

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/434
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

03.10.2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Агро-индустријски отпад као супстрат за производњу млечне киселине, микробне биомасе и хране за животиње“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ДРАГАНА (Драган) МЛАДЕНОВИЋ, дипломирани биолог

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет Крагујевац.

3. Година дипломирања: 2009.

Студент је шк. 2012/2013. године уписан на докторске академске студије.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 15.09.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 15.09.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације ДРАГАНЕ МЛАДЕНОВИЋ, дипл. биолога, под називом: „Агро-индустријски отпад као супстрат за производњу млечне киселине, микробне биомасе и хране за животиње“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Љиљана Мојовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: **Драгана Младеновић**

Име и презиме ментора: **Љиљана Мојовић**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **L. Moјović**, K. Dierksen , R Upson, B Caldwell, J. Lawrence, J Trempy , P. McFadden, Blind and naïve classification of toxicity by fish chromatophores, *J Appl Toxicol* , **24**(5) (2004):355-61. ISSN: 0260-437X; IF(2004)=1.360.
2. **L. Moјović**, S. Nikolić., M. Rakin, M. Vukašinović, Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates, *Fuel*, **85** (12-13), 2006, 1750-1755. ISSN: 0016-2361; IF(2006)=1.358.
3. S. Nikolić, **L. Moјović**, M. Rakin, D. Pejin, J. Pejin, Ultrasound-assisted production by simultaneous saccharification and fermentation of corn meal. *Food Chemistry*, **122** (1) (2010) 216-222. ISSN: 0308-8146 ; IF(2010)=3.458.
4. **L. Moјović**, D. Pejin, M. Rakin, J. Pejin, S. Nikolić, A. Djukić-Vuković, How to improve the economy of bioethanol production in Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **16** (8) (2012) 6040-6047, ISSN 1364-0321; IF(2012)=5.627
5. A.P.Djukić-Vuković, B. Jokić, J. Pejin, S. Kocić-Tanackov , **L. Moјović** , Mg-modified zeolite as a carrier for *Lactobacillus rhamnosus* in L (+) lactic acid production on distillery wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.*, **59** (2016) 262-266. ISSN 1876-1070;; IF(2014)=3.000
6. A.P.Djukić-Vuković, D. Mladenović, M. Radosavljević, S. Kocić-Tanackov , J. Pejin, **L. Moјović**, Wastes from bioethanol and beer productions as substrates for l(+) lactic acid production - A comparative study, *Waste management* **48**(2016). 478-482 ISSN:0956-053X, IF(2014)=3.220

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са

релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 09.09.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata **Dragane Mladenović, diplomiranog biologa**, za izradu doktorske disertacije.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 23.06.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Dragane Mladenović, diplomiranog biologa, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom: **„Agro-industrijski otpad kao supstrat za proizvodnju mlečne kiseline, mikrobn biomase i hrane za životinje“**.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Dragana (Dragan) Mladenović rođena je 03. maja 1985. godine u Pančevu. Osnovnu školu završila je u Kačarevu, a srednju medicinsku školu, smer farmaceutski tehničar, u Beogradu sa odličnim uspehom. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu upisala je školske 2004/2005. godine, studijski program Biologija. Diplomirala je 05. novembra 2009. godine na Katedri za biologiju i ekologiju sa ocenom na diplomskom radu 10 i prosečnom ocenom u toku studija 9,50 čime je stekla zvanje diplomirani biolog. U periodu od januara 2010. do septembra 2012. godine radila je u Osnovnoj školi „Filip Filipović” u Beogradu, na mestu nastavnika biologije. U oktobru 2014. godine položila je stručni ispit i time stekla licencu za rad u oblasti nastave biologije.

Doktorske akademske studije, na studijskom programu Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, upisala je školske 2012/2013. godine. Od aprila 2013. godine je stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, a naučno-istraživačkim radom se bavi u okviru projekta Tehnološkog razvoja TR 31017 pod nazivom „Proizvodnja mlečne kiseline i probiotika na otpadnim proizvodima prehrambene i agro-industrije“. Bila je učesnik radionice „Food waste recovery workshop“ (Beč, jul 2016.) održane u organizaciji ISEKI Food Association. Na XXVIII nacionalnoj konferenciji sa međunarodnim učešćem „Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi“ (Borsko jezero, 17-22 april 2016.) Dragani Mladenović je dodeljena prva nagrada za usmenu prezentaciju rada mladog istraživača. U zvanje istraživač saradnik izabrana je 22. oktobra 2015. godine.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Dragana Mladenović je položila je sve ispite predviđene planom i programom doktorskih studija sa prosečnom ocenom 9,73. Završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije) pod nazivom „Biotehnološka proizvodnja mlečne kiseline na otpadnim proizvodima prehrambene i fermentacione industrije“ odbranila je 24. septembra 2014. godine pod mentorstvom prof. dr Ljiljane Mojović. Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija su dati u tabeli:

R. br.	Naziv predmeta	ESPB	Ocena
1	Matematička obrada eksperimentalnih podataka	5	8
2	Odabrana poglavlja instrumentalne analize	7	10
3	Bioaktivne materije u kozmetičkim proizvodima	4	10
4	Odabrana poglavlja biohemije - vitamini	5	10
5	Biomasa kao izvor energije	4	10
6	Sanitarna mikrobiologija	4	10
7	Biohemijska kinetika	5	10
8	Hemijska kinetika	5	9
9	Imobilisani biokatalizatori: tehnike imobilizacije, bioreaktori i primena	6	10
10	Industrijska mikrobiologija	5	10
11	Engleski jezik		10
12	Završni ispit	30	10
	Ukupno/Prosečna ocena	80	9,73

Od aprila 2013. godine je angažovana kao stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u realizaciji projekta TR 31017 pod nazivom „Proizvodnja mlečne kiseline i probiotika na otpadnim proizvodima prehrambene i agro-industrije“. Dosadašnji naučno-istraživački rad Dragane Mladenović pripada užoj naučnoj oblasti Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija sa posebnim osvrtnom na fermentacionu proizvodnju mlečne kiseline na otpadnim supstratima prehrambene industrije i poljoprivrede. Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, Dragana Mladenović je koautor dva rada objavljena u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), dva rada u međunarodnim časopisima (M23), tri rada u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51), dva saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima štampana u celini (M33), šest saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima štampana u izvodu (M34) i jednog tehničkog rešenja (M83).

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja:

1. Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja – M20

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu – M21

1. **Mladenović D.**, Djukić-Vuković A., Kocić-Tanackov S., Pejin J., Mojović L.: Lactic acid production on a combined distillery stillage and sugar beet molasses substrate,

Journal of chemical technology and biotechnology, 91 (2016) 2474-2479. IF(2015)=2,738 (ISSN 0268-2575) (Engineering, Chemical: 28/135).

2. Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Radosavljević M., Kocić-Tanackov S., Pejin J., Mojović L.: Wastes from bioethanol and beer productions as substrates for L (+) lactic acid production – A comparative study, Waste management, 48 (2016) 478-482. IF(2015) = 3,829 (ISSN 0956-053X) (Environmental sciences: 34/225).

Rad u međunarodnom časopisu – M23

3. **Mladenović D.**, Djukić-Vuković A., Pejin J., Kocić-Tanackov S., Mojović L.: Mogućnosti, perspektive i ograničenja u proizvodnji mlečne kiseline na sporednim i otpadnim sirovinama, Hemijska industrija, (2015) DOI: 10.2298/HEMIND150403050M, in press, IF(2014)=0,364 (ISSN 0367-598X) (Engineering, Chemical: 121/135).
4. Miljković M., Davidović S., Carević M., Veljović Đ., **Mladenović D.**, Rajilić-Stojanović M., Dimitrijević-Branković S.: Sugar Beet Pulp as *Leuconostoc mesenteroides* T3 Support for Enhanced Dextranucrase Production on Molasses, Applied Biochemistry and Biotechnology, (2016) DOI: 10.1007/s12010-016-2149-x, in press, IF(2015)=1,606 (ISSN 0273-2289) (Biotechnology & Applied Microbiology: 105/161).

2. Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini – M33

5. Mihajlovski K., Radovanović N., Miljković M., **Mladenović D.**, Dimitrijević-Branković S., Šiler-Marinković S.: Sugar beet pulp and molasses as a solid state fermentation media for cellulase production by *Paenibacillus chitinolyticus* CKS1, Eds. Radoje V. Pantović, XXIII International Conference Ecological Truth, Kopaonik, Serbia, 17-20. June, 2015, Proceedings, p. 403-408. (ISBN 978-86-6305-032-7).
6. Miljković M., Davidović S., **Mladenović D.**, Mihajlovski K., Dimitrijević-Branković S., Šiler-Marinković S.: Molasses and sugar beet pulp as a fermentation media for dextranucrase production by *Leuconostoc mesenteroides* T3, X International symposium on recycling technologies and sustainable development, Bor, Srbija, 4-7. Novembar, 2015, Proceedings, p. 127-132, (ISBN 978-86-6305-037-2).

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu – M34

7. Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Stefanović A., Jovanović J., Knežević-Jugović Z., Pejin J., Mojović L.: Ultrasound-assisted pretreatment of distillery stillage for lactic acid production, 1st World Congress on Electroporation and Pulsed Electric Field in Biology, Medicine and Food & Environmental Technologies (incorporating The 3rd International Bio & Food Electrotechnologies Symposium and Bioelectrics 2015-The 12th International Bioelectrics Symposium), Portorož, Slovenia, 6-10. September, 2015, Wed-C1-P7, Programme and book of abstracts, p. 112. (ISBN 978-961-243-284-3).
8. Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Pejin J., Mojović L.: Strategies for valorisation of wastes from bioethanol production–lactic acid and probiotics as added value products, 4th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Limassol, Cyprus, 23-25. June, 2016, Electronic edition, Editors: Maria Loizidou, NTUA and Costas Costa, Cyprus University of Technology.

9. Mojović L., Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Pejin J.: Lactic acid fermentation of a combined agro-food waste substrate, 4th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Limassol, Cyprus, 23-25. June, 2016, Electronic edition, Editors: Maria Loizidou, NTUA and Costas Costa, Cyprus University of Technology.
10. Mojović L., **Mladenović D.**, Djukić-Vuković A., Kocić-Tanackov S., Pejin J.: Lactic acid fermentation of a combined distillery stillage and sugar beet molasses substrate, 4th International ISEKI_Food Conference, Vienna, Austria, 6-8. July, 2016, Book of abstracts, p. 159. (ISBN 978-3-900932-34-3).
11. Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Pejin J., Kocić-Tanackov S., Mojović L.: Novel zeolite based immobilized systems for lactic acid production on distillery waste, 4th International ISEKI_Food Conference, Vienna, Austria, 6-8. July, 2016, Book of abstracts, p. 160. (ISBN 978-3-900932-34-3).
12. **Mladenović D.**, Djukić-Vuković A., Pejin J., Kocić-Tanackov S., Mojović L.: Fed-batch fermentation for enhanced lactic acid production on potato stillage, 4th International ISEKI_Food Conference, Vienna, Austria, 6-8. July, 2016, Book of abstracts, p. 215. (ISBN 978-3-900932-34-3).

3. Radovi objavljeni u časopisima nacionalnog značaja – M50

Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja – M51

13. Pejin J., Radosavljević M., Kocić-Tanackov S., Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Mojović L.: The influence of brewers' yeast addition on lactic acid fermentation of brewers' spent grain hydrolysate by *Lactobacillus rhamnosus*, Journal on Processing and Energy in Agriculture, 19 (4) (2015) 167-170. (ISSN 1821-4487).
14. Djukić-Vuković A., **Mladenović D.**, Jovanović J., Knežević-Jugović Z., Kocić-Tanackov S., Pejin J., Mojović L.: Ultrasound as a physical treatment of stillage for lactic acid fermentation, Journal on Processing and Energy in Agriculture, 20 (1) (2016) 13-16. (ISSN 1821-4487).
15. **Mladenović D.**, Pejin J., Kocić-Tanackov S., Stefanović A., Djukić-Vuković A., Mojović L.: Potato stillage and sugar beet molasses as a substrate for production of lactic acid and probiotic biomass, Journal on Processing and Energy in Agriculture, 20 (1) (2016) 17-20. (ISSN 1821-4487).

4. Tehnička i razvojna rešenja – M80

Novo laboratorijsko postrojenje, novo eksperimentalno postrojenje, novi tehnološki postupak – M83

16. Mojović L., Djukić-Vuković A., Pejin J., Kocić-Tanackov S., **Mladenović D.**: Postupak proizvodnje mlečne kiseline i probiotskog dodatka ishrani životinja na tečnoj destilerijskoj džibri, Tehničko rešenje (2015). Recenzenti: Dušanka Pejin, red. prof. Tehnološkog fakulteta Novi Sad, u penziji i Milica Radosavljević, naučni savetnik Instituta za kukuruz, Zemun polje. Korisnik: Reahem d.o.o., Srbobran, Srbija.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, TR 31017, Dragana Mladenović, diplomirani biolog, pokazala je izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Takođe, iz predložene teme doktorske disertacije, kandidat je do sada kao prvi autor objavio jedan rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M21), jedan rad u međunarodnom časopisu (M23), jedan rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51), kao i jedno saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34), čime ispunjava potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće ispitivanje proizvodnje mlečne kiseline (MK) na kombinovanom supstratu na bazi otpadne krompirove džibre iz proizvodnje bioetanola i melase šećerne repe kao sporednog proizvoda industrije šećera. Osnovni cilj je definisanje tehnološkog postupka koji će primenom jeftinih sirovina omogućiti efikasnu i ekonomski održivu proizvodnju MK.

U skladu sa ciljevima održivog razvoja i potrebama zaštite životne sredine danas se velika pažnja usmerava ka razvoju novih tehnologija u kojima se koriste sporedni i otpadni industrijski proizvodi. Otpadni proizvodi mogu biti dobar izvor fermentabilnih šećera, ali i mnogih drugih jedinjenja od velikog značaja za rast mikroorganizama, kao što su proteini, mineralne materije i vitamini i zbog toga predstavljaju potencijalnu sirovinu za proizvodnju bioetanola, biogasa, biodizela, organskih kiselina, enzima, mikrobne biomase itd.

Od prve industrijske proizvodnje do danas, MK je našla široku primenu u prehrambenoj, kozmetičkoj, farmaceutskoj i hemijskoj industriji, a poslednjih godina potražnja za MK je znatno povećana zbog njene uloge u proizvodnji biodegradabilnih i biokompatibilnih polimera – polilaktida [1]. Zbog biorazgradivosti polilaktidi se mogu koristiti kao ekološki prihvatljiva alternativa za konvencionalne plastične materijale, a zbog biokompatibilnosti nalaze primenu u medicini i farmaciji kao materijali za fiksaciju fraktura, kontrolisano oslobađanje leka i sl. [2]. Procenjuje se da će do 2020. godine globalno tržište MK dostići preko milion tona prvenstveno usled rastućeg trenda primene polilaktida [3]. Trenutno, najveći deo proizvodnje MK se odvija fermentacijom ugljenih hidrata pomoću homofermentativnih mikroorganizma koji sintetišu MK kao glavni proizvod. Ovaj vid proizvodnje MK je dominantan jer se izborom odgovarajućeg mikroorganizma može dobiti optički čist proizvod (D- ili L-MK), dok hemijska proizvodnja uvek daje racemsku smešu izomera MK. Kao proizvodni mikroorganizmi najčešće se koriste bakterije mlečne kiseline (BMK), ali su ispitivani i predstavnici roda *Bacillus* [4], kao i plesni roda *Rhizopus* [5]. Poželjna karakteristika proizvodnih mikroorganizama je sposobnost da daju visoke prinose D- ili L-MK fermentacijom jeftinih izvora ugljenika, sa minimalnom potrebom za obogaćivanjem medijuma izvorima azota i faktorima rasta.

Za proizvodnju MK fermentacionim putem se mogu koristiti sirovine koje sadrže fermentabilne šećere ili polisaharide koji se mogu razgraditi do fermentabilnih šećera. Veliki broj istraživanja do nedavno je bio fokusiran na proizvodnju MK iz rafiniranih šećera i jestivih useva. Međutim, ovakva proizvodnja je ekonomski nepovoljna, zato što su rafinirani šećeri skupi, a globalna potražnja za hranom je sve veća. Zbog toga, u novije vreme se intenzivnije

razmatra proizvodnja MK iz jeftinih sirovina koje se ne koriste u ishrani ljudi i životinja, kao što su otpadne sirovine iz poljoprivrede, šumarstva i industrije [4,6,7].

Pojedini sojevi BMK imaju veliki probiotski potencijal između ostalog zahvaljujući svojim sposobnostima da proizvode različita antimikrobna jedinjenja kao što su organske kiseline, vodonik peroksid, ugljen dioksid, acetaldehid, bakteriocini itd. [8]. BMK se tradicionalno koriste u proizvodnji različitih fermentisanih proizvoda, a takođe su korisne i neophodne u postupku siliranja useva. Zbog brojnih pozitivnih efekata na zdravlje ljudi i životinja, BMK su među najzastupljenijim probiotskim mikroorganizmima prisutnim u komercijalnim probiotskim preparatima [9]. Imajući u vidu navedeno, mikrobna biomasa koja zaostaje nakon mlečno-kiselinske fermentacije predstavlja sporedni proizvod visoke biološke vrednosti koji bi mogao da se koristiti kao dodatak hrani za životinje, a definisanje postupka proizvodnje dva ili više proizvoda istovremeno doprinosi ekonomskoj održivosti procesa.

Na efikasnost i produktivnost fermentacije pored sastava i načina pripreme podloge, izbora i pripreme radnog mikroorganizma i utvrđivanja optimalnih uslova fermentacije značajnu ulogu ima utvrđivanje optimalne tehnološke šeme fermentacije (šaržno, dolivno, sa imobilisanim ćelijama i recirkulacijom biomase) [10,11,12] što će takođe biti predmet istraživanja u ovoj disertaciji.

Literatura

- [1] Abdel-Rahman M.A., Tashiro Y., Sonomoto K.: Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes, *Biotechnology Advances* **31** (2013) 877–902.
- [2] Nampoothiri K.M., Nair N.R., John R.P.: An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research, *Bioresource Technology* **101** (2010) 8493–8501.
- [3] Global Industry Analysts, Inc., Lactic Acid: A Global Strategic Business Report (2014) http://www.prweb.com/releases/lactic_acid/polylactic_acid/prweb12173291.htm
- [4] Ouyang J., Ma R., Zheng Z., Cai C., Zhang M., Jiang T.: Open fermentative production of L-lactic acid by *Bacillus* sp. strain NL01 using lignocellulosic hydrolyzates as low-cost raw material, *Bioresource Technology* **135** (2013) 475–480.
- [5] Zhang Z.Y., Jin B., Kelly J.M.: Production of lactic acid from renewable materials by *Rhizopus* fungi, *Biochemical Engineering Journal* **35** (2007) 251–263.
- [6] Karp S., Igashiyama A., Siqueira P., Carvalho J., Vandenberghe L., Thomaz-Soccol V., Coral J., Tholozan J.L., Pandey A., Soccol C.: Application of the biorefinery concept to produce L-lactic acid from the soybean vinasse at laboratory and pilot scale, *Bioresource Technology* **102** (2011) 1765–1772.
- [7] Lu Z., He F., Shi Y., Lu M., Yu L.: Fermentative production of L(+)-lactic acid using hydrolyzed acorn starch, persimmon juice and wheat bran hydrolysate as nutrients, *Bioresource Technology* **101** (2010) 3642–3648.
- [8] Reis J.A., Paula A.T., Casarotti S.N., Penna A.L.B.: Lactic acid bacteria antimicrobial compounds: characteristics and applications, *Food Engineering Reviews* **4** (2012) 124–140.
- [9] Gaggia F., Di Gioia D., Baffoni L., Biavati B.: The role of protective and probiotic cultures in food and feed and their impact in food safety, *Trends in Food Science and Technology* **22** (2011) S58–S66.

- [10] Ding S., Tan T.: L-lactic acid production by *Lactobacillus casei* fermentation using different fed-batch feeding strategies, *Process Biochemistry* **41** (2006) 1451–1454.
- [11] Kumar M.N., Gialleli A.I., Masson J.B., Kandyliis P., Bekatorou A., Koutinas A.A., Kanellaki M.: Lactic acid fermentation by cells immobilised on various porous cellulosic materials and their alginate/poly-lactic acid composites, *Bioresource Technology* **165** (2014) 332–335.
- [12] Li L., Cai D., Wang C., Han J., Ren W., Zheng J., Wang Z., Tan T.: Continuous L-lactic acid production from defatted rice bran hydrolysate using corn stover bagasse immobilized carrier, *RSC Advances* **5** (2015) 18511–18517.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze koje se mogu izdvojiti kao polazna osnova za započinjanje naučno-istraživačkog rada u okviru ove disertacije su sledeće:

- Kombinovani supstrat na bazi otpadne krompirove džibre iz proizvodnje bioetanola i melase šećerne repe može biti potencijalno dobar supstrat za rast BMK i efikasnu proizvodnju MK.
- Adaptacija proizvodnog soja na saharozu koja je dominantan izvor ugljenika u ispitivanom supstratu može da poveća efikasnost konverzije supstrata.
- U cilju prevazilaženja efekta inhibicije supstratom ili proizvodom kao moguća strategija za postizanje većih prinosa i produktivnosti procesa na ispitivanom supstratu se može primeniti dolivni postupak.
- Pored dolivnog postupka, veća produktivnost procesa se može ostvariti imobilizacijom bakterijske biomase, a adsorpcije BMK na različite prirodne nosače, kao što su pivski trop, suvi repin rezanac i ljuska suncokreta može biti efikasna tehnika imobilizacije.
- Određene metode fizičkog tretmana supstrata (ultrazvuk i hladna plazma) se mogu primeniti kao alternative energetski zahtevnoj toplotnoj sterilizaciji, tokom koje dolazi do složene Majlardove reakcije i nastanka jedinjenja sa toksičnim i inhibitornim efektom.
- Mikrobna biomasa koja zaostaje nakon mlečno-kiselinske fermentacije predstavlja sporedni proizvod visoke biološke vrednosti koji bi mogao da se koristiti kao probiotski dodatak hrani za životinje. Takođe, fermentisani medijum nakon proizvodnje i ekstrakcije MK može naći potencijalnu primenu u ishrani životinja.

4. Naučne metode istraživanja

Hemijsku karakterizaciju destilerijske džibre i melase će biti izvršena primenom metoda tečne hromatografije (HPLC), indukovano spregnute plazme (ICP), kao i standardnih procedura za određivanje sadržaja suve materije, azota, masti i pepela u uzorku.

U toku mlečno-kiselinske fermentacije biće praćen sadržaj MK (spektrofotometrijski enzimskom metodom - Megazyme®, Wicklow, Ireland), šećera (spektrofotometrijski metodom po Miller-u ili HPLC metodom), promena pH vrednosti, kao i broj vijabilnih bakterijskih ćelija (Koh - ovom metodom na agarnim pločama). Takođe, slobodni α -aminoazot u uzorku će biti određivan spektrofotometrijskom metodom sa ninhidrinom.

Morfologija i struktura površine imobilisanih bakterijskih ćelija biće ispitivana skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) i svetlosnom mikroskopijom.

Analiza probiotskih karakteristika proizvodnog soja će biti izvršena primenom *in vitro* testova, kao što su preživljavanje u simuliranim uslovima gastrointestinalnog trakta, antimikrobna aktivnost protiv patogenih mikroorganizama, određivanje prirode antimikrobnih supstanci, rezistencija na antibiotike, antioksidativni kapacitet i hidrofobnost.

Karakterizacija ostatka fermentisanog medijuma nakon mlečno-kiselinske fermentacije sa aspekta potencijalne primene u ishrani životinja će obuhvatiti određivanje sadržaja vlakana rastvorljivih u neutralnim deterdžentima (NDF), vlakana rastvorljivih u kiselim deterdžentima (ADF) i sadržaja lignina rastvornog u kiselim deterdžentima (ADL). Na osnovu ovih parametara će biti izračunat sadržaj hemiceluloze i celuloze, dok će svarljivost suvog ostatka biti ispitana *in vitro* metodom primenom celulaze i pepsina.

Efikasnost različitih primenjenih fermentacionih postupaka (šaržno, dolivno, sa imobilisanim ćelijama) pratiće se i uporediti na osnovu utvrđivanja (eksperimentalno i računski) značajnih parametara fermentacije kao što su prinos (po supstratu i proizvodu) i produktivnost.

5. Očekivani naučni doprinos

Imajući u vidu sve veću potražnju za MK i njenim polimerima, ali i prateći aktuelna dešavanja na polju proizvodnje MK na industrijskom nivou, dolazi se do zaključka da postoji potreba za pronalaženjem novih sirovina i definisanjem tehnoloških procesa koja omogućavaju efikasnu i ekonomski održivu proizvodnju MK. Očekuje se da će istraživanja planirana u okviru ove doktorske disertacije dati višestruko značajan naučni, ali i praktičan doprinos, pri čemu se može izdvojiti sledeće:

- Ispitivanjem više različitih sojeva BMK izvršiće se selekcija soja kojim se ostvaruju najveći prinosi MK na ispitivanom supstratu.
- Uzastopnim zasejavanjem selektovanog soja na podlogu bogatu saharozom izvršiće se adaptacija soja u cilju efikasnije konverzije supstrata.
- Utvrdiće se optimalan sastav hranljive podloge na bazi otpadne krompirove džibre i melase za proizvodnju MK i probiotske biomase BMK.
- Analizom različitih tehnoloških postupaka proizvodnje (šaržni, dolivni, sa sistemima imobilisanih ćelija) biće definisan najpogodniji proces za proizvodnju MK na ispitivanom supstratu.
- Ispitivanjem efikasnosti metoda fizičkog tretmana (ultrazvuk i hladna plazma) u inaktivaciji spontane mikroflore ispitivanog supstrata biće sagledane mogućnosti njihove primene kao alternative standardnom termičkom postupku sterilizacije supstrata.
- Biće ispitana probiotska svojstva selektovanog soja BMK u cilju sagledavanja mogućnosti istovremene proizvodnja MK i probiotske biomase.
- Biće izvršena karakterizacija ostatka fermentisanog medijuma sa aspekta potencijalne primene u ishrani životinja kao visoko kvalitetne hrane za životinje.
- Imajući u vidu da se velika količina destilerijske džibre koja zaostaje nakon proizvodnje bioetanola u našoj zemlji ispušta u vodotokove, definisanje procesa koji koristi ovu otpadnu tečnost kao sirovinu za dalju proizvodnju će imati veliki ekološki značaj.

Dobijeni rezultati će biti verifikovani naučnim publikacijama u vodećim međunarodnim časopisima koji su bitni za ovu oblast.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće ispitivanje proizvodnje MK primenom sporednih i otpadnih agro-industrijskih proizvoda, kao što su krompirova džibra, melasa šećerne repe, repin rezanac, pivski trop i ljuska sincokreta, kao i procena mogućnosti iskorišćavanja fermentisanog medijuma nakon ekstrakcije MK u ishrani životinja. Plan istraživanja je koncipiran tako što će se nakon opsežnog pregleda literature precizirati mogućnosti definisanja tehnološkog postupka koji je efikasan (u smislu postizanja visoke koncentracije finalnog proizvoda i visoke produktivnosti), a takođe i ekonomski održiv (ostvariv uz minimalna ulaganja energije i materijala).

U prvom delu istraživanja izvršiće se hemijska karakterizacija destilerijske džibre i melase, kao i selekcija najproduktivnijeg soja BMK na ispitivanom supstratu. U cilju povećanja efikasnosti konverzije supstrata a time i produktivnosti procesa biće razmatrana adaptacija odabranog soja na saharozu koji je dominantan izvor ugljenika u supstratu na bazi krompirove džibre i melase. Takođe, biće analizirani različiti tehnološki postupci fermentacije (šaržni, dolivni, proizvodnja sa sistemima imobilisanih ćelija). U postupku proizvodnje sa sistemima imobilisanih ćelija biće ispitivana mogućnost adsorpcije BMK na različite prirodne nosače, kao što su pivski trop, suvi repin rezanac i ljuska suncokreta.

S obzirom da je za efikasnu proizvodnju MK neophodno obezbediti sterilnost medijuma pre inokulisanja BMK, odnosno obezbediti uslove u kojima je proizvodnja MK dominantan proces u medijumu, u narednom delu će biti analizirana mogućnost primene metoda fizičkog tretmana supstrata (ultrazvuka i hladne plazme) kao alternative energetski zahtevnom postupku sterilizacije.

U završnom delu istraživanja će biti analizirana potencijalna probiotska svojstva odabranog soja BMK, a takođe će biti izvršena i specifična karakterizacija ostatka fermentisanog medijuma nakon mlečno-kiselinske fermentacije sa aspekta potencijalne primene u ishrani životinja.

Sama izrada doktorske disertacije će imati sledeću strukturu:

- *Uvod*, u kojem će biti prikazan kratak osvrt na područje ispitivanja, definisani glavni ciljevi disertacije i predmet istraživanja;
- *Teorijski deo* će obuhvatiti analizu dosadašnjih istraživanja koja se sa različitih aspekata bave proizvodnjom MK fermentacionim putem;
- U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni materijali i metode korišćeni u eksperimentalnom radu;
- U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće predstavljeni i diskutovani rezultati eksperimenata;
- U *Zaključku* će rezultati dobijeni u toku istraživanja biti sumirani uz stavljanje akcenta na njihove osnovne doprinose;
- *Literatura* će sadržati navode citirane u disertaciji i publikacije proistekle iz istraživačkog rada u okviru ove disertacije;

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima Komisija smatra da kandidat **Dragana D. Mladenović**, diplomirani biolog, ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije koja pripada naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, odnosno užoj naučnoj oblasti Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Komisija takođe smatra da je predložena tema doktorske disertacije **“Agro-industrijski otpad kao supstrat za proizvodnju mlečne kiseline, mikrobne biomase i hrane za životinje”**, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, da je prihvati i odobri izradu ove disertacije. Za mentora se predlaže prof. dr Ljiljana Mojović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 02.09.2016. godine

ČLANOVI KOMISIJE

dr Ljiljana Mojović, redovni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Aleksandra Đukić-Vuković, naučni saradnik
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Maja Vukašinović-Sekulić, vanredni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Jelena Pejin, vanredni profesor
Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu