

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Бојана Кокић, дипл. инж. технологије

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>	
1.	Датум и орган који је именовео комисију 16.7.2017. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета, 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• др Александар Фиштеш, ванредни професор, прехранбено инжењерство, 20.11.2014 године, Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, председник</li> <li>• др Љубица Докић, редовни професор, прехранбено инжењерство, 15.07.2013, Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, ментор</li> <li>• др Јованка Левић, научни саветник, биотехничке науке – прехранбено инжењерство, 27.06.2012. године, Научни институт за прехранбене технологије, Универзитет у Новом Саду, ментор</li> <li>• др Драгана Шороња Симовић, доцент, прехранбено инжењерство, 01.10.2012, Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, члан</li> <li>• др Денис Кучевић, ванредни професор, сточарство, 24.03.2016, Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, члан</li> </ul>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: <b>Бојана, Мирослав, Кокић</b>
2.	Датум рођења, општина, држава: <b>31.12.1982, Нови Сад, Србија</b>
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, Прехранбено инжењерство, Микробиолошки процеси, Дипломирани инжењер технологије</b>
4.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2008, Прехранбено инжењерство</b>
5.	Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -
6.	Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>	
<b>Утицај термичких третмана хране за животиње на промене скробне компоненте и сварљивост</b>	

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација дипл. инж. Бојане Кокић је веома прегледно и јасно изложена у седам поглавља:

- Увод (стр. 1-2),
- Преглед литературе (стр. 3-36),
- Циљ рада (стр. 37-38),
- Материјал и методе (стр. 39-57),
- Резултати и дискусија (стр. 58-107),
- Закључци (стр. 108-112),
- Литература (стр. 113-129),

Дисертација је написана на 129 нумерисаних страна А4 формата, у 7 поглавља са 19 слика и 21 табелом. Цитирано је 216 литературних навода, а на почетку су дате кључне документацијске информације са кратким изводом на српском и енглеском изводу.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У поглављу УВОД аутор указује на значај нутритивне процене хране за преживаре и формулисање добро избалансираних оброка. Веома значајан фактор за одржавање жељених перформанси животиња је сварљивост хране, која зависи од физичких и хемијских карактеристика хране. Код преживара веома је важна брзина и степен разградње хранљивих материја у бурагу, коју је потребно знати и контролисати да би се побољшала сварљивост у бурагу и кроз цео дигестивни тракт, а све са циљем побољшања производње и састава млека и меса.

У поглављу ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ најпре су дати основни подаци о кукурузу и грађи зрна. Обзиром да је у зрну кукуруза скроб заступљен са око 72%, у наставку овог поглавља су описана два полимера који чине скроб (амилоза и амилопектин) и физичка организација структуре скробне грануле. Објашњен је процес желатинизације скроба који је неизоставан феномен приликом прераде хране за животиње када се примењује топлота. Наведене су методе за праћење процеса желатинизације са акцентом на диференцијалну скенирајућу калориметрију (DSC) и вискозитет пасте. У другом делу прегледа литературе детаљно су описани третмани парног флекичења, микронизације, пелетирања и екструдирања који су коришћени у експериментима у оквиру ове докторске дисертације. У трећем делу прегледа литературе дат је приказ дигестивног система краве са објашњењем о процесу варења хране код преживара. Детаљније је разматрано варење скроба и метаболизам глукозе у бурагу и цревима. У наставку су описане промене у варењу и могућа обољења животиња до којих долази када су у исхрани преживара житарице заступљене у великом проценту. На основу литературних података разматране су промене у сварљивости кукуруза након различитих третмана. У последњем делу овог поглавља описане су методе за процену сварљивости хране, односно предности и недостаци истих, и то хемијске анализе, *in vitro* технике, ензимских метода и *in situ* технике.

У поглављу ЦИЉ РАДА јасно је дефинисан основни циљ истраживања а то је анализа утицаја термичких третмана парног флекичења, микронизације, пелетирања и екструдирања на промене скробне компоненте и сварљивост кукуруза и смеша код преживара.

У поглављу МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ дати су подаци о кукурузу и рецептура смеше на бази кукуруза са објашњењем о начину формирања смеше. Потом су детаљно описани примењени термички третмани парног флекичења, микронизације, пелетирања и екструдирања, описом коришћених уређаја као и параметара који су варирану у оквиру истраживања. У наставку поглавља су наведене методе за анализу основног хемијског састава кукуруза и смеша, степена желатинизације, индекса апсорпције воде (WAI), индекса растворљивости у води (WSI), реолошких својстава и микроструктуре. Детаљно је описана *in situ* метода која је коришћена за одређивање разградивости скроба и суве материје смеша на бази кукуруза у бурагу инфистулираних крвава и сварљивост скроба у цревима методом *mobile bag*. У наставку је описана модификација постојеће *in vitro* мулти-ензимске методе за одређивање сварљивости органске материје код преживара. На крају поглавља су објашњене методе статистичке обраде података. Поглавље Материјал и методе је квалитетно и детаљно написано што омогућује да спроведена

истраживања буду поновљена.

У поглављу РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА аутор је описивао добијене резултате утицаја примењених термичких третмана на промене скробне компоненте и сварљивост кукуруза и смеша на бази кукуруза. Поглавље се састоји од три дела. У првом делу су разматране физичко-хемијске промене скробних гранула настале након примењених термичких третмана. Промене у структури скроба су праћене помоћу скенинг електронске микроскопије и диференцијалне скенирајуће калориметрије, док су промене у хидратацији и бубрењу узорака одређене анализом криве пастирања, индекса апсорпције воде (WAI) и индекса растворљивости у води (WSI). Добијени резултати су поређени са резултатима других истраживања, а уочене појаве аутор је објаснио у складу са досадашњим сазнањима науке. У другом делу приказани су резултати разградње суве материје и скроба у бурагу нетретиране и термички третмираних смеша, а потом разматрани у вези са променама скробне компоненте изазваним дејством примењених третмана. На основу добијених резултата за сварљивост скроба у цревима, којој је претходила припрема узорака у трајању од 16h инкубације у бурагу, аутор је прегледом доступне литературе указао на различито време инкубације које се примењује у истраживања и потребу да се примењена *mobile bag* метода стандардизује. На основу добијених резултата сварљивости органске материје кукуруза и смеша пре и након примењених термичких третмана аутор је указао на немогућност примене *in vitro* мултиензимске методе за процену промене сварљивости као последице термичког третмана. У последњем делу овог поглавља изложена је корелациона анализа, кластерска анализа и анализа главних компоненти добијених резултата.

ЗАКЉУЧЦИ су добро изведени из добијених резултата и могу се сматрати поузданим.

У поглављу ЛИТЕРАТУРА налази се 216 литературних навода, што указује да је тематика истраживања добро испитана.

## **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 часопису међународног значаја

Kokić, B., Palić, D., Ivanov, D., Lević, J., Spasevski, N., Đuragić, O., Čabarkapa, I., 2013. Modification of *in vitro* multi-enzymatic method for determining the organic matter digestibility of feeds. *Agro Food Industry Hi Tech* 24, 59-61.

### M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини

Kokić, B., Palić, D., Đuragić, O., Spasevski, N., Brlek, T., Ivanov, D., Čolović, R., 2012. Gelatinization of starch and methods for its determination, XV International Feed Technology Symposium “FEED-TO-FOOD” / COST FEED FOR HEALTH joint Workshop, Novi Sad, Serbia, pp. 229-237.

### M51 – Рад у водећем часопису националног значаја

Kokić, B., Lević, J., Chrenková, M., Formelová, Z., Poláčiková, M., Rajský, M., Jovanović, R., 2013. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and *in vitro* organic matter digestibility of corn. *Food & Feed Research* 40, 93-99.

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

### 1. Степен желатинизације скроба:

- Анализом узорака термички третираног кукуруза одређен је најмањи СЖ у узорку који није био кондициониран пре третмана микронизације (26,20%), док је кондиционирање зрна преостала два узорка кукуруза утицало на значајно повећање СЖ који је износио 51,74 и 64,32%. Пелетирање кукуруза је довело до желатинизације 35,64%, а парно флекичење 42,51% скроба. Третман екструдирања се показао као најефикаснији у нарушавању структуре скробне грануле па је након примењеног третмана при одређеним параметрима процеса у два узорка екструдираниог кукуруза желатинизирало 68,62 и 79,11% скроба. Веће силе смицања и дуже време задржавања материјала унутар цеви екструдера при задатим условима екстудирања су довели до потпуне желатинизације скроба (100%) у преостала два узорка екстудираниог кукуруза.
- Анализом узорака термички третираних смеша одређен је најмањи СЖ у смеши која је садржала микронизирани кукуруз (34,65%). Кондиционирање зрна кукуруза пре микронизације је довело до повећања СЖ у преостале две смеше (43,50 и 54,12%). СЖ смеше која је садржала парно флекичан кукуруз је био 43,50%. Пелетирањем комплетне смеше желатинизирало је 50,42% скроба. СЖ скроба три екстудирание смеше се кретао у распону 56,50-100% у зависности од примењених параметара процеса.

### 2. Индекс апсорпције воде (WAI):

- Анализом узорака кукуруза одређена је најнижа вредност WAI у узорку нетретираног кукуруза (2,77 g/g) у којем се скроб налазио у нативним облику. Пелетирање, парно флекичење и микронизација кукуруза су довели до умереног повећања WAI и то у приближној истој мери (3,30-3,90 g/g). Након екстудирања забележене су највеће вредности wai (5,50-7,34 g/g) што указује на већи степен оштећења гранула скроба кукуруза.
- Анализом узорака смеша одређена је најнижа вредност WAI у узорку нетретиране смеше (3,13 g/g). Сви примењени термички третмани су довели до повећања WAI који се кретао у распону од 4,03 до 6,49 g/g. Највећа вредност WAI (6,49 g/g) је забележена у екстудираној смеши у којој је 100% скроба желатинизирало.

### 3. Индекс растворљивости у води (WSI):

- У узорку нетретираног кукуруза WSI је износио 6,20 g/100g. Најнижа вредност WSI је одређена у узорку парно флекичаног кукуруза (3,37 g/100g). WSI пелетираног и микронизираних узорака кукуруза се кретао у распону 5,35-6,11 g/100g. Код екстудираних узорака кукуруза WSI се кретао у распону 7,74-21,26 g/100g, а велико повећање WSI у поређењу са нетретираним кукурузом (више од 3 пута) указује на декстринизацију скроба.
- Анализом нетретиране и термички третираних смеша одређен је WSI који се кретао у распону 7,85-13,94 g/100g. Статистички значајно повећање вредности WSI у односу на све остале анализиране смеше је забележемо у једном узорку екстудирание смеше у којој је 100% скроба желатинизирало а у којој је WSI износио 13,94 g/100g.

### 4. Карактеристике пастирања:

- Парно флекичење, микронизација, пелетирање и екстудирање су утицали на појаву значајних разлика у карактеристикама пастирања анализираниог кукуруза. Код узорака екстудираниог кукуруза у којима је 100% скроба желатинизирало није дошло до формирања карактеристичног пика. Почетни вискозитет нетретираног кукуруза је износио 1,07 Pa·s, док је код пелетираног, парно флекичаног и микронизираниог кукуруза дошло до смањења почетног вискозитета (0,42-0,80 Pa·s). У свим узорцима екстудираниог кукуруза забележено је повећање почетног вискозитета (2,71-19,90 Pa·s) у поређењу са нетретираним кукурузом. Највећа вредност максималног вискозитета (68,06 Pa·s) и температура желатинизације (77,72°C) су одређени у узорку нетретираног кукуруза. Након примењених термичких третмана дошло је до пада максималног вискозитета и температуре желатинизације због делимичне желатинизације скроба у свим анализираним узорцима кукуруза у поређењу са нетретираним.
- Анализом криве пастирања нетретиране смеше на бази кукуруза запажено је значајно

смањење добијених вредности максималног и финалног вискозитет, у поређењу са кривом пастирања нетретираног кукуруза, што је последица смањења удела скроба у анализираној смеши. Осим наведеног, такође се може приметити и утицај осталих компонената смеше које могу да апсорбују воду (сунцокретова и сојина сачма) и на тај начин смање количину воде доступну за бубрење скроба, или физички заштите грануле и отежају продирање воде па самим тим и бубрење.

#### 5.Микроструктура кукуруза:

- Највећу промену у морфологији гранула скроба је изазвао третман екструдирања што је утврђено применом скенинг електронске микроскопије. Поређењем слика нетретираног и екструдираних узорака може се уочити комплетна дезинтеграција гранула скроба изазвана екстудирањем, праћена формирањем великих конгломерата који су различитих облика са релативно глатком и местимично хрпавом површином. Након пелетирања, парног флекичења и микронизације део скробних гранула је остао нетакнут, док су преостале грануле желатинизирале па је дошло до формирања грумена различитих величина.

#### 6.Сварљивост суве материје и скроба смеша у бурагу:

- *In situ* методом су за узорак нетретиране смеше одређене најниже вредности нестајања СМ и скроба у бурагу након инкубације у трајању од 3, 9, 16, 24 и 48h, док су сви примењени термички третмани довели до значајног повећања разградње СМ и скроба. Најмање повећање разградње скроба је забележено код смеше која је садржала парно флекичан кукуруз где је до 9h инкубације степен разградње скроба био исти, а након 9h већи у поређењу са нетретираном смешом. У свим узорцима смеша које су добијене третманом екстудирања дошло је до разградње велике количине скроба већ током прва 3h инкубације.
- У узорку нетретиране смеше вредност брзо разградиве фракције скроба  $a_{SK}$  је била 34,7%, док је брзина разградње скроба  $c_{SK}$  била  $0,0379h^{-1}$ . У бурагу краве се разградило 57,89% скроба нетретиране смеше, односно око 40% скроба је прешло у црева. У поређењу са нетретираном смешом, у свим термички третираним смешама су одређене веће вредности  $a_{SK}$  (36,0-67,9%), изузев у смеши која је садржала парно флекичан кукуруз (24,9%). Након примењених термичких третмана дошло је до повећања  $c_{SK}$  свих узорака у поређењу са нетретираном смешом, а одређене су вредности у распону од 0,0522 до  $0,0936h^{-1}$ . Примењени термички третмани су довели до повећања количине скроба који се разгради у бурагу. Најмање повећање EfRSK у поређењу са нетретираном смешом у износу од 16% је забележено након примене третмана парног флекичења, док је највеће у износу од 45% забележено након третмана екстудирања. Највеће вредности  $a_{SK}$  (67,9%),  $c_{SK}$  ( $0,0936h^{-1}$ ) и EfRSK (83,92%) су одређене у екстудираној смеши у којој је степен желатинизације био 100%.

#### 7.Сварљивост скроба у цревима:

- *Mobile bag* методом одређена је сварљивост скроба у цревима која је у нетретираној и свим термички третираних смешама износила 100%.

#### 8.Сварљивост органске материје (СОМ)

- *In vitro* мулти-ензимском методом одређена је СОМ нетретираног кукуруза и нетретиране смеше у износу од 91,69% и 93,18%, респективно. Статистичком обрадом резултата није утврђено значајно повећање СОМ кукуруза и смеше након примењених термичких третмана у поређењу са нетретираним узорцима. Стога, примењена ин витро метода није у могућности да зебележи промену СОМ анализираних узорака након термичких третмана због велике сварљивости самог кукуруза која прелази 90%.

9.На основу добијених резултата о утицају различитих термичких третмана на промене скробне компоненте може се закључити да су парно флекичење, микронизација и пелетирање благи третмани, док је екстудирање оштрији третман који доводи до потпуније желатинизације и нарушавања структуре гранула скроба.

10.Од свих примењених термичких третмана једино је парно флекичење довело до смањења брзо разградиве фракције скроба у бурагу краве, па се са аспекта здравља животиња и смањења појаве

ацидозе код преживара управо овај третман може препоручити за прераду кукуруза.

11. Добијени резултати брзине и степена разградње скроба кукуруза у бурагу крава након примењених третмана парног флекичења, микронизације, пелетирања и екструдирања могу да се искористе у компјутерским програмима за прављење рецептура за оброке животиња односно за синхронизовање доступности ферментабилних угљених хидрата и извора азота у бурагу.

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

Приказани резултати дају јасне одговоре на питања која су садржана у циљевима рада. Резултати се тумаче детаљно и јасно и пореде са резултатима других истраживања. Закључци су адекватни, научно оправдани и логично произилазе из добијених резултата. На основу наведеног, Комисија даје позитивну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

### **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 елементе неопходне за разумевање обрађене теме и добијених резултата. Написан је обиман преглед литературе који у потпуности описује тематику истраживања и даје увид у досадашња сазнања. Интерпретација резултата је заснована на обимном теоријском предзнању.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

У истраживањима ове дисертације по први пут су анализирани узорци микронизованог кукуруза применом *in situ* методе како би се утврдила количина скроба која се свари у бурагу крава и брзина варења. У доступној литератури постоји мало студија које анализирају утицај пелетирања, парног флекичења и екстудирања кукуруза на карактеристике разградње скроба у бурагу преживара, па резултати добијени у оквиру ове дисертације представљају важан допринос постојећим сазнањима. Такође, у студијама у којима се одређује сварљивост скроба било применом *in vivo*, *in vitro* или *in situ* метода најчешће изостаје анализа почетног материјала и промена које изазивају примењени термички третмани. Стога, обимна анализа узорака кукуруза и смеша пре и после термичких третмана, заједно са детаљним описом примењеног третмана, омогућава свеобухватније тумачење резултата добијених у оквиру ове дисертације, односно повезивање резултата о физичко-хемијских карактеристикама гранула скроба са карактеристике разградње скроба у бурагу крава.

Добијени резултати могу да се искористе у компјутерским програмима за синхронизацију доступности скроба и протеина у бурагу животиња са циљем максималног искоришћења хране.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостаци дисертације нису уочени.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација под насловом „**Утицај термичких третмана хране за животиње на промене скробне компоненте и сварљивост**“ прихвати, а кандидату Бојани Кокић одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

Др Александар Фиштеш, ванредни професор

---

Др Љубица Докић, редовни професор

---

Др Јованка Левић, научни саветник

---

Др Драгана Шороња Симовић, доцент

---

Др Денис Кучевић, ванредни професор