

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/242
(Број захтева)
17.09.2020.
(Датум)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ Јелена (Мирослав) Јовић
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму **Биохемијско инжењерство и биотехнологија**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије

из научне области: Технолошко инжењерство
Универзитет је дана 25.03.2019. својим актом под бр. 61206-1327/2-19 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије

Име и презиме ментора: Др Љиљана Мојовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 28.05.2020. одлуком факултета под бр. 35/94, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Сузана Димитријевић-Бранковић	ред. проф.	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Зорица Кнежевић-Југовић	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
3.	Др Маја Вукашиновић-Секулић	ванредни проф.	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
4.	Др Сунчица Коцић-Танацков	доцент	Прехрамбено инжењерство Новом Саду	Технолошки факултет у

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности **22.06.2020.**

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана **28.05.2020.**

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **03.09.2020.**

одлуком факултета под бр. 35/239, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Сузана Димитријевић-Бранковић	ред. проф.	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Зорица Кнежевић-Југовић	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
3.	Др Маја Вукашиновић-Секулић	ванредни проф.	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
4.	Др Сунчица Коцић-Танацков	доцент	Прехрамбено инжењерство Новом Саду	Технолошки факултет у Новом Саду

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
др Петар Ускоковић, редовни професор

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76. став 1. и став 4. Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

РЕШЕЊЕ

Бр. 20/111-1

о продужењу рока за завршетак студија 30. 09. 2019 год.
БЕОГРАД

Студенту **ЈЕЛЕНИ ЈОВИЋ**, број индекса 4037/2017, поновно уписаном студенту на докторске академске студије уписом на трећу годину студија школске 2017/2018. године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2019/2020. године.

Поука о правном леку:

Против овог решења именовани-а може поднети жалбу Савету Факултета у року од 8 дана од дана пријема решења

Доставити:

- Студенту;
- Служби за студентска питања;
- Општој служби – архиви.

ДЕКАН
Проф. др Петар Ускоковић



На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 03.09.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Сузана Димитријевић-Бранковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Маја Вукашиновић-Секулић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Сунчица Коцић-Танацков, доцент Универзитета у Новом Саду, Технолошки факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије**“ коју је поднела **Јелена Јовић**, дипломирани биолог-еколог и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Јелене Јовић, под називом „**Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије**“ Одлуком број: 61206-1327/2-19 од 25.03.2019. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M22:

1. **Jelena Jović**, Aneta Buntić, Neda Radovanović, Bojan Petrović and Ljiljana Mojović, Lignin-Degrading Abilities of Novel Autochthonous Fungal Isolates *Trametes hirsuta* F13 and *Stereum gausapatum* F28, Food Technology and Biotechnology, vol. 56 no. 3 (2018), (IF(2018) = 1.517), (ISSN:1330-9862)

2. **Jelena Jović**, Jian Hao, Sunčica Kocić-Tanackov, Ljiljana Mojović, Improvement of lignocellulosic biomass conversion by optimization of fungal ligninolytic enzyme activity and molasses stillage supplementation. Biomass Conversion and Biorefinery, <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00929-1>, (2020), (IF(2019) = 2.602), (ISSN: 2190-6815)

Категорија M23:

1. **Jelen Jović**, Jelena Pejin, Sunčica Kocić-Tanackov, Ljiljana Mojović, Primena gљiva koje razgraђuju lignocelulozu za proizvodnju bioetanola iz obnovljive biomase, Hemijska Industrija, vol. 69, no. 6 (2015) pp. 627-641, (IF(2015) = 0.437), (ISSN: 2217-7426)

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

ДV

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 03.09.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације Јелене Јовић дипломираног инжењера, са темом под називом „Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије“, у саставу:

1. Др Сузана Димитријевић-Бранковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет
2. Др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет
3. Др Маја Вукашиновић-Секулић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет
4. Др Сунчица Коцић-Танацков, доцент Универзитета у Новом Саду, Технолошки факултет.

Одлуку доставити: Одлуку доставити: члановима Комисије, Универзитету у Београду, Служби за наставно-студентске послове и Архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Јелене Јовић**, дипл. биолога-еколога.

Одлуком бр 35/94 од 28.05.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Јелене Јовић** под насловом

"Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије"

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

У октобру 2010. године кандидат Јелена Јовић, дипломирани биолог-еколог, је уписала докторске студије на Технолошко-металуршком факултету на катедри за Биохемијско инжењерство и биотехнологију.

Након истека рока за завршетак докторских студија, у октобру 2017. године, кандидат је поново уписала трећу годину докторских студија на истом студијском програму.

21.01.2019. године, кандидат Јелена Јовић, дипломирани биолог-еколог, предложила је тему докторске дисертације под називом "Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије". Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, је дана 31.01.2019. године усвојило Комисију за оцену научне заснованости предложене теме (број одлуке 35/38).

7.03.2019. године, на седници Наставно-научног већа, на основу извештаја Комисије, донета је одлука (бр. одлуке 35/80) о прихватању теме докторске дисертације Јелене Јовић, дипломираног биолога-еколога, под називом "Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије", а за ментора ове докторске дисертације је именована др Љиљана Мојовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета.

25.03.2019. године, на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Јелене Јовић, дипломираног биолога-еколога, под називом "Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије" (број одлуке 61206-1327/2-19).

28.05.2020. године, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, донета је одлука о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Јелене Јовић, дипломираног биолога-еколога, под називом "Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије" (бр. одлуке 35/94).

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Биохемијско инжењерство и биотехнологија, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За ментора ове докторске дисертације именована је др Љиљана Мојовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду која је на основу објављених публикација и искуства компетентна да руководи изработом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена (Мирослав) Јовић је рођена 8.07.1981. године у Лесковцу, република Србија, где је завршила основну школу "Вук Караџић" и гимназију "Станислав Вељковић – Зелена" (данас само Гимназија), смер Природно-математички. Након завршетка гимназије, школске 2000/2001. године уписује Природно-математички факултет Универзитета у Нишу, Одсек за биологију и екологију, смер Дипломирани биолог-еколог. Дипломирала је фебруара 2009. године са просечном оценом 8,24 одбравивши дипломски рад на тему "Квалитативно-квантитативни састав макробојотоса у доњем току реке Ветернице" са оценом 10 и стекла звање дипломирани биолог-еколог. Докторске студије је уписала школске 2010/2011. године на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9,5 и одбранила је завршни испит на тему "Испитивања предтретмана лигноцелулозне биомасе за технолошке процесе производње биоетанола или млечне киселине" са оценом 10. Од септембра 2013. године Јелена Јовић се у оквиру докторских студија активно бави научноистраживачким и експерименталним радом у области примене гљива и њихових ензима за конверзију лигноцелулозне биомасе. У звање истраживач приправник изабрана је у октобру 2018. године. Од 2018. године учествује у раду на пројекту са НР Кином "Развој нових биолошких поступака за добијање производа са додатном вредношћу на агро-индустријском отпаду" (руководилац проф. др Љиљана Мојовић), који финансира МПНТР Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Јелене Јовић, дипломираног биолога-еколога, написана је на 167 страна латиничним писмом. Дисертација је подељена у 7 поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература и Прилози. У дисертацију су укључени и изводи на српском и енглеском језику (на почетку дисертације), као и биографија аутора и потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада, коришћењу рада (на крају дисертације). Дисертација садржи 20 табела, 46 слика, 276 литературних навода и 7 прилога.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **Уводу** је дат кратак осврт на проблеме са којима се данас човечанство сусреће, шта се предузима како би се на те проблеме адекватно одговорило са нагласком на примени отпадне биомасе, посебно биомасе лигноцелулозног порекла. Затим се разматра какву би улогу лигноцелулолитичке гљиве и њихови механизми разградње лигноцелулозног супстрата могли да имају у решавању већ постојећи проблема: укратко су представљени механизми разградње лигноцелулозе, као и проблеми примене лигноцелулозе у технолошкој производњи и преглед савремених трендова у истраживању и примени лигноцелулолитичких гљива, чиме је уједно образложена база и основни мотиви за израду ове докторске дисертације.

У **Теоријском делу** су описане физичке и хемијске карактеристике лигноцелулозне биомасе, и проблеми примене овог супстрата у биотехнолошким процесима. Укратко су представљене физичке, хемијске и физичко-хемијске методе предтретмана, истакнуте су њихове предности и недостаци, док је биолошки предтретман описан детаљно: представљени су организми способни за разградњу лигноцелулозе, али је пажња превасходно посвећена гљивама; описани су оксидативни и хидролитички механизми разградње лигноцелулозе; представљени су и процесни услови предтретмана (влажност супстрата, температура, величина инокулума итд.). Дат је и кратак осврт на друге кораке производње на лигноцелулозном супстрату (хидролиза, ферментација и описани су и инхибитори ферментације). Детаљно је представљена меласна џибра, проблеми њеног одлагања, досадашња истраживања примене гљива у третману овог агенса и образложење зашто би могла да послужи као суплемент у биолошком предтретману за унапређење лигнинолитичке активности гљива. На самом крају Теоријског дела је издвојено потпоглавље циљеви истраживања у оквиру ког су образложени предмет и циљ истраживања ове дисертације.

Поглавље **Експериментални део** садржи два потпоглавља: Материјали и Методе. У оквиру потпоглавља Материјали дат је преглед материјала и опреме који су коришћени током израде докторске дисертације (PCR уређај, анализатор влакана, гел електрофореза итд.), као и састави и начини припреме медијума, пуфера и раствора реагенаса међу којима су хранљиви медијуми за одржавање културе и производњу ензима, пуфери коришћени у тесту ензимских активности, пуфери коришћени приликом екстракције ДНК молекула, као и прајмери ITS1 и ITS4. У оквиру потпоглавља Методе описане су методе коришћене током израде ове дисертације. На почетку потпоглавља су представљене методе изолације и локалитет са ког су изоловане гљиве, као и начини припреме инокулума и култивације изолата. Затим су описане квалитативне методе провере ензимске активности при чему су коришћени индикатори гвајакол, алфа-нафтол и боја азуре Б, као и квантитативне методе испитивања циљаних ензимских активности – ензимски есеји који се изводе помоћу спектрофотометра. Након тога је описана изолација ДНК молекула, PCR метода амплификације ITS секвенци, гел електрофореза за испитивање PCR производа и њихову идентификацију. У овом потпоглављу су описане и методе карактеризације лигноцелулозног супстрата међу којима су одређивање укупне суве масе применом протокола NREL/TP-510-42621, лигнина растворног у киселинама и лигнина нерастворног у киселинама применом лабораторијских процедура LAP-004 и LAP-003, азота методом по Кјелдалу, екстраката методом по Soxhlet-у. Након тога су описане методе експерименталног дизајна, укратко су описане све популарне методе експерименталног дизајна, а затим су детаљно представљене методе коришћене током рада на овој дисертацији које укључују фракционисани факторијски дизајн проширен преклопним дизајном (енг. foldover) и централни композитни дизајн (CCD) методологије одговора површине (RSM). На крају овог потпоглавља су описани функција пожељности и генетички алгоритам који су уз RSM коришћени у процесу оптимизације.

Поглавље **Резултати и дискусија** је подељено на четири потпоглавља. У **првом потпоглављу** је представљен процес изолације и селекција изолата са израженом лигнинолитичком и хидролитичком активношћу. У овом потпоглављу су представљени и дискутовани резултати квалитативног и квантитативног испитивања лигноцелулолитичке активности изолата. **Друго потпоглавље** се бави идентификацијом изолата који су испољили најбољу лигнинолитичку и хидролитичку активност. Ради утврђивања врсте којој припадају одабрани изолати, примењене су ДНК анализа, као и анализе микроскопских карактеристика мицелијума и карактеристике плодносног тела где је било потребно, тј. где ДНК анализа није била довољна. У ДНК анализи су коришћене ITS секвенце које су упоређене са NCBI (National Center for Biotechnology Information) GenBank базом ради утврђивања врсте одабраних изолата. ITS секвенце су депоноване у GenBank базу. У **трећем потпоглављу** је представљен и дискутован хидролитички и лигнинолитички потенцијал идентификованих изолата, са циљем одабира изолата са највећим потенцијалом за примену у технологији на лигноцелулозном супстрату. У овом потпоглављу је испитан хидролитички потенцијал изолата идентификованог као *Myrmaecium fulvopruinatum* F14 и урађено је испитивање могућности примене ензимских екстраката овог изолата у хидролизи отпадног папира. Такође, ово потпоглавље представља и дискутује лигнинолитички потенцијал изолата *Trametes hirsuta* F13 и *Stereum gausapatum* F28 и потенцијал за њихову примену у предтретману лигноцелулозног отпада. Испитан је утицај култивационих услова, влажности супстрата, додатка минералног медијума на лигнинолитичку активност изолата *T. hirsuta* F13 и *S. gausapatum* F28, као и селективност разградње лигноцелулозе која се постиже овим изолатима, ради одабира најбољег кандидата за примену у предтретману. У **четвртм потпоглављу** је испитана могућност примене отпадне меласне џибре пореклом од шећерне репе као суплемента за унапређење лигнинолитичке активности изолата *T. hirsuta* F13, који је одабран као изолат са највећим потенцијалом за примену у предтретману, извршена је селекција фактора (применом фракционисаног факторијског дизајна) и дизајниран је модел који описује утицај одабраних фактора на лигнинолитичку активност овог изолата применом RSM. Полазни параметри чији утицај је испитиван у скрининг дизајну укључују рН, температуру, влажност супстрата, концентрацију џибре и величину инокулума, након чега су одабрани фактори примењени за дизајнирање модела помоћу RSM. Извршена је дијагностика квалитета дизајнираног модела, а затим и оптимизација култивационих услова применом добијеног модела, функције пожељности и генетичког алгорита. Такође, представљени су и дискутовани резултати примене добијених оптималних услова у предтретману, са додатком и без додатка џибре, како би се испитао допринос примене меласне џибре унапређењу лигнинолитичке активности одабраног изолата као и ефикасности хидролизе предтретираног супстрата. Анализирана је лигнинолитичка активност током предтретмана, као и ефикасност ензимске хидролизе утврђивањем концентрације ослобођених редукујућих шећера и карактеризација предтретираног супстрата утврђивањем степена редукције Класоновог лигнина и селективности разградње.

У поглављу **Закључак** су изнети закључци изведени на основу резултата представљених у претходном поглављу, наведен је остварени допринос ове дисертације и представљени су будући правци истраживања.

У поглављу **Литература** је дат списак литературе према редоследу навођења у дисертацији.

У поглављу **Прилози** су дати FASTA фајлови ITS секвенци одабраних изолата који су депоновани у GenBank базу, таксономија и систематика врста којима припадају одабрани изолати и R скрипта примењеног генетичког алгорита.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација "Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије" кандидата Јелене Јовић, дипломираног биолога-еколога, анализира лигнинолитичку и хидролитичку активност одређених одабраних врста гљива, аутохтоних за територију Србије, указујући на њихову могућу примену у технологији на лигноцелулозном супстрату (са главним фокусом на примену у биолошком предтретману у циљу ефикасније разградње овог супстрата) и указује на могућу примену отпадне меласне џибре као суплемента за унапређење лигнинолитичке активности одабраног изолата, а тиме и биолошког предтретмана лигноцелулозе.

Ради превазилажења проблема са којима се данас суочавамо – као што су потребе за храном, енергијом и простором, измењени или уништени бројни екосистеми, увећане количине акумулираног отпада, а са њима и здравствени и безбедносни ризици, који су резултат несавесног понашања људи, експлозивног раста људске популације и интензивне употребе фосилних сировина – данас се све више тежи одрживом развоју који подразумева примену рециклаже и обновљивих ресурса као што је биомаса, затим примену алтернативних извора енергије и чистију, еколошки прихватљиву производњу. Из биомасе се производи могу добити ферментацијом, али је биомаса лигноцелулозног порекла отпорна на дејство производних микроорганизама и ензима, па је још увек нерентабилно користити је у технолошким процесима без претходног третмана одговарајућим методама. Примена гљива у третману овог отпада је препозната као интересантна метода јер није потребно улагање додатне енергије нити скувих и токсичних хемикалија. Данас су актуелна бројна истраживања чији је циљ проналажење изолата са што бољим карактеристикама разградње овог супстрата ради даље конверзије у бројне корисне производе, али постоји и тренд испитивања примене лигноцелулолитичких гљива и њихових ензима у третману отпадних вода и контаминираног земљишта, као и у уклањању тешких метала и у разградњи и неутрализацији опасних супстанци као што су пестициди, феноли и друге сличне хемикалије, јер је лигнинолитички систем ових гљива способан да разгради и уклони ове компоненте.

Лигноцелулолитички потенцијал аутохтоних гљива Србије је до сада слабо изучаван. Изолати гљива коришћени у овој дисертацији потичу са југа Србије. Међу њима су два изолата која припадају врстама чија је лигнинолитичка и хидролитичка активност први пут детаљно испитана током рада на овој дисертацији – у питању су врсте *Myrmaecium fulvopruinatum* и *Stereum gausapatum*.

Меласна џибра је отпад из индустрије алкохола који се генерише у великим количинама. Постоји проблем одлагања овог отпада. Озбиљан је загађивач водотокова због чега је тренд данашњих истраживања испитивање предтретмана овог агенса гљивама, као и проналажење метода за његову примену. Оригиналност ове дисертације се, између осталог, огледа у испитивању примене меласне џибре као суплемента за унапређење лигнинолитичке активности и процеса предтретмана одабраним изолатом. Наиме, меласна џибра још увек није испитивана као суплемент за унапређење лигнинолитичке активности гљива и унапређење биолошког предтретмана. Досадашња истраживања су углавном усмерена ка испитивању могућности њене примене као фертилизатора усева и постоји тренд испитивања метода третмана овог отпада како би био безбедан пре испуштања.

Током рада на овој дисертацији је извршена оптимизација лигнинолитичког система одабраног изолата методом оптимизације вишеструких одговора која је укључивала примену одговора површине за генерисање модела, затим функцију пожељности и генетички алгоритам за селекцију оптималних услова. Комбинација генетичког алгоритма и функције пожељности је до сада слабо коришћена за селекцију оптималних/пожељних услова у процесима са живим системима, а метода коришћена у овој дисертацији у којој су вишеструки одговори ензими лаказе и манган зависне пероксидазе није примењивана до сада.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током рада на овој дисертацији кандидат је извршио детаљан преглед научне и стручне литературе из научних области које су релевантне за проблеме и процесе којима се бави дисертација. Цитирано је 276 библиографских јединица којима је омогућено јасно представљање стања и сагледавање актуелности проблематике у испитиваној научној области као и допринос истраживања и резултата добијених у овој дисертацији. Највећи део прегледане научне литературе чине научни радови еминентних стручњака из области којом се бави дисертација, који су публиковани у водећим међународним часописима.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

План истраживања ове докторске дисертације је остварен коришћењем одговарајућих експерименталних техника, савремених инструменталних аналитичких метода и софтверском анализом и обрадом података. Методе су коришћене према оригиналном поступку или су модификоване.

На почетку рада на овој дисертацији је изоловано 12 гљива са лигноцелулозног супстрата, међу којима су издвојене три са најбољим лигнинолитичким и хидролитичким карактеристикама међу изолатима за даљу анализу и селекцију. У селекцији су коришћени UV-Vis спектрофотометријски тестови ензимске активности и квалитативни есеји на агару са адекватним индикатором. У квалитативном тесту лаказне активности су коришћени алфа-нафтол и гвајакол, у тесту лигнин пероксидазне активности је коришћена боја азуре Б, у тесту целулазне активности је коришћена микрокристална целулоза. Контроле у тестовима су агарне подлоге са индикатором на којима нису биле засејане гљиве. У квантитативном есеју лаказне активности је коришћен гвајакол, манган пероксидазне активности је коришћено фенол црвено, лигнин пероксидазној активности је коришћено азуре Б, у тесту целулаза/ксиланаза је коришћен ДНС (динитросалицилна киселина) реагенс и карбоксиметил целулоза или ксилан. У тесту лаказне активности се прати оксидација гвајакола до тетрагвајакола. Есеј манган пероксидазне активности садржи две контроле (за елиминацију лаказне активности и детекцију или елиминацију верзатил пероксидазне активности) и тест (за детекцију манган зависних пероксидаза), у овом есеју се прати оксидација фенол црвеног. Есеј лигнин пероксидазне активности прати оксидацију азуре Б. У есеју целулазне/ксиланазне активности се прати ослобађање редукујућих шећера; садржи две контроле (ензим и супстрат контролу) и тест.

Три изолата која су се издвојила према лигнинолитичком и хидролитичком потенцијалу су идентификована молекулски, помоћу ITS секвенци, а где је потребно, додатно је потврђена врста на основу карактеристика мицелијума (помоћу светлосног микроскопа) и/или плодносног тела. ДНК је изолована из свежих узорака мицелијума. ITS секвенце су умножене PCR методом и визуализоване на агароза гел електрофорези. За поређење

секвенци је коришћена GenBank банка гена Националног центра за биотехнолошке информације (National Center for Biotechnology Information – NCBI).

Анализе третираног и/или нетретираног супстрата су извршене помоћу стандардних протокола NREL/TP-510-42621 (одређивање сувог супстрата), NREL/TP-510-42619 (одређивање екстракта Soxhlet методом), Kjeldahl (одређивање азота), LAP-003 и LAP-004 (лигнин растворан у киселинама и лигнин нерастворан у киселинама), ASTM 1104-56 (одређивање холоцелулозе), NREL/TP-510-42622 (садржај пепела).

У експерименталном дизајну и оптимизацији, као и статистичкој анализи резултата је коришћен RStudio верзија 1.2.1335 и R програмски језик верзија 3.4.4. Коришћени су следећи софтверски пакети: FIF2 – за анализу фракционисаног факторијског дизајна и преклопног дизајна у скрининг експериментима; RSM – за моделовање и анализу модела добијеног помоћу централног композитног дизајна методологије одговора површине; desirability – пакет коришћен за функције пожељности; GA – пакет коришћен за селекцију култивационих услова.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати приказани у овој дисертацији указују на то да би се три испитана изолата могла користити у индустријској пракси као произвођачи индустријски значајних ензима лаказа (*Trametes hirsuta* F13), манган пероксидаза (*Stereum gausapatum* F28), или целулаза и ксиланаза (*Myrmaecium fulvopruinatum* F14), с обзиром на то да је истраживање спроведено у овој дисертацији показало да су у питању организми са изразитом лигнинолитичком или хидролитичком активношћу. Такође, резултати указују на то да би изолат *Trametes hirsuta* F13, као изразито селективни разграђивач лигноцелулозног супстрата, могао да се користи у предтретману лигноцелулозне биомасе. На основу приложених резултата може се очекивати да би применом меласне џибре као суплемента могла да се унапреди производња лигнинолитичких ензима гљива, као и да би применом модела добијеног у експерименталном дизајну, заједно са функцијом пожељности и генетичког алгорита, лигнинолитичка активност гљиве могла да се усмерава ка постизању жељеног циља. У овој дисертацији је примена ове методе и суплементације предтретмана меласном џибром унапредила ефикасности ензимске хидролизе предтретираног супстрата, што је и био циљ.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Јелена Јовић, дипломирани биолог-еколог је током израде докторске дисертације испољила изузетну стручност и самосталност у претраживању и коришћењу научне литературе, планирању и реализацији експеримената, као и коришћењу различитих техника и метода од којих су поједине врло савремене и софистициране, или пак оригиналне комбинације више метода. При анализи, обради и дискусији резултата показала је самосталност, систематичност и креативност. На основу досадашњег залагања и постигнутих резултата Комисија је мишљења да кандидат поседује све квалитете неопходне за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни доприноси ове дисертације:

- Изоловане су и идентификоване аутохтоне гљиве Србије са високим потенцијалом за примену у различитим биотехнолошким процесима као што су предтретман лигноцелулозног супстрата, производња хидролитичких ензима, примена у хидролизи целулозног материјала.
- Испитана је и потврђена могућност примене меласне џибре пореклом од шећерне репе за унапређење лигнинолитичке активности одабраног изолата.
- Развијен је модел примене џибре у предтретману лигноцелулозне биомасе гљивом *T. hirsuta* F13.
- Показано је да се применом експерименталног дизајна, функције пожељности и генетичког алгорита може оптимизовати биолошки предтретман лигноцелулозног отпада помоћу гљиве *T. hirsuta* F13.
- Примењена метода предтретмана је еколошки повољна, није захтевала додатно улагање хемикалија или пречишћавање опасних споредних производа.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Прегледом литературе из области којом се бави ова докторска дисертација: изолација и испитивање лигнинолитичке и хидролитичке активности нових изолата, биолошки предтретман лигноцелулозног супстрата, унапређење и оптимизација лигнинолитичке активности гљива и примена меласне џибре, уочава се да резултати ове дисертације значајно допуњују постојећа сазнања. Током рада на овој дисертацији је први пут испитивана лигноцелулолитичка активност врсте *M. fulvopruinatum*, при чему је утврђено да је ова гљива организам са изразитом целулазном и ксиланазном активношћу чиме је допуњена база знања о овој врсти. Друга два изолата се карактеришу изразитом лигнинолитичком активношћу. Детаљно испитивање лигнинолитичког и хидролитичког система врсте *S. gausapatum* као и испитивање могућности његове примене у третману лигноцелулозне биомасе је први пут детаљно спроведено током рада на овој дисертацији и показало је да је ова гљива ефикасан разграђивач лигноцелулозе али мање селективан него *T. hirsuta*, као и то да се одликује изразито јаким манган зависним пероксидазама када расте на супстрату попут пиљевине букве чиме је допуњена база знања о врсти *S. gausapatum*.

Из доступне литературе се може видети да је меласна џибра отпад из индустрије алкохола чија примена још увек није развијена, постоје истраживања која се баве испитивањем њеног потенцијала као фертилизатора усева, такође испитују се методе третмана овог отпада, али и њена примена као супстрата за производњу фунгалних лаказа. Међутим још увек нису развијене методе њене примене, постоји проблем њеног одлагања, а уколико се испусти у природу озбиљан је загађивач водених екосистема, због чега се трага за новим потенцијалним методама њене примене. Ова дисертација је испитала и потврдила да суплементацијом меласном џибром лигноцелулозног супстрата може да се унапреди лигнинолитичка активност али и предтретман гљивом *T. hirsuta*, а са њим и ефикасност хидролизе предтретираног супстрата, чиме је понуђена још једна потенцијална примена овог отпада. Унапређењу предтретмана је допринела и примена оптимизације комбинацијом експерименталног дизајна, функције пожељности и генетичког алгорита. На основу доступне литературе је уочљиво да се комбинација функције пожељности и генетичког алгорита се ретко користи у оптимизацији биолошких система, међутим примена у овој дисертацији је показала да се овај приступ може применити на лигнинолитички систем гљива да усмери лигнинолитичку активност у жељеном смеру, што је у случају ове дисертације на крају резултирало побољшањем ефикасности ензимске хидролизе предтретираног супстрата.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Јелена Јовић је верификовала научни допринос своје докторске тезе објављивањем радова у часописима међународног значаја и саопштавањем радова на међународном скупу. Кандидат је први аутор два рада у истакнутом међународном часопису (категорија M22), једног рада у међународном часопису (категорија M23) и једног саопштења са међународног скупа штампаног у изводу (категорија M34).

Списак објављених радова директно проистеклих из тезе је:

Категорија M22:

1. **Jelena Jović**, Aneta Buntić, Neda Radovanović, Bojan Petrović and Ljiljana Mojović, Lignin-Degrading Abilities of Novel Autochthonous Fungal Isolates *Trametes hirsuta* F13 and *Stereum gausapatum* F28, *Food Technology and Biotechnology*, vol. 56 no. 3 (2018), (**IF(2018) = 1.517**), (ISSN:1330-9862)

2. **Jelena Jović**, Jian Hao, Sunčica Kocić-Tanackov, Ljiljana Mojović, Improvement of lignocellulosic biomass conversion by optimization of fungal ligninolytic enzyme activity and molasses stillage supplementation. *Biomass Conversion and Biorefinery*, <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00929-1>, (2020), (**IF(2019) = 2.602**), (ISSN: 2190-6815)

Категорија M23:

1. **Jelen Jović**, Jelena Pejin, Sunčica Kocić-Tanackov, Ljiljana Mojović, Primena gljiva koje razgrađuju lignocelulozu za proizvodnju bioetanola iz obnovljive biomase, *Hemijska Industrija*, vol. 69, no. 6 (2015) pp. 627-641, (**IF(2015) = 0.437**), (ISSN: 2217-7426)

Категорија M34:

Jelena Jović, Ljiljana Mojović, Indigenous lignocellulose degrading fungi: new isolates for technological and environmental use, *The 6th International Scientific Meeting: Mycology, Mycotoxicology, and Mycoses*, Matica Srpska, Novi Sad, September 27–29, 2017, ISBN 978-86-7946-194-0

Списак осталих научних радова кандидата:

Категорија M22:

Neda Radovanović, Milica Milutinović, Katarina Mihajlovski, **Jelena Jović**, Branislav Nastasijević, Mirjana Rajilić-Stojanović, Suzana Dimitrijević-Branković, Biocontrol and plant stimulating potential of novel strain *Bacillus* sp. PPM3 isolated from marine sediment, *Microbial Pathogenesis*, Vol. 120 (2018) pp. 71-78, (**IF(2018)=2.581**), (ISSN: 0882-4010).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно изнетих података и разматрања резултата дисертације, мишљење Комисије је да докторска дисертација кандидата Јелене Јовић, дипломираног биолога-еколога, под називом „Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије“ представља значајан и оригиналан допринос предметној области истраживања. Комисија сматра да су испуњени циљеви и задаци рада на овој тези и да она својим садржајем и квалитетом значајно доприноси области Технолошко инжењерство, што је и потврђено објављивањем радова у међународним часописима, публиковањем резултата на конференцијама, као и софтверском провером оригиналности тезе. Такође, Комисија је мишљења да је кандидат испољио изузетну научноистраживачку способност у свим фазама израде ове докторске дисертације и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Лигноцелулолитичка активност одабраних изолата аутохтоних гљива Србије“ кандидата Јелене Јовић, прихвати, изложи на увид јавности, и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Такође, да се након завршетка ове процедуре, кандидат позове на усмену одбрану докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Сузана Димитријевић-Бранковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Маја Вукашиновић-Секулић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Сунчица Коцић-Танацков, доцент,
Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет