

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидаткиње Јелене Томић, дипл. инж.

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Датум и орган који је именовео комисију 25.09.2015., Наставно-научно веће Технолошког факултета у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду
2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:
1. др Љиљана Поповић , доцент, Технолошко инжењерске хемије, 01.10.2012., Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду
2. др Александра Торбица , научни саветник, Биотехничке науке - прехранбено инжењерство, 25.09.2013., Научни институт за прехранбене технологије, Универзитет у Новом Саду
3. др Бранислава Николовски , доцент, Хемијско инжењерство, 13.09.2011., Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду
4. др Никола Христов , научни саветник, Биотехничке науке - пољопривреда, 28.01.2015., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
1. Име, име једног родитеља, презиме: Јелена, Милован, Томић
2. Датум рођења, општина, држава: 26.03.1982., Мостар, Босна и Херцеговина
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, смер угљенохидратна храна, дипломирани инжењер технологије
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2007., Прехранбено инжењерство
5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Карактеризација албумина и биохемијски аспекти квалитета пшенице (<i>Triticum aestivum</i>)

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација садржи седам поглавља:

Скраћенице

1. **Увод** (стр. 1-3);
 2. **Преглед литературе** (стр. 4-32);
 3. **Циљ рада** (стр. 33);
 4. **Материјал и методе** (стр. 34-51);
 5. **Резултати и дискусија** (стр. 52-122);
 6. **Закључци** (стр. 123-126);
 7. **Литература** (стр. 127-140).
- Прилог** (стр. 141-151)

Дисертација је написана на 151 страну, А4 формата, са 64 слике, 15 табела, 8 табеларних прилога и 211 литературних навода.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод представља кратак осврт на проблематику истраживања, јасно приказујући значај појединих група протеина пшенице на њен пецивни квалитет. Посебан акценат је стављен на албумине, њихову идентификацију у смислу потврде ензимског карактера као и на досадашња сазнања о улози албумина у квалитету пшеничног брашна.

У поглављу **Преглед литературе** приказана су досадашња релевантна научна сазнања везана за испитивану област. Приказ литературе је груписан у одвојене целине са свим битним сегментима који су у оквиру ове тезе обрађивани. Анализирани су резултати рада великог броја аутора, домаћих и иностраних, који се односе на хемијски састав пшенице уз акценат на протеине пшенице. Посебна пажња је посвећена утицају појединих протеина, климатских фактора и генотипа на квалитет пшенице као и употреби различитих приступа процени технолошког квалитета пшенице у зависности од количине и структуре протеина. У овом поглављу су анализирани и литературни подаци који се односе на ензиме као и на одређене биохемијске показатеље квалитета пшеничног брашна (садржај слободних сулфхидрилних група и слободних аминокиселина).

Циљ ове докторске дисертације, дефинисан у оквиру посебног поглавља, је био да се испитају промене биохемијског статуса узорака током периода послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна, утицај сорте и микроклиматских услова на садржај и структуру албумина, нивои вредности одабраних биохемијских показатеља и показатеља технолошког квалитета пшеничног брашна, квалитет финалног производа-хлеба као и да се утврде међусобни односи појединих показатеља квалитета.

Поглавље **Материјал и методе** садржи детаљан опис експерименталних процедура које су коришћене за реализацију циљева рада. У овом поглављу дат је опис узорака који су били предмет огледа као и подаци о временским условима који су владали у две производне године. Стандардне и савремене методе испитивања коришћене су за: карактеризацију албумина, процену технолошког квалитета испитиваних узорака пшеничног брашна, испитивање њиховог биохемијског статуса и карактеризацију готовог производа-хлеба.

У поглављу **Резултати и дискусија**, резултати истраживања су груписани у четири целине и адекватно продискутовани у складу са постављеним циљевима истраживања.

У првом делу приказани су резултати испитивања промене биохемијског статуса узорака током периода послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна. У овом делу, дат је приказ резултата одређивања садржаја слободних сулфхидрилних група, садржаја слободних аминокиселина, садржаја албумина, глутен индекса и протеолитичке активности брашна.

У другом и трећем делу приказани су резултати испитивања биохемијског статуса брашна и његовог технолошког квалитета у зависности од микроклиматских услова за сваку производну годину посебно. У засебним потпоглављима, одговарајућим статистичком методом, дефинисани су

међусобни односи испитиваних променљивих- фракције албумина, одређених биохемијских показатеља и квалитативних атрибута пшеничног брашна. Вредности показатеља квалитета узорака из испитиваних производних година су продискутовани у односу на просечне вредности истих за двогодишњи посматрани период.

Четврти део овог поглавља обухвата детаљну анализу утицаја производне године, сорте и локалитета на квалитет пшеничног брашна. У оквиру овог поглавља представљени су резултати испитивања микроструктуре теста и хлеба, и дефинисани су нивои ензимске активности пшеничног брашна.

У поглављу **Закључци**, закључци су јасно и концизно изведени из резултата и њихове дискусије, те се могу сматрати научно засновани и одговарајући у односу на постављени циљ дисертације.

У поглављу **Литература**, наведено је 211 референци које су коришћене у писању дисертације. Литература је цитирана на адекватан начин, а избор референци је актуелан и примерен тематици која је проучавана.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Радови проистекли из истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији:

Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. **Тomić, J.**, Pojić, M., Torbica, A., Rakita, S., Živančev, D., Janić Hajnal, E., Dapčević Hadnađev, T., Hadnađev, M. (2013). Changes in the content of free sulphhydryl groups during postharvest wheat and flour maturation and their influence on technological quality. *Journal of Cereal Science*, 58, 495-501.
2. Rakita, S., Pojić, M., **Тomić, J.**, Torbica, A. (2014). Determination of free sulphhydryl groups in wheat gluten under the influence of different time and temperature of incubation: Method validation. *Food Chemistry*, 150, 166–173.
3. Janić Hajnal, E., **Тomić, J.**, Torbica, A., Rakita, S., Pojić, M., Živančev, D., Hadnađev, M., Dapčević Hadnađev, T. (2014). Content of free amino groups during postharvest wheat and flour maturation in relation to gluten quality. *Food Chemistry*, Volume 164, 158–165.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

4. **Тomić, J.**, Torbica, A., Popović, Lj., Strelec, I., Vaštag, Ž., Pojić, M., Rakita, S. (2015). Albumins characterization in relation to rheological properties and enzymatic activity of wheat flour dough. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 805-816.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја (штампани у целини) (M33)

5. Tomić, J., Živančev, D., Torbica, A., Pojić, M., Janić Hajnal, E., Dapčević Hadnađev, T. (2012). The amount of thiol (SH) groups as a quality indicator of the wheat flour protein complex. *Proceedings of 6th Central European Congress on Food, CEFood2012*, 414-418, Novi Sad, Serbia.
6. Janić Hajnal, E., Tomić, J., Pojić, M., Torbica, A. (2012). Determination of the amount of free amino groups as an indicator of wheat flour protein complex quality. *Proceedings of 6th Central European Congress on Food, CEFood2012*, 474-478, Novi Sad, Serbia.
7. Rakita, S., Tomić, J., Pojić, M., Torbica, A., Živančev, D., Hadnađev, M., Dapčević Hadnađev, T. (2013). Free sulphhydryl content of wheat flour and its impact on rheological properties of dough. *Proceedings of 3rd International Conference Sustainable Postharvest and Food Technologies - INOPTER 2013 and 25th National Conference Processing and Energy in Agriculture - PTEP 2013*, April 21st – 26th, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia.
8. Tomić, J., Torbica, A., Pojić, M., Živančev, D., Janić Hajnal, E., Mastilović, J., Kevrešan, Ž. (2013). Characterization of non-gluten proteins of different wheat varieties (*Triticum aestivum*). *Proceedings of 3rd International Conference Sustainable Postharvest and Food Technologies - INOPTER 2013 and 25th National Conference Processing and Energy in Agriculture - PTEP 2013*, April 21st – 26th, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia.

Саопштење са међународног скупа (штампани у изводу) (M34)

9. **Тomić, J.**, Torbica, A., Rakita, S. (2014). Electrophoretic profiles of albumins and globulins after wheat harvest and complete biochemical stabilization of wheat flour. *Abstract Proceeding*, 58,

„Superior Foods Through Smarter use of Food Properties“, 1st International Conference on Food Properties (iCFP2014), January 24-26. 2014. Kuala Lumpur, Malaysia.

10. Živančev, D., Tomić, J., Torbica, A., Popović, Lj., Strelec, I. Vaštag, Ž., Rakita, S. (2015). Wheat albumins and enzymes status influenced by climate changes, Book of Abstract of XVII Euro Food Chem, Madrid, Spain, October 13-16, 2015.

Рад у водећем часопису националног значаја. (M51)

11. Tomić, M. J., Torbica, M. A., Popović, M. Lj., Rakita, M. S., Živančev, R. D., (2015). Breadmaking potential and proteolytic activity of wheat varieties from two production years with different climate conditions. Food and Feed Research, 42 (2), *in press*.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу добијених резултата могу се извести следећи закључци, који се односе на период послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна:

- Електрофоретска карактеризација албумина указује на варирање садржаја албумина током периода послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна. Те разлике су се манифестовале као нестајање и појављивање подјединица албумина у опсегу већих молекулских маса и као разлике у интензитету обојености бендова у опсегу мањих молекулских маса, које настају услед агрегације албумина или њиховог повезивања са другим компонентама.
- Током периода послежетвеног дозревања пшенице долази до јачања структуре глутена, о чему сведочи повећање вредности стандардног и модификованог глутен индекса. Регистровано повећање садржаја слободних сулфхидрилних група у истом периоду, упућује на закључак да се одиграва реорганизација глутенинских и глијадинских фракција унутар/из макрополимера глутенина. С друге стране, вредности садржаја влажног глутена се смањују.
- Током стабилизације пшеничног брашна, вредности глутен индекса добијених уз претходну инкубацију глутена на температури од 37 °C, статистички су значајно ниже ($p < 0,05$) у односу на вредности глутен индекса, добијених по стандардној методи. Испитиване сорте нису показале разлике у погледу глутен индекса одређеног по стандардној методи, док су разлике у вредности глутен индекса одређеног након инкубације на 37 °C евидентне.
- Резултати одређивања протеолитичке активности током периода послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна, су показали да су највеће вредности измерене у узорцима физиолошки зреле пшенице. Карактеристичан је и тренд смањивања укупне протеолитичке активности испитиваних узорака на крају фазе биохемијске стабилизације брашна, у односу на измерене почетне вредности.
- Током периода послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна, испитивањем промене садржаја слободних сулфхидрилних група у зависности од сорте, локалитета гајења, температуре и времена инкубације глутена, установљено је да разликама у садржају слободних сулфхидрилних група, највише доприноси примењена температура инкубације глутена и период складиштења пшенице.
- Установљена је значајна разлика у садржају слободних сулфхидрилних група током периода послежетвеног дозревања пшенице, док се у периоду стабилизације брашна та разлика смањује.
- Садржај слободних сулфхидрилних група је у значајној позитивној корелацији са глутен индексом одређеног по стандардној методи, док је садржај слободних сулфхидрилних група одређених из глутена након његове инкубације на 37 °C, у негативној корелацији са глутен индексом одређеним по модификованој методи.
- Садржај слободних аминокиселина група се током периода послежетвеног дозревања пшенице и стабилизације брашна статистички значајно повећава, и може се сматрати да је повећање њиховог садржаја фактор који учествује у побољшању квалитета брашна.
- Методолошки посматрано, постоје изразите разлике између вредности садржаја слободних аминокиселина група у нетемперираним узорцима и узорцима темперираним на 30 °C и 37 °C. Ове разлике оправдавају примену оба температурно-временска третмана инкубације глутена пре одређивања садржаја слободних аминокиселина група, јер нас упућују на разлике у квалитету пшеничног теста које се јављају у реалном систему.
- Садржај слободних аминокиселина група одређен у узорцима свеже пожњевене и у узорцима

физиолошки зреле пшенице након третмана V (инкубација влажног глутена 90 минута на 30 °C и 180 минута на 37 °C), је у значајној корелацији са протеолитичком активношћу. Резултати упућују на закључак да се одређивање садржаја слободних аминокиселина, као индикатора оштећења примарне структуре протеина услед присутних протеолитичких ензима, може извести на глутену само применом третмана V или VI. Ови третмани подразумевају инкубацију влажног глутена 90 минута на 30 °C и 180 минута на 37 °C, односно инкубацију влажног глутена 135 минута на 30 °C и 180 минута на 37 °C.

Закључци који се односе на технолошки зрелу пшеницу, проистекли су из резултата огледа који је обухватао четири испитиване сорте, пореклом са четири локалитета а из обе производне године:

- Карактеризацијом албумина узорака пшеничног брашна свих испитиваних сорти из обе производне године, утврђено је да се удео албуминске фракције разликује и у зависности од сорте, и у зависности од локалитета, при чему је значајнији утицај локалитета. Фракција албумина која се налази у опсегу молекуларних маса 5-15 kDa чини више од 60% укупне количине албумина.
- Садржај укупних албумина узорака пшеничног брашна из 2012. производне године је био значајно мањи у односу на 2011. производну годину.
- Резултати одређивања протеолитичке и амилолитичке активности узорака пшеничног брашна из две производне године су показали да су за 2012. производну годину карактеристичне знатно ниже вредности ових показатеља у односу на 2011. производну годину и да је ензимска активност пре свега сортна карактеристика.
- Утврђено је да је албуминска фракција од 15-30 kDa у узорцима брашна из 2011. производне године, показала статистички значајне корелације са следећим показатељима биохемијског и технолошког квалитета пшеничног брашна: моћи упијања воде на фаринографу и Миксолабу, са отпором растељивости теста мерен и униаксијално и биаксијално и укупном протеолитичком активношћу.
- Удела албуминских фракција 5-15 kDa и 50-65 kDa значајно корелирају са миксолабским показатељем квалитета, који указује на стабилност топле пасте (C3-C4). Како нису утврђени јачи корелативни односи између удела албуминске фракције 5-15 kDa и α -амилолитичке активности, може се закључити да су климатски услови за испитивану производну годину били неповољни, јер су вредности амилолитичке активности биле мање од потребних за постизање оптималног технолошког квалитета хлеба.
- Корелације између показатеља пецивног квалитета и одабраних биохемијских показатеља, првенствено албуминске фракције од 15-30 kDa су негативне, указујујући на њихову улогу у смањењу вредности овог кључног показатеља квалитета хлеба.
- Позитивна и значајна корелација је утврђена између протеолитичке активности и текстурног показатеља квалитета хлеба- чврстоће. Могуће објашњење ове корелације је да ниво протеолитичке активности није био довољно висок да изазове слабљење глутена и смањење чврстоће хлеба. За разлику од њих, вредности амилолитичке активности показују статистички значајну зависност само са показатељима технолошког квалитета мерених помоћи алвеографа (L, G и P/L). Постојање само ових корелација подразумева да је ниво активности испитиваних ензима био веома низак, и да је повећана активност која би позитивно утицала на обраду теста пожељна.
- Корелативна анализа изведена за показатеље квалитета узорака пшеничног брашна пореклом из 2012. године је показала мањи број другачијих корелација. Утврђене су значајне позитивне корелације између амилолитичке активности и миксолабских показатеља који указују на желатинизацију скроба (C3), амилолитичку активност (C4) и ретроградацију скроба (C5).
- Садржај слободних сулфхидрилних група узорака пшеничног брашна из 2012. производне године је био значајно већи док је садржај дисулфидних веза био мањи у односу на 2011. производну годину.
- Садржај слободних аминокиселина је евидентно различит између узорака из две производне године како између различитих сорти, тако и у погледу сва три примењена третмана инкубације глутена. Значајне разлике између вредности слободних аминокиселина измерених након инкубације глутена на 37 °C, указују на различиту протеолитичку активност испитиваних узорака пшеничних сорти.

- У поређењу са узорцима из 2011. производне године, узорци из 2012. су имали знатно ниже вредности специфичне запремине хлеба. Може се закључити да су ове разлике условљене разликама у вредностима максималних температура и броју тропских дана током периода од цветања до жетве. Наиме, 2012. производну годину карактерисале су више температуре, за које је доказано да узрокују промене у саставу и квалитету протеина.
- Проценом фреквенције појединих нивоа квалитета у односу на релевантне показатеље технолошког квалитета, као и њихових просечних вредности узорака пшеничног брашна из обе производне године, карактеристичне су изразито високе вредности максималног вискозитета на амилограму. У оквиру испитиваних производних година, значајно већим PV вредностима су се одликовали узорци из 2012. производне године. Како остали показатељи квалитета указују на релативно добар технолошки квалитет испитиваних узорака пшеничног брашна, редефинисање значаја уобичајених технолошких показатеља постаје неопходно, јер исте вредности стандардних показатеља квалитета пшенице и пшеничног брашна данас имају другачије значење него пре пар деценија. Пример такве промене су вредности максималног вискозитета на амилограму које су некада првенствено указивале на повећану или смањену амилолитичку активност, док се данас њихове вредности последица и морфологије и величине гранула скроба, а не само смањене или повећане ензимске активности.

Наредни закључци се односе на узорке пшеничног брашна са удвострученом количином укупних албумина:

- Испитивањем утицаја ензимске активности на пецивни квалитет пшеничног брашна, утврђено је да специфична запремина (V_{sp}) хлеба у 2011. производној години искључиво зависи од вредности амилолитичке активности, јер се њеним повећањем V_{sp} значајно повећава. Активност протеолитичких ензима има утицај на повећање V_{sp} само у случају са комбинацијом максималне амилолитичке активности и то при својим мањим вредностима. На основу овога могуће је закључити да је пшенично брашно имало мањак амилолитичких ензима за постизање оптималног технолошког квалитета.
- Специфична запремина хлеба у 2012. производној години искључиво зависи од вредности протеолитичке активности јер њеним повећањем V_{sp} се значајно повећава. Активност амилолитичких ензима има утицај на повећање V_{sp} само у случају са комбинацијом максималне протеолитичке активности и то при својим мањим вредностима. На основу овога могуће је закључити да је пшенично брашно имало мањак протеолитичких ензима за постизање оптималног технолошког квалитета.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Добијени резултати су проистекли из оригинално постављених експеримената и у складу са дефинисаним циљевима. Резултати истраживања су приказани прегледно и на систематичан начин, у виду табела, графикона и слика. За све резултате су дата аргументована објашњења, која су, тамо где је било могуће, поткрепљена и одговарајућим литературним наводима. Изведени закључци дају адекватне одговоре на постављене задатке ове докторске дисертације. Стога, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачење резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Дисертација садржи све битне елементе.

<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Резултати добијени у овом истраживању су допринели унапређењу сазнања о албуминима пшенице као недовољно испитаној групи протеина и њиховој улози у формирању технолошког квалитета пшеничног брашна. Такође, добијени резултати су допринели бољем разумевању односа између појединих компоненти зрна пшенице и одређених квалитативних атрибута теста и готовог производа-хлеба. Редифинисање ових релација је постало неопходно јер исте вредности стандардних показатеља квалитета пшенице и пшеничног брашна данас имају другачије значење него пре пар деценија. Пример такве промене су вредности максималног вискозитета на амилограму- које су некада првенствено указивале на повећану или смањену амилолитичку активност, док су данас њихове вредности последица морфологије и величине гранула скроба, а не искључиво смањене или повећане ензимске активности.</p> <p>На овај начин, поред научног доприноса, добијени резултати представљају потенцијал који ће прерађивачима омогућити коришћење интегрисаног приступа у процени квалитета пшенице, у којем ће поред утицаја сорте и микроклиматских услова бити садржана и њихова интеракција.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Недостаци дисертације нису уочени.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p>
<p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>- Да се прихвати позитивна оцена докторске дисертације под насловом "Карактеризација албумина и биохемијски аспекти квалитета пшенице (<i>Triticum aestivum</i>)" и да се кандидаткињи Јелени Томић одобри одбрана.</p>

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Бранислава Николовски, доцент
Технолошки факултет, Унивезитет у Новом Саду
-председник-

др Љиљана Поповић, доцент
Технолошки факултет, Унивезитет у Новом Саду
-члан (ментор)-

др Александра Торбица, научни саветник
Научни институт за прехранбене технологије,
Унивезитет у Новом Саду
-члан (ментор)-

др Никола Христов, научни саветник
Институт за ратарство и повртарство Нови Сад
-члан-

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.