

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Радмило Чоловић, дипл. инж. технологије

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 22.03.2013. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета, Универзитета у Новом Саду.</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Др Љубинко Левић, редован професор, Хемијско инжењерство, 01.12.2006. године, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, ментор, • Др Ненад Ђорђевић, редован професор, Исхрана домаћих и гајених животиња, 13.04.2011. године, Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, председник, • Др Јованка Левић, научни саветник, Биотехничке науке - прехранбено инжењерство, 27.06.2012. године, Научни институт за прехранбене технологије у Новом Саду Универзитета у Новом Саду, члан • Др Бојана Иконић, доцент, Хемијско инжењерство, 16.05.2012. године, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, члан.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Радмило, Радомир, Чоловић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 12.05.1981, Сомбор, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Прехранбено инжењерство, Микробиолошки процеси, Дипломирани инжењер технологије</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2007, Прехранбено-биотехнолошке науке</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Утицај додатка биљних протеинских концентрата у храну за животиње на квалитет пелета

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација дип. инж. Радмила Чоловића је веома прегледно и јасно изложена у осам поглавља:

- Увод (стр. 1 - 3),
- Преглед литературе (стр. 4 - 40),
- Материјал и методе (стр. 41 - 54),
- Резултати и дискусија (стр. 55- 114),
- Закључци (стр. 115 - 117),
- Литература (стр 118 - 137).

Дисертација је написана на 137 страна А4 формата, са 61 сликом и 17 табела. Цитирано је 182 литературна навода, а на почетку су дате кључне документацијске информације са кратким изводом на српском и енглеском језику.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У поглављу **УВОД**, аутор указује на чињеницу да је процес пелетирања готово неизбежна фаза у производним погонима, не само у индустрији хране за животиње, него и у прехранбеној индустрији, хемијској индустрији, енергетској индустрији, итд. Упркос великим инестиционим и оперативним трошковима, овај процес се користи за производњу преко 80 % хране за живину у ЕУ и САД. Аутор даље указује да је састав смеше која се пелетира одређена нутритивним захтевима животиње, али да је потребно водити рачуна и о технолошком утицају појединачних компонената у смеси на квалитет пелета. У случају да се користе компоненте које имају негативан утицај на квалитет пелета могу се добити пелете лошег физичког, нутритивног и микробиолошког квалитета. Аутор даље указује на чињеницу да у пелетираних смешама за исхрану моногастричних животиња највећи удео имају житарице, које се користе као извори енергије. У Србији се од житарица највише користи кукуруз, због високе сварљивости органске материје и великих приноса. Следећа по заступљености у смешама су протеинска хранива, као што су сачме легуминоза и уљарица. У Србији се од протеинских хранива најчешће користе сојина и сунцокретова сачма. Сојина сачма има већу заступљеност у саставу пелетираних смеша, због мањег садржаја силових влакана, која имају негативан утицај на квалитет пелета, иако од укупне производње сачми већина отпада на сунцокретову сачму. Аутор даље истиче да на процес пелетирања утиче велики број параметара, а да је прихватљива она комбинација параметара при којој се добијају пелете доброг изгледа, без прашине, са површином без пукотина, униформне дужине, и са тврдоћом и отпорношћу ка механичким утицајима. Аутор даље указује да се у последњој деценији значајна пажња посвећује променама на скробу и протеинима у технолошком процесу пелетирања, јер се сматра да ове промене имају утицај на квалитет пелета. Развојем модерних аналитичких техника, као што је термална анализа, у потпуности су описане промене на скробу настале услед утицаја топлоте и влаге. Промене на протеинима нису довољно објашњене и најчешће се тумачења свode на претпоставке, без објашњења квалитативних и квантитативних промена у протеинској структури. На крају овог поглавља се истиче да је на основу наведених података одлучено да се у оквиру планиране докторске дисертације испита утицај додатка сунцокретове и сојине сачме, као и различитих процесних параметара (пречник отвора сита млина чекићара, време продуженог кондиционирања и концентрација протеина у сунцокретовој сачми) на физички квалитет пелета. Поред наведеног, одлучено је да се испита утицај технолошких параметара на функционалне промене макронутријената, желатинизацију скроба и денатурацију протеина.

Поглавље **ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ** се састоји из шест основних делова у којима аутор веома детаљно, служећи се обимном литературом, пише о процесу пелетирања, механизмима повезивања честица у пелети, факторима који утичу на физички квалитет пелета, изворима протеина у пелетираним смешама, типовима пелет преса и математичком моделовању процеса пелетирања. У првом делу овог поглавља аутор указује значај употебе процеса пелетирања у производњи хране за животиње. Такође се наводе предности и недостаци пелетираних хране за животиње у односу на храну за животиње у прашкастој форми. У овом делу је приказан технолошки дијаграм уобичајеног процеса производње пелетираних хране за животиње, а наведени су основни уређаји, који су неопходни за производњу пелета. Аутор је овде дао објашњење односа између физичко-хемијских карактеристика сировина, процесних параметара (параметара

кондиционера, пелет пресе и хладњака/сушнице), системских параметара (протока материјала и потрошње енергије), функционалних промена макронутријената и промена у нутритивном, микробиолошком и физичком квалитету пелета. У другом делу истог поглавља аутор објашњава који су начини за повезивање честица у пелети. Овде је дат преглед чврсто-чврсто веза, сила привлачења, сила механичког повезивања, адхезионих и кохезионих сила и међуповршинских сила и сила капиларног притиска. Аутор објашњава начин на који се успостављају ове везе при примени високих притисака и температура, и при додатку воде и других течности у процесу предкондиционирања хране за животиње. Овде је дата математичка релација која описује силу која повезује честице у пелети. У трећем делу овог поглавља дат је преглед фактора који утичу на физички квалитет пелета. Ови фактори су подељени у четири групе: величина честица, физичко-хемијски састав смеше, фазе технолошког процеса пелетирања и функционалне промене макронутријената. Утицај величине честица на квалитет пелета је разматран са аспекта типа уређаја који је коришћен за млевење сировина, као и пречника отвора сита, односно размака између ваљака, код наведених уређаја за млевење. У истом делу овог поглавља аутор даје детаљан преглед литературе о утицају влаге, скроба, протеина, масти, влакана, простих шећера и неорганичких материја у материјалу на физички квалитет пелета. Објашњен је и утицај процесних параметара, као што су параметри предкондиционера, параметри пелет пресе и параметри сушења/хлађења, на квалитет пелета. Дат је преглед литературе и о утицају функционалних промена на скробу и протеинима на физички квалитет пелета. У четвртм делу овог поглавља наведени су детаљни подаци о физичко-хемијским карактеристикама сојиних и сунцокретових сачми, које се користе као извори протеина у пелетираним смешама. У овом поглављу дат је преглед литературе која описује утицај ових компонената на квалитет пелета. У петом делу истог поглавља кандидат се бавио основним типовима пелет преса и њиховим карактеристикама. Објашњен је начин на који материјал улази у комору пелет пресе и на који се материјал из прашкастог стања обликује у гранулу цилиндричног облика. Овде је аутор указао на разлике између два основна типа пелет преса: пелет пресе са цилиндричном матрицом и пелет пресе са равном матрицом. У последњем шестом делу, аутор је указао на значај коришћења математичког моделовања процеса пелетирања у циљу описивања односа између процесних параметара и параметара квалитета пелета, као и у циљу оптимизације процеса пелетирања. Кандидат је дао преглед основних модела који се најчешће могу срести у литератури, а који описују процес пелетирања.

На основу проучене и систематизоване литературе, комисија закључује да је кандидат био у могућности да анализира и објасни добијене резултате на адекватан начин, те да их упореди са резултатима других аутора који су радили на истој или сличној проблематици.

Поглавље **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА** аутор је изделио у три целине: материјал, технолошки процес пелетирања и физичко-хемијске анализе сировина и пелета. У делу материјал, аутор је приказао хемијски састав сојине и сунцокретових сачми коришћених у испитивањима. Од сачми и кукуруза припремљено је пет експерименталних смеша: смеша 1 састојала се од чистог кукуруза, а смеше 2-5 од кукуруза и сачми у односу 6,5 : 3,5. У састав смеша 2-4 улазиле су сунцокретове сачме које су се разликовале у садржају протеина и сирових влакана. У састав смеше 5 улазила је сојина сачма. Објашњен је начин припреме експерименталних смеша. Надаље, кандидат детаљно описује поступак пелетирања експерименталних смеша у пилот погону Научног института за прехранбене технологије у Новом Саду. За млевење кукуруза коришћен је млин чекићар, при чему је вариран пречник отвора на сити (2, 3 и 4 мм). Мешање компонената је обављено у двосовинској мешалици. Парно кондиционирање је такође вршено у овој мешалици, при чему је након достизања максималне температуре материјал задржаван 0, 5 и 10 минута. Кондициониран материјал је након тога пелетиран на пелет преси са равном матрицом. Топле пелете су хлађене у вибро сушници/хладњаку. Физичко-хемијске анализе сировина и пелета реализована су у лабораторијама Научног института за прехранбене технологије у Новом Саду применом најсавременијих аналитичких техника. Између осталог, за одређивање квалитативних и квантитативних промена на протеинима пелетиране смеше коришћена Lab-on-a-Chip електрофореза, док је за испитивање степена желатинизације скроба коришћена метода диференцијалне скенирајуће калориметрије. Подаци су обрађени применом софтверског пакета Microsoft Office Excel 2007 и рачунарског програма Statistica 9.1 за Windows, Stat Soft, Tulsa, Oklahoma, USA. Урађена је анализа варијансе са једном независно променљивом (One way ANOVA) и Tukey Post-hoc тест, а значајност разлика средњих вредности \pm стандардна девијација

је процењена са 95% вероватноће ($P < 0,05$).

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**, аутор редом разматра добијене резултате физичког квалитета пелета доводећи их јасну узрочно-последичну везу са свим варираним технолошким факторима: саставом смеше, концентрацијом протеина у сунцокретој сачми, пречником отвора сита млина чекићара и временом продуженог кондиционирања. Аутор такође анализира промене на скробу и протеинима пелетираних смеша. Ове промене аутор такође јасно повезује са физичким квалитетом пелета. У обављеној анализи кандидат је испољио велико теоретско знање, вешто је користио бројне податке из цитиране литературе компарирајући их са резултатима сопствених истраживања, а уочене појаве успешно је објаснио у духу досадашњих поимања науке.

ЗАКЉУЧЦИ су веома добро изведени из добијених резултата и њихове дискусије, те се могу сматрати поузданим.

У поглављу **ЛИТЕРАТУРА**, кандидат је навео 182 литературна навода (референци) искоришћених приликом писања ове дисертације, а који су на адекватан начин цитирани. Избор референци је актуелан (већина је новијег датума) 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

M23 – Рад у међународном часопису:

1. **Čolović, R.**, Torbica, A., Ivanov, D., Tomić, J., Vukmirović, Đ., Lević, J., Lević, Lj. (2013). Electrophoresis as a method for characterization of protein changes in maize after pelleting process, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, OnLine-First, 1-24, DOI:10.2298/CICEQ120320056C.

M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини:

2. **Čolović, R.**, Vukmirović, Đ., Brlek, T., Ivanov, D., Đuragić, O., Palić, D., Jovanović, R.: Adjustment of density of pellets through the setting of process parameters, 1st International Symposium on Animal Science, Belgrade: 8-10. October, 2012, 578-584.

M34 – Саопштење са међународног штампано у изводу:

3. **Čolović, R.**, Tomić, J., Torbica, A., Ivanov, D., Vukmirović, Đ., Lević, J., Sredanović, S.: Influence of pelleting process on protein changes in diets based on corn and sunflower meal, COST – Feed for Health Final Conference, Milan, 19-20. February, 2013, 37-37.
4. **Čolović, R.**, Torbica, A., Tomić, J., Ivanov, D., Vukmirović, Đ., Lević, J., Sredanović, S.: Qualitative and quantitative changes of maize protein during pelleting process, Krmiva, 2012, Opatija, 45-45.

M52 – Рад у часопису националног значаја:

5. **Čolović, R.**, Tomić, J., Torbica, A., Ivanov, D., Vukmirović, Đ., Lević, J., Sredanović, S. (2012): Influence of sample weight on amount of extracted protein from pelleted samples, Journal on Processing and Energy in Agriculture, 16 (2), 79-81.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу анализе резултата добијених током испитивања утицаја додатка сунцокретоу и сојине сачме у смешу на бази кукуруза, као и пречника отвора сита млина чекићара и времена продуженог парног кондиционирања, на физички квалитет пелета, кандидат Радмило Чоловић је извео следеће закључке:

- да је температура пелетирања (температура матрице пелет пресе и температура пелета) показала зависност од сировинског састава смеша, при чему су највише температуре постигнуте при пелетирању чистог кукуруза, док су најниже температуре постигнуте при пелетирању смеша са сунцокретовом сачмом, те да је смањење садржаја скроба и протеина и повећање садржаја сирових влакана утицало на снижавање температуре пелетирања услед смањења трења, и да су температуре матрице пелет пресе код смеша са сунцокретовом сачмом биле од 4,9 до 10,1 °C ниже у односу на температуре при

пелетирању смеше кукуруза и сојине сачме, односно од 7,6 до 12,8 °C ниже у односу на смешу од чистог кукуруза.

- да је повећање пречника отвора сита млина чекићара и продужење времена задржавања у кондиционеру утицало на повећање температуре пелетирања.
- да је специфична потрошња енергије при пелетирању смеша са сунцокретовом сачмом била од 33 до 65 % нижа у поређењу са смешом од чистог кукуруза и смешом кукуруза и сојине сачме, те да је повећање садржаја силових влакана и смањење садржаја протеина у сунцокретој сачми снизило специфичну потрошњу енергије од 10 до 30 %.
- да је продужење времена кондиционирања повећало специфичну потрошњу енергије, у зависности од састава смеше од 10 до 33 %, те да пречник отвора сита млина чекићара није значајно утицао на специфичну потрошњу енергије.
- да је удео прашине у пелетама опадао са порастом садржаја протеина, смањењем садржаја силових влакана и смањењем садржаја скроба у смешама, због бољег повезивања честица, те да је при пелетирању смеша са сунцокретовом сачмом од 40,31 % до 42,68 % садржаја протеина измерен мањи удео прашине, него код пелета од чистог кукуруза и код пелета од смеше кукуруза и сојине сачме.
- да је продужење времена кондиционирања утицало на повећање удела прашине у пелетама због смањења површинске влаге, те да није примећен јасан утицај пречника отвора сита млина чекићара на удео прашине у пелетама.
- да је степен желатинизације скроба у пелетама био релативно низак, при чему се кретао у опсегу од 7,73 до 38,61 %, те да је највећи степен желатинизације измерен у пелетама од чистог кукуруза.
- да је смањење пречника отвора сита млина чекићара и продужење времена накнадног кондиционирања утицало на повећање степена желатинизације скроба.
- да је квалитативна и квантитативна анализа протеина показала да је процес пелетирања утицао на промене у величини молекула протеина и њиховој концентрацији, при чему је интензитет ових промена зависио од хемијског састава смеша, па је код пелета од чистог кукуруза дошло до разлагања протеина већих молекулских маса на мање, што је довело до смањења фракција протеина већих од 38,2 kDa и повећања фракција протеина мањих од 25,5 kDa, док се код смеша са сунцокретовом сачмом концентрација већине протеинских фракција смањила, те да је при пелетирању смеше са сунцокретовом сачмом са највећом концентрацијом протеина дошло до повезивања протеина у току пелетирања.
- да није примећен утицај пречника отвора сита млина чекићара и времена задржавања у кондиционеру на промену концентрације и састава протеина.
- да је пречник пелета показао зависност од хемијског састава смеша, при чему је најмањи пречник пелета добијен при пелетирању смеша са сојином сачмом, док су пелете од смеша са сунцокретовом сачмом имале од 3,6 до 4,7 % већи пречник од пелета од смеша са сојином сачмом, те да је код смеша са сунцокретовом сачмом пречник пелета опадао са смањењем удела силових влакана и повећањем удела протеина у смеси.
- да време кондиционирања и пречник отвора сита млина чекићара нису значајно ($p > 0,05$) утицали на пречник пелета.
- да су најтврђе пелете добијене при пелетирању смеше са сојином сачмом (23,90 kg) због

високог садржаја протеина и ниског садржаја силових влакана, услед чега је тврдоћа пелета од меша са сунцокретовом сачмом била од 35 до 61 % мања у поређењу са тврдоћом пелета од меша са сојином сачмом, те да се тврдоћа пелета од меша са сунцокретовом сачмом смањивала са садржајем силових влакана и повећањем садржаја протеина у меши.

- да је повећање пречника отвора сита млина чекићара утицало на смањење тврдоће пелета услед појаве „слабих тачака“ у пелети.
- да је степен отирања пелета, као најзначајнији показатељ физичког квалитета пелета, зависио од хемијског састава меша, тако да су пелете од чистог кукуруза имале највећи степен отирања (11,81 %), док је код пелета са сунцокретовом сачмом степен отирања смањивао са повећањем садржаја протеина и смањењем садржаја силових влакана, те да су пелете са сунцокретовом сачмом најбољег квалитета имале за 8,5 % мањи степен отирања од пелета од меша са сојином сачмом, упркос мањем садржају протеина, већем садржају силових влакана и већем садржају масти.
- да је повећање пречника отвора сита млина чекићара утицало на повећање степена отирања пелета због појаве „слабих тачака“, те да је време кондиционирања утицало на степен отирања пелета, при чему је код меша са сунцокретовом сачмом минимално отирање пелета постигнуто за време продуженог кондиционирања од 5 минута, а код осталих меша без продуженог кондиционирања.
- да је једначина добијена регресионом анализом употребљена за одређивање оптималних услова за производњу пелета са минималним степеном отирања уз минималан утрошак енергије, те да су се RSM и метода жељене функције показали као ефикасни за оптимизацију параметара процеса пелетирања у циљу добијања производа жељеног квалитета.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Кандидат Радмило Чоловић, дипл. инж. технологије, је успешно и у целости обавио истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави ове дисертације. Добијени резултати су проистекли из веома обимних оригинално постављених истраживања ради испитивања додатка биљних протеинских концентрата на квалитет пелета. Бројни резултати испитивања су систематично, јасно и прегледно приказани табеларно и графички, статистички правилно обрађени и интерпретирани. Тумачење резултата заснива се на добром познавању утицаја појединачних фактора, као и целокупног технолошког процеса пелетирања хране за животиње на квалитет пелета. Отуда се начин приказа и тумачења добијених резултата истраживања оцењује позитивно.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Дисертација садржи све неопходне елементе за разумевање обрађене теме и добијених резултата. Написан је обиман, монографски преглед литературе, комплексни експерименти су изведени на адекватан начин, примењен је велики број метода, а међу њима и савремена аналитичка техника за утврђивање утицаја процеса пелетирања на квалитативни и квантитативни састав протеина пелетиране смеше, као и утицаја функционалних промена протеина на квалитет пелета. Резултати приказани у дисертацији су интерпретирани у складу са обимним теоријским предзнањем, те на одговарајући начин доведени у корелацију са варираним процесним параметрима: извором и концентрацијом протеина, временом кондиционирања и пречником отвора сита млина чекићара.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
Дисертација представља оригиналан допринос науци јер је по први пут објашњен утицај додатка сунцокретовете сачме различите концентрације протеина (37,3, 40,3 и 42,6 %) на физички квалитет пелета. Резултати квалитета пелета су поређени са квалитетом пелета са додатом сојином сачмом, као и пелетама од чистог кукуруза, како би се објаснио утицај концентрације скроба, као и извора и концентрације протеина. Показано је да су пелете од смеше са сунцокретовом сачмом квалитетније од пелета са сојином сачмом, иако сунцокретова сачма има мањи садржај протеина и већи садржаја силових влакана. Такође, у овој дисертацији су испитивања вршена не само за стандардно време кондиционирања, него уз примену најсавременијих приступа термичке обраде хране за животиње, тј. уз употребу продуженог време кондиционирања од 5 и 10 минута, при чему је приказано да је управо време продуженог кондиционирања од 5 минута најоптималније за физички квалитет пелета са додатом сунцокретовом сачмом.
Надаље, допринос науци је дат и тиме што је показано да процес пелетирања утиче не само на денатурацију и деградацију протеина (електрофоретско раздвајање протеина је показало да се фракције протеина већих од 38,2 kDa разлажу на фракције протеина мањих молекулских маса), него и на њихову синтезу, те да промене на протеинима у највећој мери зависе од хемијског састава смеше, док време задржавања и пречник отвора сита млина чекићара немају значајан утицај на ове промене.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Недостаци дисертације нису уочени.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене урађене докторске дисертације под насловом **Утицај додатка биљних протеинских концентрата у храну за животиње на квалитет пелета**, комисија предлаже да се докторска дисертација прихвати, а да се кандидат **Радмило Чоловић, дипл. инж. технологије**, позове на јавну одбрану.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Ненад Ђорђевић, редовни професор

Др Љубинко Левић, редовни професор

Др Јованка Левић, научни саветник

Др Бојана Иконић, доцент