

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај Комисије о оцени урађене докторске дисертације Маријане Јанковић, дипл. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду 33/8-5.6., од 27. априла 2016. године, именована је Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације под насловом: « Протеински профили пшенице и њихов утицај на технолошка својства брашна », кандидаткиње Маријане Јанковић, дипл. инж.

Комисија у саставу: др Мирољуб Бараћ, редовни професор, др Слађана Жилић, научни саветник, др Мирјана Демин, ванредни професор, др Дејан Додиг, научни саветник и др Мирјана Пешић, доцент, прегледала је и оценила докторску дисертацију и подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација Маријане Јанковић, дипл. инж., написана је на 168 страна куцаног текста и садржи 37 табела, 11 графика и 23 слике. У дисертацији је цитирано 341 извора литературе.

Докторска дисертација садржи следећа поглавља: Насловна страна на српском и енглеском језику; Информације о ментору и члановима комисије; Захвалница; Резиме на српском и енглеском језику; Садржај; Текст по поглављима: Увод (стр. 1-2), Преглед литературе (стр. 3-33) са четири потпоглавља (стр. 3-9; 9-20; 20-31; 32-33), Материјал и метод рада (стр. 34-49) са два потпоглавља (стр. 34-35; 36-49), Резултати и дискусија (стр. 50-130) са пет потпоглавља (стр. 50-86; 86-91; 92-100; 101-109; 110-130), Закључак (стр. 131-134) и Литература (стр. 135-168), Биографија аутора; Изјава о ауторству; Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и Изјава о коришћењу.

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод – У овом поглављу дисертације истакнут је значај пшенице као извора високовредних протеина повољних физичко-хемијских карактеристика неопходних и незаменљивих у производњи хлеба и других пекарских производа. Бројне студије указују да квалитет брашна, реолошке и функционалне карактеристике теста зависе од међусобног односа биохемијских конституената пшеничног зрна. Међутим, највећи утицај на разлике у својствима теста приписује се садржају глутенских протеина, њихових субјединица, као и међусобном односу ових протеинских фракција. У том циљу, у овом поглављу дисертације је истакнут и програм истраживања који је обухватао карактеризацију састава и структуре протеина различитих генотипова хлебне и дурум пшенице гајене током две године, као и утврђивање утицаја међусобног односа протеинских фракција глијадина и глутенина и њихових субјединица на технолошке карактеристике пшеничног брашна. С обзиром да се млевењем пшенице губи највећи део једињења са антиоксидативним карактеристикама и дијеталним

vlakanima, додавањем интегралног брашна кукуруза бордо и плавог зрна богатог овим компонентама може се побољшати нутритивна али и функционална вредност пекарских производа. Стога је, један од циљева дисертације био испитивање утицаја фенолних компонената пореклом из брашна кукуруза обојеног зрна на антиоксидативни капацитет хлебних смеша и хлеба, а уједно и испитивање утицаја кукурузног брашна на испољавање функционалности протеина пшенице. Кандидаткиња истиче да би сагледавање везе између протеинског састава и технолошких својстава пшеничног брашна представљало добру основу за дефинисање оптималних услова технолошких процеса при производњи широког асортимана пекарских производа, као и за креирање производа повећане нутритивне и функционалне вредности условљене карактеристикама фитохемикалија пореклом из зрна кукуруза.

Преглед литературе – У овом поглављу изнети су доступни литерарни извори из области која је предмет проучавања ове докторске дисертације.

У потпоглављу 2.1. „Порекло и хемијски састав зрна пшенице“, кандидаткиња даје историјски преглед порекла, употребе и хистолошке структуре зрна пшенице, као и хемијски састав различитих делова зрна пшенице. Како је значај пшенице углавном приписан њеној способности да може бити самлевена у брашно и гриз који чине основне састојке хлеба, других пекарских производа и тестенина, детаљније су описани главни конституенти брашна. Квалитет пшеничног брашна зависи од садржаја и карактеристика ових компонената које се разликују у зависности од сорте пшенице.

У потпоглављу 2.2. „Протеини пшенице“, кандидаткиња истиче да протеини пшеничног зрна показују високу комплексност и различит међусобни степен интеракције, због чега је њихова карактеризација тешка. Пшенични протеини се могу поделити на структурно-метаболичке (неглутенске) и резервне (глутенске) протеине. Неглутенски протеини, албумини и глобулини пшенице чине 20-25% укупних протеина пшеничног зрна и више од 80% ових протеина припада ензимима. Глутенски протеини чине 80-85% од укупног садржаја протеина пшенице и на основу своје растворљивости се могу поделити на глијадине и глутенине, а њихов однос и удео у пшеничном зрну је варијабилан и условљен је факторима спољне средине и генетичком предиспозицијом.

У потпоглављу 2.3. „Технолошка својства брашна и њихов однос са протеинима“, објашњен је утицај структурних веза глутена на формирање теста, као и улога појединачних протеинских подјединица на технолошка својства брашна. Истакнуто је да развој вискоеластичног теста у великој мери зависи од интензитета сулфхидрил-дисулфид реакција размене. Глијадини побољшавају вискозна својства и растегљивост пшеничног теста јер играју улогу „пластификатора“, док глутенинска фракција доприноси јачини и еластичности теста. Албумини и глобулини, имају значајан утицај на обраду и реолошка својства пшеничног брашна углавном као функционални протеини.

У потпоглављу 2.4. „Кукурузно брашно као функционални додатак хлебних смеша“, говори се о зрну кукуруза као богатом извору фитохемикалија са биолошком активношћу, првенствено каротеноида и фенолних једињења.

Материјал и метод рада – У првом делу овог потпоглавља, 3.1. кандидаткиња је дала приказ и порекло биљног материјала који је користила у истраживању. За ово истраживање коришћено је пет хлебних и пет дурум генотипова пшенице, као и два генотипа кукуруза кокичара плаве и бордо боје зрна који су селекционисани у Институту за кукуруз. Како би се утврдио утицај спољних фактора на карактеристике протеина пшенице и технолошки квалитет брашна, коришћено је зрно генотипова пшенице гајене током две године (жетва 2010 и 2011) на огледном пољу Института за кукуруз.

У другом потпоглављу 3.2. представљене су методе рада које су подељене на процесне методе, хемијске методе, анализе реолошких својстава теста, оцењивање квалитета хлеба и

статистичка анализа добијених резултата. У оквиру процесних метода су објашњени поступци лабораторијског млевења пшенице и припреме хлеба (рецептуре и лабораторијско пробно печење). Хемијске методе су обухватиле анализу основног хемијског састава зрна и брашна, анализу садржаја, састава и структуре протеина брашна, као и анализу садржаја фитохемикалија пшеничног и кукурузног брашна и хлеба. Извршене су фаринографске, екстензографске и амилографске анализе реолошких својстава теста, а квалитет хлеба је оцењен инструменсталним и сензорским показатељима квалитета хлеба. Такође су приказани и статистички модели и тестови коришћени за анализу добијених података.

Резултати и дискусија – У овом поглављу, кроз 5 потпоглавља, размотрени су резултати истраживања докторске дисертације и упоређени су са резултатима других аутора који су радили на истој или сличној проблематици. Кандидаткиња је своје резултате поткрепила доступним литерарним наводима који указују на исте и/или сличне резултате, или пак супротне од добијених.

У првом потпоглављу 4.1. приказани су резултати састава и структуре протеина пшенице. Добијене вредности хемијског састава зрна и брашна хлебне и дурум пшенице указују на разноврсне могућности њихове технолошке прераде и њихову подобност за различите прехранбене производе.

Брашна хлебних и дурум генотипова пшенице одликовала су се различитим садржајем протеинских фракција. Како испитиване сорте имају садржај албумина+глобулина до 38.96% од укупних протеина, постоји могућност њиховог коришћења у селекцији сорти са високом нутритивном вредношћу. Разлике између хлебне и дурум пшенице у великој мери се могу приписати карактеристикама њихових глутенских протеина, глијадина и глутенина. У оквиру генотипова дурум пшенице, генотип Cimmut 7817 је имао највиши садржај глијадина+глутенина (68,64% од укупних протеина) у кишној години, док се у сушној истакао генотип Cimmut 7879 са 70,50% од укупних протеина. Најнижи садржај глијадина у обе испитиване године уочен је код генотипа ЗП Земунска роса (22,36 и 19,43%), што указује на доминантан утицај генотипа, како је потврђено и двофакторијалном анализом варијансе.

Албуминско-глобулински електрофореграми испитиваних генотипова показали су високу различитост, а добијене разлике утврђене поређењем генотипова пшенице гајене у кишној и сушној години могу се приписати утицајем спољних фактора. У брашну испитиваних генотипова хлебне и дурум пшенице активност липоксигеназе се кретала од 456-1019 Δ aps/min/g, односно од 514-621 Δ aps/min/g. Активност пероксидазе се у испитавим узорцима брашна хлебне пшенице кретала од 4,90 до 5,65 Δ aps/min/g, односно од 3,96 до 5,01 Δ aps/min/g у кишној и сушној години.

Примењеном СДС-електрофоретском анализом глијадинске фракције протеина брашна хлебне и дурум пшенице уочене су три доминантне протеинске зоне. Разлика између хлебних и дурум сорти пшенице се може уочити и у зони молекулских маса између 32,0-17,10 kDa, у којој су генотипови дурум пшенице имали већи број полипептида. Полипептид молекулске масе од 44,10 kDa био је присутан код свих дурум генотипова, док код већине хлебних генотипова овај протеин није детектован. Дензитометријском анализом је утврђено да су сумпором богате субјединице глијадина доминантне како код хлебних тако и код дурум сорти пшенице. У оквиру сумпором богатих субјединица, α/β -глијадини су били заступљенија група у односу на γ -глијадине у брашну хлебне пшенице. ω -глијадини су се, у зависности од генотипа хлебне пшенице, састојали од једног или два полипептида и према добијеним резултатима ове глијадинске субјединице су се одликовале високом хетерогеношћу са коефицијентом варијације од 25,46% (кишна година) и 21,0% (сушна година). Код дурум генотипова ω -глијадини нису детектовани. Као и код генотипова хлебне пшенице, и код генотипова дурум пшенице генотип је био доминантан фактор у случају α/β -групе глијадина (55,32%) и укупних сумпором богатих

глијадина (48,66%), док је код γ -глијадина највише утицаја имала интеракција генотипа и средине са 55,24%.

Електрофореграмима протеина глутенина доминирала су два типа субјединица, субјединице ниских молекулских маса (LMW) и субјединице високих молекулских маса (HMW). На добијеним електрофореграмима хлебне и дурум пшенице, може се уочити велика разлика у броју полипептидних трака, на којима генотипови хлебне пшенице имају 8 протеинских трака док генотипови дурум пшенице имају и до 17 протеинских трака. Поређењем две испитиване године, разлике у зони малих молекулских маса (30 kDa) су биле изражајне код генотипова хлебне пшенице, који већином нису поседовали ове полипептиде у сушној години. Дензитометријском анализом је утврђено да су HMW субјединице глутенина биле квантитативно минорне у односу на LMW субјединице глутенина у обе испитиване године у хлебној и у дурум пшеници. Добијени резултати указују да је фактор генотип код генотипова хлебне пшенице био значајан извор варијација за HMW глутенине, B-LMW, C-LMW, укупне LMW и однос HMW/LMW. За разлику од хлебних генотипова пшенице, код дурум генотипова је фактор средине доминантан извор варијација за D-LMW, укупне LMW-глутенине и HMW/LMW. Утицај интеракције фактора (36,53%) у случају B-LMW глутенина је био незнатно већи од утицаја фактора генотипа (33,46%).

Концентрација укупног цистеина се у узорцима глутена генотипова хлебне пшенице у кишној и сушној години кретала од 74,31 nmol/mg до 91,84 nmol/mg, односно од 42,20 nmol/mg до 61,88 nmol/mg. Поред цистеина, у узорцима је утврђен и садржај укупног триптофана који је у кишној години био 1,5 пута нижи од садржаја триптофана у сушној години. Вредност концентрације слободних -SH група се у кишној години кретала од 2,88 до 4,20 nmol/mg с.м. глутена, док је просечна вредност у сушној години била 3,6 пута нижа него у кишној години. Поређењем две испитиване године, уочене су ниже просечне вредности концентрације цистеина и дисулфидних веза, као и виши садржај сумпором богатих глутенина (B+C-LMW) у сушној години, а добијене вредности указују на велике разлике у протеинској структури и саставу генотипова дурум пшенице у две испитиване године. На садржај цистеина и дисулфидних веза фактор генотип је показао доминантан утицај (62,83% односно 70,97%) док су фактори средина (25,87% односно 15,84%) и интеракција средине и генотипа (11,30 и 13,19%) имали мањег утицаја. Садржај слободних -SH група, је био под снажним утицајем средине (96,13%), што показује њихов значајно виши садржај у кишној у односу на сушну годину. Антирадикалска активност глутена генотипова хлебне пшенице је била у опсегу од 86,97 до 103,09 mmol Trolox Eq./kg (кишна) и од 82,00 до 93,88 mmol Trolox Eq./kg (сушна), док је код дурум генотипова пшенице она имала вредности од 88,21 до 93,68 mmol Trolox Eq./kg (кишна) и од 81,78 до 95,26 mmol Trolox Eq./kg (сушна).

У потпоглављу 4.2. приказани су резултати реолошких својстава теста хлебне пшенице 4.2.1. и реолошких својстава теста дурум пшенице 4.2.2. Фаринографска испитивања теста генотипова хлебних пшеница су показала да се моћ упијања воде статистички разликовала поређењем истих генотипова у две испитиване године. Време развоја теста се у току две испитиване године кретало у опсегу од 1,5 до 2,0 мин, док је стабилност теста износила од 0 до 1,0 мин. Генотип ЗП 7/1 је у кишној години имао стабилност која је износила 0 мин и изузетно велики степен омекшања теста од 215 ВЈ, што указује на ензимски активно брашно и нестабилно тесто. Степен омекшања у сушној години је био нешто нижи, а генотипови Симулт 226 и ЗП Земунска роса се могу сврстати у брашна средњег квалитета јер им је степен омекшања био у границама од 75-125 ВЈ. Резултати екстензографске анализе показују да је у кишној години глутен пшеничног брашна био јачи, просечна вредност енергије и растегљивости теста су били виши, а отпор теста је био нижи него у наредној испитиваној години. Амилографском анализом установљене су ниске вредности вискозитета у кишној и

сушној години, који се кретао од 50 до 90 ВЈ односно од 170 до 370 ВЈ. Велика моћ упијања воде која је уочена код генотипова дурум пшенице гајених у сушној години, може бити последица претераног ситњења пшенице и добијања тзв. “убијеног” брашна, од којег ће се добити готов производ смањене запремине и неправилног облика. Развој теста, је имао оптималне просечне вредности од 1,6 и од 1,8 мин у две испитиване године. Стабилност теста је у обе испитиване године била изузетно ниска, што указује на малу толерантност глутена на прекомерно мешање, као и на ниску јачину теста уопште. Степен омекшања је био висок у обе испитиване године код свих генотипова дурум пшенице, а генотип ЗП 120/1 је у обе испитиване године имао највише вредности (315 ВЈ и 197,5 ВЈ). Екстензографске анализе су показале да је глутен дурум теста био крт и нееластичан, у поређењу са тестом хлебне пшенице. Ниске вредности енергије теста дурум генотипова пшенице од 8,1 до 22,9 cm² односно од 3,3 до 13,3 cm² у кишној и сушној години, указују на глутен лошег квалитета и ниску толеранцију теста током ферментације. Амилографском анализом установљене су ниске вредности максималног вискозитета теста генотипова хлебне пшенице у кишној години (20 до 30 ВЈ), док су у сушној години вредности биле у оквиру оптималних. Маријана Јанковић наводи да иако је опште познато да дурум пшеница има инфериорнија пецивна својства од хлебне пшенице, селекција у циљу побољшања истих би била веома корисна, а такве сорте би имале алтернативна тржишта у годинама високог приноса коришћењем уместо хлебне пшенице или најчешће у комбинацији са њом.

Кандидаткиња је у потпоглављу 4.3. приказала поређење реолошких својстава теста хлебних и дурум пшеница и њихову зависност са садржајем и структуром протеина. Утврдила је да на степен омекшања негативно утиче повећање садржаја HMW, γ -глијадина, D-LMW глутенина, као и слободних -SH група и -S-S веза. Када се посматрају дурум генотипови у две испитиване године, на омекшање нису имали утицаја HMW глутенини, а поред корелација са γ -глијадинима, D-LMW глутенинима, слободним -SH групама и -S-S везама, јавиле су се и корелације са укупним LMW глутенинима и α/β -глијадинима. Међутим, када се у корелацију поставе и хлебна и дурум пшеница у две испитиване године, уочава се да на омекшање негативно утиче повећање садржаја γ -глијадина и D-LMW глутенина, слободних -SH група и -S-S веза. Утврђена је позитивна корелација између B+C-LMW и LMW глутенина и моћи упијања воде код генотипова хлебне пшенице, док је код дурум генотипова пшенице, уочена позитивна корелација првенствено са B+C-LMW и HMW глутенинима. РС анализом је утврђен позитиван утицај појединачних субјединица протеина глијадина (γ -гли, α/β -гли) на вредности отпора на растезање, растегљивости и енергије теста хлебне пшенице, што је указује на утицај ових глијадинских субјединица на формирање мекшег глутена. Са друге стране добијене позитивне корелације отпора на растезање, растегљивости и енергије теста са -S-S везама и садржајем HMW-глутенина, указује на њихов могући утицај на формирање чврстог глутена првенствено у тесту од брашна генотипова гајених у сушној години. За разлику од теста хлебних генотипова пшенице, код теста дурум генотипова пшенице појединачне субјединице глијадина нису показале утицај на вредности отпора на растезање, растегљивости и енергије теста, што указује да се формирао чврст, нееластичан и крт глутен. РС анализа је такође показала да повећање садржаја -S-S веза и слободних -SH група има позитиван утицај на поменуте реолошке карактеристике теста, али је уочена и слаба позитивна корелација са D-LMW и LMW глутенинима. Вискозитет теста генотипова хлебне пшенице био у јакој позитивној корелацији са садржајем B+C-LMW и укупних LMW глутенинима. Установљена негативна корелација између вискозитета теста и концентрације -S-S веза и слободних -SH група указује да повећане вредности ових параметара структуре протеина утиче на смањење вискозитета. РС анализом кандидаткиња је установила да на повећање вискозитета дурум генотипова пшенице утиче повећање садржаја B+C-LMW и HMW глутенина и смањење

садржаја слободних -SH група и -S-S веза. Маријана Јанковић истиче да је јако тешко објаснити све реолошке карактеристике теста имајући у виду да је пшенично тесто веома комплексан систем и да се током свих процеса у припреми хлеба дешава велики број различитих физичко-хемијских трансформација.

У потпоглављу 4.4. кандидаткиња је дала приказ поређења инструменталних показатеља и сензорних својстава хлебних и дурум пшеница и њихову зависност са садржајем и структуром протеина. У овом делу дисертације резултати добијени ТРА анализом указали су на боље текстуралне карактеристике средина хлебова добијених од брашна хлебне и дурум пшенице која је гајена у кишној години, него у сушној години. Поређењем запремина хлебова генотипова хлебне и дурум пшенице, могло се уочити да је запремина хлеба генотипа дурум пшенице са најбољим перформансама била значајно нижа од генотипова хлебне пшенице. Применом корелационе зависности инструменталних показатеља квалитета хлеба од реолошких својстава теста и садржаја протеинских субјединица, кандидаткиња је уочила позитивну корелацију између запремине и специфичне запремине хлеба и параметара реолошких својстава теста као што су енергија теста, растељивост, отпор на растезање и стабилност теста. Корелирањем показатеља квалитета хлеба, запремине и специфичне запремине, са протеинима пшенице, кандидаткиња је уочила позитиван утицај свих протеинских субјединица са изузетком D-LMW глутенина и γ -глијадина, а раније поменут доминантан утицај α/β -глијадина на запремину хлеба је потврђен кроз изузетно снажну позитивну корелацију. Маријана Јанковић је уочила да поред D-LMW глутенина и γ -глијадина, на чврстоћу хлеба утиче и садржај HMW глутенина брашна. Утицај протеина стабилне комплексне структуре на чврстоћу хлеба уз изостанак слободних -SH група може имати негативне последице на квалитет готовог производа што се у овим истраживањима уочава код хлеба од брашна генотипова хлебне и дурум пшенице гајених током сушне године. Такође је уочила да присуство -S-S у протеинима брашна има значајну улогу на накнадну еластичност хлеба, као и позитивну корелацију HMW и LMW са накнадном еластичношћу хлеба. Утврђена је слаба позитивна корелација отпора хлеба жвакању и садржаја D-LMW и HMW глутенина у брашну, као и значајна негативна корелација са садржајем сумпором богатих глијадина, првенствено α/β -глијадина. Ова негативна корелација наводи на закључак да хлеб са већом запремином има мањи отпор жвакању и обрнуто, што је и потврђено РС анализом.

Средње вредности сензорних карактеристика хлебова хлебних и дурум генотипова пшенице указују да су оцењивана својства, облик векне, равномерност пора, финоћа пора, мирис, укус, арома и жвакљивост средине била свеукупно боља у узорцима хлеба од брашна генотипова хлебне и дурум пшенице гајених у кишној години у односу на иста својства хлеба од брашна генотипова гајених у сушној години. Кандидаткиња је навела да је бољи сензорски квалитет остварен код хлебова добијених од хлебних генотипова пшенице у поређењу са дурум генотиповима пшенице.

Кандидаткиња је у потпоглављу 4.5. приказала разлике у садржају биоактивних материја пшеничног брашна и брашна целог зрна кукуруза кокичара плаве и бордо боје и њиховом антиоксидативном потенцијалу, као и утицај додатка кукуруза на садржај укупних фенолних једињења, флавоноида, антоцијана, боју, рН вредност и антиоксидативни капацитет пшеничног хлеба. Поред тога Маријана Јанковић је испитала и утицај додатка кукуруза на инструменталне параметре и сензорска својства пшеничног хлеба. Додатак интегралног брашна кукуруза пшеничном брашну, значајно је утицало на повећање садржаја укупних фенола, флавоноида, антоцијана, као и фенолних киселина у хлебовима са додатком кукуруза у односу на пшенични хлеб.

Закључак – У овом поглављу кандидаткиња је у кратким тезама изнела најрелевантније чињенице до којих је дошла на основу својих истраживања. Генотипови хлебне и дурум пшенице имали су нижи садржај аблумина-глобулина, а виши садржај глијадина и глутенина у кишној него у сушној години. Електрофоретска карактеризација албуминско-глобулинске, глијадинске и глутенинске фракције протеина генотипова хлебне и дурум пшенице у две испитиване године показала је високе различитости полипептидног састава, које се могу приписати утицају спољних фактора, генотипа и међусобним деловањем генотипа и средине. На садржај и композицију глијадина и глутенина у генотиповима хлебне пшенице утицај фактора генотипа је био доминантан, за разлику од дурум пшеница где је фактор средине имао велики утицај. Виша просечна концентрација дисулфидних веза у кишној него у сушној години, условила је да генотипови хлебне пшенице имају јачу глутенску мрежу у кишној него у сушној години, а да генотип *Cimmut 226* са најнижим садржајем цистеина има најслабију глутенску мрежу. Активност липоксигеназе је у узорцима хлебне пшенице гајене у кишној години је била виша од активности у узорцима дурум пшенице, а њен виши садржај у брашну генотипова хлебне пшенице условио је да тесто добијено од ових генотипова пшенице има повољније реолошке карактеристике. Генотип ЗП Земунска роса, који је имао највишу вредност активности пероксидазе је имао добре реолошке карактеристике теста које су резултовале добрим квалитетом готовог производа.

Корелациона анализа је показала велики утицај протеина брашна генотипова хлебне и дурум пшенице на реолошка својства теста. На степен омекшања теста од брашна хлебних и дурум генотипова пшенице највише утицаја имали су α/β - и γ -глијадини, D-LMW и LMW глутенини, као и слободне -SH групе и -S-S везе, док су на моћ упијања воде позитиван утицај имали B+C-LMW, LMW и HMW глутенини. Виши садржај растворљивих глутенина у генотиповима хлебне и дурум пшенице у кишној години је условио формирање еластичнијег и мекшег глутена који је утицао на повољније вредности растегљивости и енергије теста, док су климатски услови у сушној години утицали на формирање чврстог, нееластичног и кртог глутена. Позитиван утицај појединачних субјединица протеина глијадина (γ -гли, α/β -гли) на вредности отпора на растезање, растегљивости и енергије теста хлебне пшенице, условио је формирање мекшег глутена, док је негативна корелација са овим субјединицама код теста дурум генотипова пшенице условила формирање чврстог, нееластичног и кртог глутена. Добијене ниске вредности вискозитета у кишној години, које су уочене код брашна генотипова хлебне и дурум пшенице, указују на повећање активност α -амилазе, које настаје као последица климатских услова. Поред тога, на вискозитет теста имали су утицаја и HMW, B+C-LMW и укупни LMW глутенини, -S-S везе и слободне -SH групе.

Поређењем инструменталних параметара хлебова од хлебне и дурум пшенице, утврђене су статистички значајне разлике у погледу њихових запремина, специфичних запремина, чврстоће и отпора жвакању. Хлебови добијени од брашна хлебне и дурум пшенице гајених у кишној години имали боље текстуалне карактеристике средина, у поређењу са хлебовима добијеним од пшеница гајених у сушној години. Утврђено је да на запремину, специфичну запремину и накнадну еластичност хлеба имају позитиван утицај енергија теста, растегљивост, отпор на растезање и стабилност теста, као и све протеинске субјединице са изузетком D-LMW глутенина и γ -глијадина. На чврстоћу хлеба и отпор жвакању снажан утицај имају моћ упијања воде и вискозитет теста, али и D-LMW и HMW глутенини, γ -глијадини. Брашна са вишим садржајем протеина богатих -S-S везама и ниском ензимском активношћу дају чвршћи хлеб, док виши садржај слободних -SH група даје хлеб мање чврстоће.

Може се уочити да су највеће разлике испољене у погледу облика векне, равномерности и финоће пора. Бољи сензорски квалитет остварен је код хлебова добијених од хлебних генотипова пшенице, а хлеб од генотипа пшенице ЗП 87/1 гајане у кишној години, који је имао

најбољи протеински састав и најповољнија реолошка својства, показао је и најбоље сензорне карактеристике.

Фортификација пшеничног брашна интегралним брашном кукуруза плаве и бордо боје зрна, богатог фитохемикалијама са биолошком активношћу, побољшала је функционални профил готових производа, што се уочава кроз значајно виши садржај укупних фенола, флавоноида, антоцијана, као и фенолних киселина у хлебовима са додатком кукуруза у односу на пшенични хлеб. Супституција 30% пшеничног брашна интегралним кукурузним брашном плавог и бордо кокичара у производњи хлеба пружа нове могућности у промовисању ових производа, како са аспекта нутритивног и здравственог ефекта, тако и са аспекта текстуалне и сензорске прихватљивости.

Литература - У овом поглављу наведен је списак од 341 референци које су у докторској дисертацији коришћене као основ за примењене методе истраживања и за поређење резултата са другим истраживањима. Референце су сложене по абecedном реду и написане правилно, у складу са прихваћеним стандардима за навођење.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Маријане Јанковић, дипл. инж. представља оригинални самостални научни рад из агрономских наука, област прехранбена технологија, ужа област Наука о преради ратарских сировина. Докторска дисертација написана је у складу са пријавом дисертације. Сматрамо да је одабрана тема дисертације актуелна и значајна и за науку и за праксу. Кандидаткиња је пошла од исправно постављених хипотеза и обимне литературе коју је проучила. Основни циљ ових истраживања је био да се изврши карактеризација структуре и састава протеина различитих генотипова хлебне и дурум пшенице гајене током две године, и да се се утврди њихов утицај на технолошке карактеристике пшеничног брашна. Поред тога један од циљева је био да се испита утицај фенолних компонената пореклом из брашна кукуруза обојеног зрна на антиоксидативни капацитет хлебних смеша и хлеба, а уједно да се испита и утицај кукурузног брашна на испољавање функционалности протеина пшенице. Кандидаткиња је користила одговарајуће и савремене методе у свом истраживању, што јој је омогућило успешну израду докторске дисертације.

Утврђено је да су албуминско-глобулинске, глијадинске и глутенинске фракције протеина генотипова хлебне и дурум пшенице у две испитиване године показале високе различитости полипептидног састава, које се могу приписати утицају спољних фактора, генотипа и међусобним деловањем генотипа и средине. С обзиром на висок степен варијација у саставу НМW глутенинских субјединица, испитивани генотипови хлебне пшенице се могу користити у програму оплемењивања, како би се увеле додатне варијације и утврдио ефекат НМW субјединица на функционална својства брашна. Висок степен варијација присутан у LMW глутенинима, указује на могући извор пожељних гена у селекцији пшенице за побољшање технолошких карактеристика брашна за различите готове производе. Утврђен је велики утицај протеина брашна генотипова хлебне и дурум пшенице на реолошка својства теста и инструменталне параметре хлеба. Бољи сензорски квалитет остварен је код хлебова добијених од хлебних генотипова пшенице, а хлеб од генотипа пшенице ЗП 87/1 гајане у кишној години, који је имао најбољи протеински састав и најповољнија реолошка својства, показао је и најбоље сензорне карактеристике. Супституција 30% пшеничног брашна интегралним кукурузним брашном плавог и бордо кокичара у производњи хлеба пружа нове могућности у промовисању ових производа, како са аспекта нутритивног и здравственог ефекта, тако и са аспекта текстуалне и сензорске прихватљивости.

На основу свега претходно наведеног, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију дипл. инж. Маријане Јанковић под насловом „Протеински профиле пшенице и њихов утицај на технолошка својства брашна“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји ову позитивну оцену и омогући кандидату јавну одбрану.

Чланови Комисије:

др Миролjub Бараћ, редовни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду
(ужа научна област биохемија)

др Слађана Жилић, научни саветник
Институт за кукуруз Земун Поље,
(ужа научна област прехранбено инжењерство)

др Мирјана Демин, ванредни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду,
(ужа научна област наука о преради ратарских сировина)

др Дејан Додиг, научни саветник
Институт за кукуруз Земун Поље,
(ужа научна област генетика и оплемењивање биљака)

др Мирјана Пешић, доцент
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду,
(ужа научна област биохемија)

Janković Marijana, Barać Miroljub, Pešić Mirjana, Dodig Dejan, Kandić Vesna, Žilić Slađana (2015). The polypeptide composition, structural properties and antioxidant capacity of gluten proteins of diverse bread and durum wheat varieties, and their relationship to the rheological performance of dough. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 2236-2245. (IF 1.384)