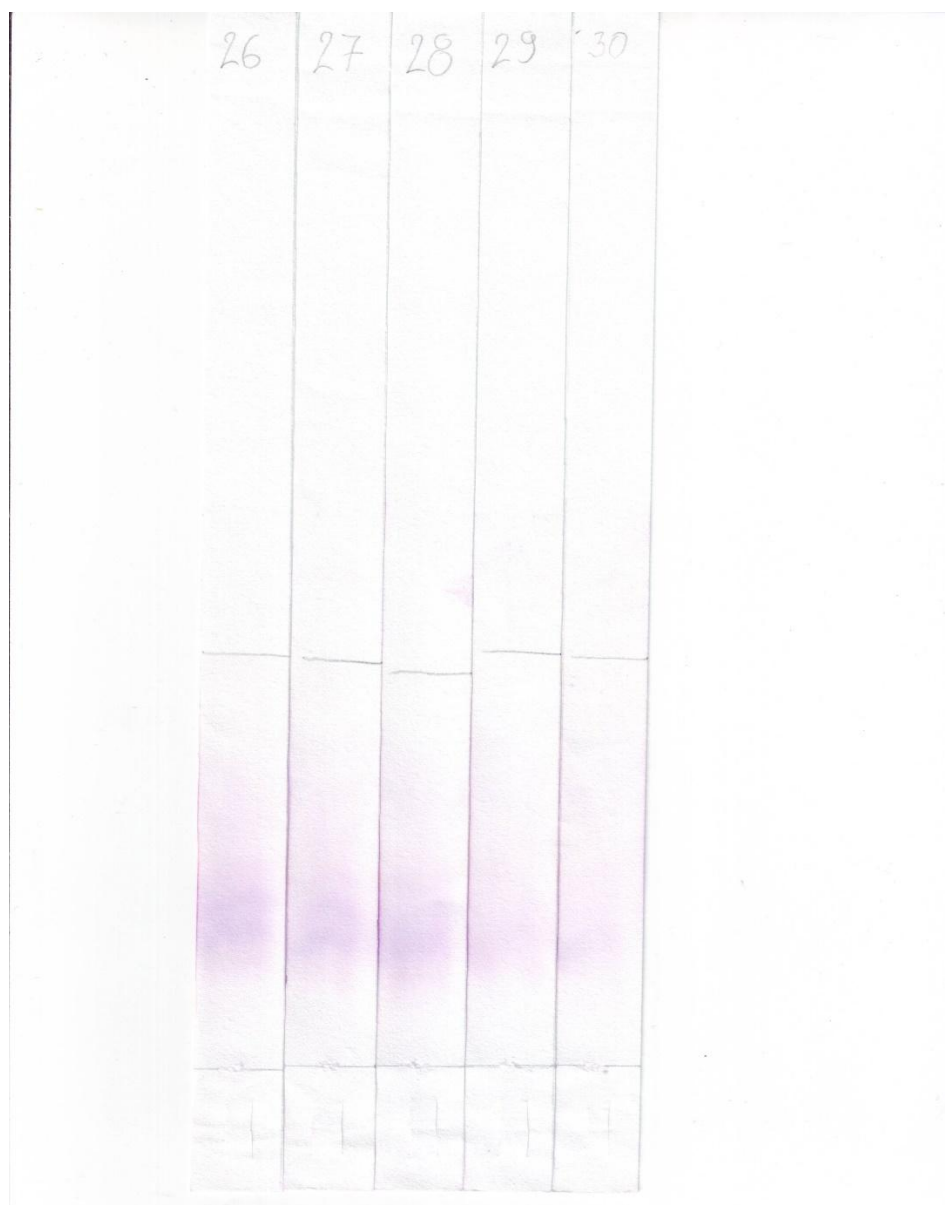
Слика 9. Хроматограм за развојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Сомбор 2012.



Слика 10. Хроматограм за развојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Нови Сад 2013.



Слика 11. Хроматограм за развојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Чачак 2013.



Слика 12. Хроматограм за развојене аминокиселине код сорти пшенице: НС 40С, Звездана, Победа, Рапсодија и Симонида, гајених на локалитету Сомбор 2013.

11. БИОГРАФИЈА АУТОРА

Биографија

Андреј Шекуларац

Андреј Шекуларац је рођен 05.10.1971. године у Зеници, БиХ (СФРЈ, данашња БиХ). Основну и средњу школу је завршио у Новом Пазару. Дипломирао је 1997. године на Пољопривредном факултету у Београду, смер заштита биља и прехранбених производа са просечном оценом 8,67 и стекао звање дипломирани инжењер пољопривреде за заштиту биља и прехранбених производа.

Од 2006. године је запослен у Министарству пољопривреде, шумарства и водопривреде, Управа за заштиту биља као гранични фитосанитарни инспектор.

Докторске студије уписује на Пољопривредном факултету модул ратарство и повртарство школске 2010/11. године. Положио је све испите и остварио просечну оценоу десет. У току завршавања докторских студија до данас је публикувао седам радова од чега четири у међународним часописима, два рада саопштена на међународном скупу штампани у целини и један рад на међународном скупу штампан у изводу.

Ожењен је и отац двоје деце.

Рад у међународном часопису (М 23)

1. Šekularac, A., A. Torbica, D. Živančev, J. Tomić, D. Knežević (2017): The influence of wheat genotype and environmental factor on gluten index and the possibility of its use as bread quality predictor. *Genetika*, vol. 49, No....., ...-..... (u štampi)
2. Knežević D., Maklenović, V., Kolarić, Lj., Mićanović, D., Šekularac, A., Knežević, J. (2016): Variation and inheritance of nitrogen content in seed of wheat genotypes (*Triticumaestivum* L.). –*Genetika*, 48, 2, 579-586. ISSN 0534-012 UDC 575. DOI:10.2298/GENSR1602579K <http://www.dgsgenetika.org.rs/>
3. Knežević, D., Zečević, V., Kondić, D., Marković, S., Šekularac, A.. (2014): Genetic and phenotypic variability of grain mass per spike in wheat under different dose of nitrogen nutrition. *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURAL AND*

NATURAL SCIENCES, vol., pp. 805-810. ISSN : 2148-3647
<http://www.turkjans.com/yil-2014-sepecial-issue-1>

- Đukić Nevena, Zorić Dragica, Zečević Veselinka, Knežević Jasmina, Šekularac, A. (2013): Contents of aminoacids in various cultivars of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Növénytermelés*, 62, 43-46.

Рад саопштен на међународном научном скупу штампан у целини (М 33)

- Knežević, D., Paunović, A., Madić, M., Tanasković, S., Knežević, J., Šekularac, A. (2013): Phenotypic variability of primary spike length in winter wheat (*Triticumaestivum* L.). *Proceeding of 48th Croatian and 8th International Symposium on Agriculturae* (ed. Prof. dr. sc. Sonja Marić, Prof. dr. sc. Zdenko Lončarić), 1,1: 269-273.
- Knežević, J., Knežević, D., Ćirić, S., Šekularac, A. (2011): Measuring the efficiency of some herbicides on spring barley agrophytocenosis weed vegetation. *INMATEH-Agricultural engineering Soil-Plant-Technical equipment within the context of ecological agriculture and economic efficiency. International Symposium, Bucharest, Romania.* 107-110. ISSN 978-973-0-11614

Рад саопштен на међународном научном скупу штампан у изводу (М 34)

- Knežević Desimir, Zečević Veselinka, Kondić Danijela, Marković Sretenka, Šekularac, A.(2014): Genetic and phenotypic variability of grain mass per spike in wheat under different dose of nitrogen nutrition. *Balkan Agriculture Congress (AGRIBALKAN)*, 8-10 September 2014, Trakya University in Edirne, Turkey, pp.148. Organizator: Trakya University in Edirne, Turkey. <http://www-en.trakya.edu.tr/>

ИЗЈАВЕ АУТОРА

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Ја, Андреј М. Шекуларац , индекс бр. 1/2010

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Варирање особина технолошког квалитета сорти пшенице (*Triticum aestivum* L.)

- резултат сопственог истраживачког рада.
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица

потпис докторанда

У Косовској Митровици, 2018. године,

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Андреј М. Шекуларац

Индекс бр. 1/2010

Студијски програм: Агрономија

Наслов рада: Варирање особина технолошког квалитета сорти пшенице
(*Triticum aestivum* L.)

Ментор: др Десимир Кнежевић, редовни професор

Потписани Андреј М. Шекуларац

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци се могу објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици.

потпис докторанда

У Косовској Митровици, 2018. године,

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици и Национални репозиторијум докторских дисертација унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Варирање особина технолошког квалитета сорти пшенице (*Triticum aestivum* L.)

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици и Национални репозиторијум докторских дисертација могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима (Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

потпис докторанда

У Косовској Митровици, _____ 2018. године,

1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу

на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.