

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Милан Вукић, мастер прехранбеног инжењерства

**I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

1. Датум и орган који је именовео комисију  
**04.09.2020. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Нови Сад.**
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:
  - **Др Александар Фиштеш**, редовни професор, Прехранбено инжењерство, 25.02.2020. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, председник.
  - **Др Драгана Шороња-Симовић**, ванредни професор, Прехранбено инжењерство, 01.08.2017. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, ментор.
  - **Др Сунчица Коцић-Танацков**, доцент, Прехранбено инжењерство, 1.10.2017. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан.
  - **Др Елизабет Јанић Хајнал**, научни сарадник, Биотехничке науке – прехранбено инжењерство, 29.10.2015. године, Научни институт за прехранбене технологије у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду, члан.
  - **Др Никола Шкоро**, виши научни сарадник, Природно-математичке науке-физика, 25.04.2018. године, Институт за физику, Универзитет у Београду, члан.

**II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

1. Име, име једног родитеља, презиме:  
**Милан, Стево, Вукић**
2. Датум рођења, општина, држава:  
**14.08.1988, Сарајево, Босна и Херцеговина**
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив  
**Универзитет у Источном Сарајеву, Технолошки факултет, Хемијско инжењерство и технологија, Мастер прехранбеног инжењерства**
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија  
**2013, 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:

Утицај хладне атмосферске плазме на технолошки квалитет и безбедност пшеничног брашна

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација дипл. инж. Милана Вукића је написана на српском језику, ћириличним писмом, на 164 стране А4 формата. Садржај тезе са прегледом литературе и оригиналним резултатима истраживања је веома прегледно и јасно изложен у седам поглавља, 25 табела и 48 графика и 373 литературна навода.

Садржај дисертације подељен је у 7 поглавља:

1. **Увод** (стр. 1-2)
2. **Преглед литературе** (стр. 3-51)
3. **Циљ рада** (стр. 52-52)
4. **Материјали и методе рада** (стр. 53-71)
5. **Резултати и дискусија** (стр. 72-136)
6. **Закључак** (стр. 137-141)
7. **Цитирана литература** (стр. 141-164).

Дисертацију чине и кључна документацијска информација са изводом на српском и енглеском језику и садржај.

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Увод** представља кратак осврт на проблематику истраживања, јасно истичући значај одређивања параметара који дефинишу технолошки квалитет пшеничног брашна. Такође се указује и на нове технолошке могућности које могу допринети побољшању квалитета пшеничног брашна. Посебан акценат је стављен на опис технологије хладне атмосферске плазме и могућности њене употребе у прехрамбеној индустрији.

У поглављу **Преглед литературе** приказана су досадашња релевантна научна сазнања везана за предмет истраживања. Преглед литературе је груписан у осам целина са свим битним сегментима који су у оквиру ове тезе обрађивани. У првом и другом делу су веома детаљно презентована сазнања о повезаности полимера (скроб, нескробни полисахариди-влакна и протеини) пшеничног брашна са технолошким квалитетом брашна. Посебна пажња у трећем и четвртном потпоглављу посвећена је протеинима пшеничног брашна, глијадинима и глутенинима, који имају кључну улогу у развоју глутена током замеса теста. У четвртном делу дат је лиратурни преглед везан за процену технолошког квалитета пшеничног брашна, односно најзначајнијих метода које користе за одређивање реолошких својстава теста и пецивних својстава брашна. Део пажње је усмерен на методу способности задржавања раствора (SRC метода), која је због брзине анализе и мале количине узорка све више у фокусу научне јавности која се бави проблематиком квалитета брашна. У следећем делу дат је основни приказ значаја побољшивача технолошког квалитета пшеничног брашна. Потенцијал технологије хладне атмосферске плазме у прехрамбеном инжењерству анализиран је на основу резултата досадашњих истраживања у седмом потпоглављу. Преглед литературе се завршава систематичним приказом информација о микотоксилошкој безбедности пшеничног брашна, као и техника за редукцију присуства микотоксина у пшеничном брашну са посебним нагласком на *Alternaria* токсине.

Циљ ове докторске дисертације дефинисан је у оквиру посебног поглавља **Циљ рада**. У овом делу образложена је потреба за истраживањима и јасно дефинисан главни циљ и подциљеви фаза истраживања које су планиране у оквиру дисертације.

Поглавље **Материјали и методе** докторске дисертације подељен је у два потпоглавља у којима су детаљно описане коришћене сировине, експериментални дизајн, примењени експериментални

поступци и методе статистичке анализе добијених резултата. У првом делу дат је дијаграм млевења пшенице и добијање пасажних брашна која су била предмет истраживања прве експерименталне фазе дисертације, као и подаци о материјалима и условима третмана пшеничног брашна хладном атмосферском плазмом који су коришћени и примењени у другој и трећој фази истраживања. Такође је дат приказ и стандардних и савремених метода за процену технолошког квалитета и микотоксиколошке безбедности испитиваних узорка пшеничног брашна, методе пробног печења и поступака за одређивање физичких и сензорских показатеља квалитета хлеба.

Поглавље **Резултати и дискусија** подељено је у четири целине где су табеларно и графички са одговарајућом дискусијом приказани резултати истраживања.

У првој целини овог поглавља, испитана је могућност примене SRC методе, као алтернативе емпиријским реолошким методама у дефинисању квалитета пасажних брашна. На основу корелационе анализе утврђени су односи између параметра SRC методе и параметара фаринографских и екстензографских реолошких метода. Такође је развијен и модел за предвиђање реолошких параметара на основу SRC методе, што је омогућило да се испитивања утицаја хладне атмосферске плазме на квалитет брашна у другој фази базира на SRC параметрима.

У другој целини најпре су представљени резултати спектроскопске и електричне карактеризације извора хладне атмосферске плазме, а потом и резултати оптимизација третмана пшеничног брашна хладном атмосферском плазмом. Осим праћења промена ретенционе способности третираног брашна при различитим условима третмана, испитан је и утицај хладне атмосферске плазме на одређене реолошке параметре који не захтевају велику количину узорка за анализу (глутопик, модул еластичности), затим на хемијске параметре и конформацијске промене протеина пшеничног брашна (спектроскопска анализа). Експериментални резултати су статистички анализирани и на крају су применом метода одзивне површине и функције пожељности одабрана два оптимална третмана како би се испитао утицај третмана на пецивне особине пшеничног брашна.

У трећој целини, спроведена истраживања везана за утицај додатка третираног брашна при оптималним условима на квалитет три врсте хлеба: пшенични хлеб (основна врста), мешани хлеб са целим зрном (мешани хлеб), хлеб са мекињама (специјална врста хлеба). Промене у квалитету узорка хлеба анализирани су на основу одређивања физичких (запремина, текстурална својства, боја) и сензорских показатеља квалитета.

Четврта целина поглавља Резултати и дискусија обухвата детаљну анализу утицаја третмана хладне атмосферске плазме на микотоксиколошку безбедност пшеничног брашна. Прво су на „спајкованим“ узорцима пшеничног брашна *Alternaria* токсинима анализирани и описани утицаји третмана, а затим су испитани ефекти оптималног третмана на природно контаминираним узорцима брашна.

На основу добијених резултата и дискусије у претпоследњем поглављу изведени су **Закључци**. Презентовани закључци одговарају на постављене циљеве рада и могу се сматрати поузданим.

Последње поглавље **Литература** даје преглед коришћене литературе и обухвата 373 литературна навода. Избор референци је актуелан, стилски адекватан и примерен проучаваној тематици у оквиру дисертације.

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

### **M21–Рад у истакнутом међународном часопису**

1. Janić Hajnal, E., **Vukić, M.**, Pezo, L., Orčić, D., Puač, N., Škoro, N. & Šoronja Simović, D. (2019). Effect of Atmospheric Cold Plasma Treatments on Reduction of *Alternaria* Toxins Content in Wheat Flour. *Toxins*, 11(12), 704.

### **M23–Рад у међународном часопису**

1. **Vukić, M.**, Hajnal, E. J., Mastilović, J., Vujadinović, D., Ivanović, M., & Šoronja-Simović, D. (2020). Application of solvent retention capacity tests for prediction of rheological parameters of

wheat flour mill streams. HEMIJSKA INDUSTRIJA, 74(1), 37-49.

#### **M34–Саопштење са међународног скупа штампано у изводу**

1. **Vukić, M.,** Puač, N., Škoro N., Šoronja-Simović, D., Petrović, Z. (2018). Treatment of flour by surface DBD source in air. In 24<sup>th</sup> Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG XXIV), Glasgow, Scotland, UK, July 17-21, 2018.
2. **Vukić, M.,** Dapčević Hadnadjev, T., Hadnadjev, M., Šoronja Simović, D, Janić Hajnal, E., Mastilović, J. (2018). Atmospheric pressure cold plasma: an innovative technology to improve the rheological quality of wheat flour. Book of abstracts of the 4th International Congress “Food Technology, Quality and Safety”, October 23-25, 2018, Novi Sad, Serbia, p.61 ISBN 978-86-7994-054-4.

### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

#### **Закључци који се односе на испитивање могућности примене SRC методе у процени квалитета брашна:**

- SRC метода има значајан аналитички потенцијал у дефинисању квалитета пасажних брашна јер потврђује да постоје статистички значајне разлике између првог и петог пасажног брашна, те последњих пасажних брашна редукције у односу на друга пасажна брашна која су бољег квалитета.
- Корелативном анализом утврђено је да се на основу параметара SRC методе веродостојно могу предвидети реолошке особине теста. Као поуздани параметри издвајају се параметри SRCLa и GPI који указују на квалитет протеина, затим SRCsU и SRCw док је значајност параметра  $\text{SRCsO}$  у предвиђању реолошких особина нешто мања. Параметри SRCLa и GPI су у негативној корелацији са фаринографском моћи упијања воде (FWA). Са друге стране, висока позитивна корелација потврђена је између параметра SRCsU, као и параметара SRCw и  $\text{SRCsO}$  и FWA. Параметар GPI је у корелацији са фаринографским стабилитетом теста (FST), али и са екстензографским параметрима: максимални отпор теста ( $R_{\text{max}}$ ) и енергија (E). SRCLa је такође у позитивној корелацији са максималним отпором и енергијом.
- Мултиваријатна анализа са задовољавајућим степеном тачности потврђује добру способност моделовања реолошких параметара на основу вредности SRC параметара. Развијени PLSR модели омогућавају увид у односе између SRC параметара и емпиријско реолошких параметара. Због брзине, минималне количине узорка за анализу, али пре свега потврђене корелације са реолошким параметрима SRC метода представља алтернативни тест за уобичајену фаринографску и екстензографску емпиријску реолошку методу, које имају значајну улогу у дефинисању технолошког квалитета пшеничног брашна.

#### **Закључци који се односе на испитиване утицаје третмана хладном атмосферском плазмом на технолошки квалитет брашна:**

- Третман хладном атмосферском плазмом доводи до промена у садржају сулфхидрилних група, односно до промена у степену умрежености протеина глутена, што је потврђено применом и SRC методе. Параметри SRCLa и GPI опадају указујући на смањену моћ бубрења као последицу повећаног степена умрежености што такође доводи и до увећања модула еластичности  $G'$ .
- Знатно увећане вредности SRCsU укузују на могућност да третман хладном атмосферском плазмом изазива оксидационо гелирање арабиноксилана чиме се значајно увећава степен њиховог бубрења.
- Моделовање применом методологије одзивне површине указало је на могућност примене свих одабраних експерименталних метода, осим глутопик методе, за праћење утицаја хладне атмосферске плазме на квалитет пшеничног брашна.
- Уочене промене на пшеничним протеинима приписујемо ROS реактивним врстама хладне атмосферске плазме и њиховом интеракцијом, међутим, потребно је урадити и даља испитивања која ће објаснити уочена одступања у вредностима модула еластичности, глутен

индекса и саджаја влажног глутена при најинтезивнијем третману: време 180 s, растојање 6 mm и степен искоришћена заклона 0%.

- Применом већег степена искоришћена заклона, услед промена у просторно-временским параметрима дифузије, омогућава само стабилним реактивним врстама плазме да испоље оксидациони утицај на брашно.
- На основу спектроскопске анализе, утврђено је да третман хладном атмосферском плазмом доводи до промена у садржају секундарних протеинских структура. Правац промене секундарних протеинских структура зависи од услова третмана хладном атмосферском плазмом. Независно од услова третмана долази до увећања удела  $\alpha$ -хеликс секундарних структура, а смањења удела  $\beta$  равни као и  $\beta$ -окрет +  $\beta$  равни структура у односу на контролни узорак са уделима од 28,35%, 37,81% и 22,24% по реду навођења. При интензивнијим условима третмана долази до поновног повећања удела  $\beta$  равни али не до вредности контролног узорка и у узорку 9 износи 37,21% а удели  $\alpha$ -хеликс и  $\beta$ -окрет +  $\beta$  равни структура износе 31,81% и 20,55%.
- Процес моделовања третмана хладном атмосферском плазмом указао је на значајност појединачних услова третмана на посматране вредности параметара SRC методе и потребу спровођења поступка оптимизације према одговарајућем циљу третмана. Валидација развијених модела применом функције пожељности је показала да се предвиђања параметара одзива слажу у задовољавајућем степену са добијеним експерименталним подацима валидације, односно, да модели релативно добро описују утицај третмана хладном атмосферском плазмом на SRC параметре.

**Закључци који се односе на утицај третмана, групе производа и њихових интеракција на квалитет готових производа:**

- Резултати указују да је одабир два третмана, према одговарајућим циљевима третмана, усмерених на протеине и арабосилане као компоненте брашна подложне оксидацији, омоућио сагледавање утицаја различитог степена оксидације протеина и арабосилана третираног брашна на квалитет готових производа.
- Резултати испитивања квалитета различитих врста хлеба, пшенични хлеб, мешани хлеб од целог зрна и хлеб са мекињама, потврђују да примена третираног брашна хладном атмосферском плазмом може имати различит утицај на физичке и сензорске показатеље квалитета хлеба.
- Супституција пшеничног брашна третираним брашном доводи до смањења запремине хлеба. Интензите промене запремине зависи од услова третмана, али и од врсте хлеба. Третман брашна хладном атмосферском плазмом у трајању од 130 s, растојању узорка 30 mm и 0% искоришћења заклона доводи до статистички значајног смањења запремине за 12,7% пшеничног хлеба, мешаног хлеба са целим зрном и хлеба са мекињама. Други оптимални третман (30 s, 50 mm, 0%) нема статистички значајан утицај на вредности запремине ни једне испитиване врсте хлеба.
- Промене текстурних својстава хлеба са додатком третираног пшеничног брашна зависе од услова третмана хладном атмосферском плазмом, али и од врсте хлеба (основне, мешане или специјалне). Утврђене промене у текстури испитиваних узорка хлеба су очекиване с обзиром на претпоставку да третман пшеничног брашна хладном атмосферском плазмом доводи до полимеризације протеина глутена што утиче на развој глутена током замеса и физичке особине теста.
- Третмани брашна хладном атмосферском плазмом при оптималним условима, значајно мењају параметре боје, па се и супституцијом дела брашна код мешаних и специјалних врста хлеба могу постићи видљиве промене у боји средине.
- Промене пецивних својстава пшеничног брашна условљене су условима третмана, процентом супституције, али првенствено квалитетом брашна које се супституише третираним брашном. Изради хлеба од чистог третираног пшеничног брашна је неоправдана и са економског и са технолошког аспекта. Трошкови третмана у поменутом случају превазилазе побољшања технолошког квалитета, а евидентно је погоршање сензорских својстава због изражене горчине третираног брашна. Оправдана је примена хладне атмосферске плазме у циљу добијања третираног брашна које се може користити као побољшивач за слаба пшенична брашна или за

производњу специјалних врста хлеба.

**Закључци који се односе на испитиване утицаје третмана хладном атмосферском плазмом на микотоксиколошку безбедност брашна:**

- Резултати добијени у овом истраживању показују да хладна атмосферска плазма са SDBD побуђењем има велики потенцијал за разградњу испитиваних *Alternaria* токсина. Може се закључити да оба испитивана параметра третмана хладном атмосферском плазмом (време и растојање) утичу на степен редукције *Alternaria* токсина у матриксу пшенично брашно.
- Ефекте редукције испитиваних *Alternaria* токсина могу се приписати ROS реактивним врстама хладне атмосферске плазме и њихових међусобним синергијама. Постоје индикације да и RNS реактивне врсте испољавају учинак на разградњу *Alternaria* токсина те су неопходна даља истраживања у овом правцу.
- Полиномски модели другог реда показали су добре могућности предвиђања (коэффициенти детерминације за посматране параметре и кретали су се између 0,927 и 0,961) и на основу њих, развијен је оптимални третман за редукцију испитиваних *Alternaria* токсина.
- За прорачун АОН, АМЕ, ТЕН, Т и М, на нивоу статистичке значајности од  $p < 0,05$  линеарни члан растојања је значајан за све излазне параметре, квадратни члан времена испољава утицај за модел редукције АОН, док је квадратни члан растојања значајан за вредности параметара Т и М. Члан мешовитог производа растојање  $\times$  време је значајан за Т и М, односно, удела воде у узорку и температуре узорка након спроведеног третмана.
- На основу евалуација стандардне оцене третмана, одабран је оптимални третман ( $d = 6 \text{ mm}$  и  $t = 180 \text{ s}$ ) за редукцију испитиваних *Alternaria* токсина са SS оценом од 0,800 при којем се остварује редукција *Alternaria* токсина од 60,7% (АОН), 73,8% (АМЕ) и 54,5% (ТЕН), уз незнатно повећање температуре пшеничног брашна.
- Одабрани оптимални третман примењен на реалним узорцима односно на природно контаминираним узорцима млинских производа од пшенице је показао ефикасност у разградњи присутних *Alternaria* токсина.
- Степен редукције испитиваних *Alternaria* токсина је зависио од врсте млинских производа од пшенице као и од почетних концентрација присутних *Alternaria* токсина у истим узорцима пре третмана хладном атмосферском плазмом.

**VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Резултати дисертације су у виду табела и слика јасно и прегледно систематизовани у четири логички повезане целине. Тумачење резултата засновано је на добром познавању предмета истраживања и технологије хладне атмосферске плазме. На основу нових сазнања и доступне научне литературе одговарајућом дискусијом образложени су сви уочени феномени. Правилним тумачењем експерименталних резултата изведени су адекватни и научно оправдани закључци. На основу наведеног, начин приказа и тумачења резултата у оквиру дисертације се оцењује позитивно.

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Докторска дисертација написана је у складу са образложењем наведеним у пријави теме докторске дисертације.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за ову врсту публикације. Обиман преглед литературе у потпуности даје увид у досадашња сазнања неопходна за разумевање тематике и анализу добијених резултата истраживања. У експерименталном делу на одговарајући начин описане су све примењене аналитичке и статистичке методе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација представља оригиналан допринос науци јер су на бази комплексних истраживања добијена јединствена сазнања о утицају хладне атмосферске плазме на технолошки квалитет и микотоксиколошку безбедност пшеничног брашна. Публиковање добијених резултата у оквиру ове дисертације ће свакако дати одговор на многа питања везана за примену плазме у технологији млинарстава и пекарских производа, али и указати на нове правце истраживања у овој области. Значајан допринос представљају и резултати испитивања могућности примене SRC методе у процени квалитета пасажних брашна. Захваљујући корелативној анализи и моделовању добијених резултата потврђена је могућност коришћења поменуте методе као алтернативе емпиријским реолошким методама које имају непроцењив значај у процени реолошких својстава теста.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостаци докторске дисертације нису уочени.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже да се докторска дисертација под називом: „*Утицај хладне атмосферске плазме на технолошки квалитет и безбедност пшеничног брашна*“ прихвати, а кандидату Милану Вукићу одобри одбрана.

У Новом Саду,  
22.09.2020.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

Др Александар Фиштеш, редовни професор - председник  
Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду

---

Др Драгана Шороња-Симовић, ванредни професор - ментор  
Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду

---

Др Сунчица Коцић-Танацков, доцент - члан  
Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду

---

Др Елизабет Јанић Хајнал, научни сарадник - члан  
Научни институт за прехранбене технологије у Новом Саду,  
Универзитет у Новом Саду

---

Др Никола Шкоро, виши научни сарадник - члан  
Институт за физику Београд, Универзитет у Београду