

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/285
(Број захтева)
5.12.2022.
(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 (Небојша) Јовановић
(име, име једног од родитеља и презиме)

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

пријавио је докторску дисертацију под називом:
Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима

Технолошко инжењерство				
из научне области:				
Универзитет је дана	24.02. 2020.	својим актом под бр.	61206-650//2-20	дао сагласност на предлог теме докторске дисертације
која је гласила:				

Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима

Име и презиме ментора: др Маја Вукашиновић Секулић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
Име и презиме ментора 2: др Јована Ћирковић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 20.09.2022. одлуком факултета под бр. 35/229 , у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Зорица Кнежевић Југовић	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Марица Ракин	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
3.	Др Александар Радојковић	виши научни сарадник	Наука о материјалима	Институт за мултидисциплинарна истраживања

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

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности **07.10.2022.**

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана **22.11.2022.**

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **22.11.2022.**

одлуком факултета под бр. 35/284, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Зорица Кнежевић Југовић	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Марица Ракин	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
3.	Др Александар Радојковић	виши научни сарадник	Наука о материјалима	Институт за мултидисциплинарна истраживања

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



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/192
28. 11. 2022 год.
БЕОГРАД

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

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту **Јелена Јовановић**, број индекса 2016/4018, уписана у прву годину докторских академских студија школске 2016/2017 године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2025/2026 године.



ДІВа

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 22.11.2022. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Зорица Кнежевић Југовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марица Ракин, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Александар Радојковић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“** коју је поднела **Јелена Јовановић**, мастер инжењер 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 Јовановић, под називом **„Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“** Одлуком број: 61206-650/2-20 од 24.02.2020. године. Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Jovanović J.**, Krnjajić S., Ćirković J., Radojković A., Popović T., Branković G., Branković Z., (2020) Effect of encapsulated lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against potato tuber moth *Phthorimaea operculella*, Crop Protection, ISSN: 0261-2194, DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105109. **IF = 2.381**, 5 year IF = 2.537, Agronomy (19/91).

Категорија M21a:

1. **Jovanović J.**, Ćirković J., Radojković A., Mutavdžić D., Tanasijević G., Joksimović K., Bakić G., Branković G., Branković Z., “Chitosan and pectin-based films and coatings with active components for application in antimicrobial food packaging”, Progress in Organic Coatings, (2021), ISSN: 0300-9440, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106349>. IF = 5.161, 5 year IF = 4.769, Materials Science, Coatings & Films (2/21).

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

ДУ

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 22.11.2022. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације Јелене Јовановић, мастер инжењера технологије, са темом под називом „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“, у саставу:

1. Др Зорица Кнежевић Југовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Марица Ракин, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Александар Радојковић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.

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 кандидаткиње Јелене Н. Јовановић, мастер инж. технологије.

Одлуком бр. 35/229 од 20.09.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Јелене Н. Јовановић под насловом

„ИНКАПСУЛАЦИЈА АКТИВНИХ КОМПОНЕНТИ У ПЕКТИН И ХИТОЗАН ЗА ПРИМЕНУ У АКТИВНОМ ПАКОВАЊУ И БИОПЕСТИЦИДИМА“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- **13.10.2016.** – Јелена Јовановић, мастер инж. технологије, уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Биохемијско инжењерство и биотехнологија.
- **12.12.2019.** – Кандидаткиња подноси Факултету пријаву теме за израду докторске дисертације под називом: „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“.
- **24.12.2019.**– Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на редовној седници доноси Одлуку бр. 35/410 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње за израду докторске дисертације, у саставу: др Александра Дапчевић, доцент на Катедри за општу и неорганску хемију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Јована Ћирковић, научни сарадник на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања, др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Александар Радојковић, научни сарадник на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.
- **30.01.2020.**– Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на редовној седници доноси Одлуку бр. 35/15 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње за израду докторске дисертације, и за њеног ментора именују

др Александру Дапчевић, доцент на Катедри за општу и неорганску хемију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Јовану Ћирковић, научни сарадник на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.

- **24.02.2020.**– Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на редовној седници доноси Одлуку бр. 61206-650/2-20 о давању сагласности на одлуку Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета о прихватању теме докторске дисертације кандидаткиње Јелене Н. Јовановић под називом: „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“ и потврђује за менторе др Александру Дапчевић и др Јовану Ћирковић.
- **08.04.2022.** – Кандидаткиња подноси Факултету молбу за промену менторства због специфичности истраживања која захтевају уско стручне експертизе из области биохемијског инжењерства и биотехнологије, тако да се уместо проф. др Александре Дапчевић, ванредног професора на Катедри за општу и неорганску хемију, одобри нови ментор проф. др Маја Вукашиновић-Секулић, ванредни професор на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију, уз сагласност обе професорке.
- **28.04.2022.** – Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на редовној седници доноси Одлуку бр. 35/100 о промени ментора, тако да је уместо проф. др Александре Дапчевић, за ментора именована проф. др Мају Вукашиновић-Секулић, ванредног професора на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, док је други ментор остао и даље исти др Јована Ћирковић, виши научни сарадник на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.
- **11.05.2022.** – Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на редовној седници доноси Одлуку бр. 61206-1821/2-22 о давању сагласности на одлуку Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета о одређивању проф. др Маје Вукашиновић-Секулић за ментора кандидаткињи Јелени Н. Јовановић, уместо проф. др Александре Дапчевић.
- **20.09.2022.**– Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на редовној седници доноси Одлуку бр 35/229 о именовању Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Јелене Н. Јовановић, под називом: „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“, у саставу: др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марица Ракин, редовни професор на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Александар Радојковић, виши научни сарадник на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања. Ментори су проф. др Маја Вукашиновић-Секулић, ванредни професор на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Јована Ћирковић, виши научни сарадник на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Биохемијско инжењерство и биотехнологија, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Проф. др

Маја Вукашиновић-Секулић, ментор кандидаткиње и ванредни професор на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, на основу објављених научних публикација и досадашњег научног искуства, компетентна је да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Н. Јовановић је рођена 20.08.1988. године у Крушевцу, где је и завршила гимназију, природно-математички смер. Дипломирала је на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија 2013. године. Мастер студије завршила је на истом факултету, на смеру Хемијско инжењерство 2014. године. Докторске академске студије уписала је школске 2016/17. године на Технолошко-металуршком факултету, на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија, где се тренутно налази на шестој години студија. Од априла 2017. године запослена је у Институту за мултидисциплинарна истраживања, на Одсеку за науку о материјалима. У звање истраживач сарадник изабрана је 21.05.2020. године. Била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „0-3Д наноструктуре за примену у електроници и обновљивим изворима енергије: синтеза, карактеризација и процесирање“ (ИИИ 45007)(2017-2020.). Учествовала је на пројекту Фонда за иновациону делатност под називом „Активно паковање: Биоразградиве превлаке/филмови на бази пољопривредних нуспроизвода“ (2018.). Била је ангажована на билатералном пројекту са Републиком Хрватском под називом „Микроструктурне и механичке карактеристике бетона са рециклираним материјалима“ (2019-2021.), као и на пројекту Фонда за иновациону делатност под називом „Испитивање модификовања материјала за пластификацију Al-профила за добијање фотонапонске превлаке“ (2019-2020.). У току свог досадашњег научно-истраживачког рада објавила је један рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a) и један у врхунском међународном часопису (M21). Коаутор је објављеног патента на међународном нивоу (M93), и на четири саопштења штампана у изводу на научним скуповима међународног значаја (M34). У 2019. години је била укључена у Организациони одбор пете међународне конференције Друштва за керамичке материјале Србије (*The 5th International Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials*). Члан је Друштва за керамичке материјале Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Јелене Н. Јовановић, мастер инж. технологије, под називом: „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“, написана је на српском језику на 137 страна, од којих су 122 стране нумерисане, садржи 57 слика, 15 табела и 251 литературна навода. Наведена докторска дисертација садржи поглавља следећих назива: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература, Биографија аутора*, као и сажетак на српском и енглеском језику. Дисертација, такође, садржи прилоге са Изјавом о ауторству, Изјавом о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјавом о коришћењу, као и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. Наведена докторска дисертација по свом облику и садржају испуњава прописе и стандарде за докторске дисертације које се бране на Универзитету у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу *Увод* размотрени су актуелни трендови и изложене основне хипотезе које се односе на примену природних, нетоксичних и биоразградивих материјала у активном паковању и биопестицидима, чијом применом би се у великој мери могли превазићи и смањити проблеми попут отпада од хране, као и смањити употреба синтетичких пестицида, штетних адитива и конзерванаса. Главни акценат је био на инкапсулацији активних компоненти, које поседују антимикробно и пестицидно дејство, у биополимерне матрице, а које су безбедне по здравље људи и животну средину. У овом поглављу су, такође, обухваћени предмет и циљ истраживања. Основни концепт научно-истраживачког рада заснива се на уградњи активних компоненти (етарског уља лимунове траве, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и наночестица ZnO) у полимерну матрицу пектина и хитозана, са циљем да се постигне њихово споро отпуштање и продужена антимикробна/пестицидна активност.

Теоријски део, садржи детаљан преглед доступне литературе у области истраживања докторске дисертације, а подељен је у следећа потпоглавља:

1. *Подела и врсте биополимера*, у ком је укратко дата подела биополимера на основу њихове структуре, као и начину производње и извору из кога су добијени. Описана су основна својства биополимера и значај њихове примене у инкапсулацији и формирању филмова.
2. *Инкапсулација активних компоненти*, у ком је описан главни принцип инкапсулације и значај њене примене у различитим областима (попут биологије, медицине, фармације и прехрамбене технологије). Описани су поступци инкапсулације уља, посебно примена емулзионих системи за инкапсулацију уља, где су детаљно описани фактори који утичу на стабилност оваквог система, укључујући и примену различитих сурфактаната. Изложен је детаљан преглед литературе у тој области.
3. *Полимерна матрица на бази полисахарид-протеин за инкапсулацију активних компоненти*, у ком су образложни сврха и значај формирања полимерних комплекса полисахарид-протеин, као и могућности њихове примене. Детаљно су описане интеракције до којих долази између полисахарида и протеина, укључујући ковалентне и нековалентне интеракције, као и нековалентне интеракције у растворима. Тема биополимерних комплекса на бази хитозан-желатин и пектин-желатин као матрица за инкапсулацију активних компоненти је детаљно разрађена, уз изношење детаљних карактеристика појединачних биополимера, предности и мана њихове појединачне примене, као и начини њихових међумолекулских интеракција, уз свеобухватан и детаљан литературни преглед.
4. *Активне компоненте*, у ком су наведене предности употребе етарских уља, а посебно етарског уља лимунове траве, наведени су примери антимикробне активности етарских уља инкапсулираних у различите биоразградиве материјале, уз детаљан преглед литературе. Такође, дат је преглед наночестица метала и метал-оксида који се могу применити као активне компоненте са антимикробном активношћу, при чему су описани појединачни механизми антимикробног деловања наночестица метал-оксида и јона метала, са освртом на могућности примене, предности и недостатке. Наведени су и примери наночестица метала и метал-оксида уграђених у биополимерне материјале за примену у антимикробном активном паковању.
5. *Методe за добијање биополимерних филмова и превлака*, у ком је дат преглед најзначајнијих поступака за израду биополимерних филмова и превлака уз навођење њихових предности и недостатака.
6. *Примена инкапсулације у активном паковању*, у ком је изложен значај активног паковања, а посебно антимикробног активног паковања са инкапсулираним активним компонентама у сузбијању раста и размножавања микроорганизама на намирницама, а самим тим спречавања или успоравања кварења намирница, уз наглашавање важности инкапсулације за постизање што веће ефикасности антимикробних супстанци.

7. *Примена инкапсулације у биопестицидима*, у коме су укратко описана својства пестицида природног порекла, као и њихова важност у спречавању загађења животне средине, еколошких и здравствених проблема. Наглашен је значај инкапсулације, чијом применом се омогућава споро и континуирано ослобађање активног агенса у животну средину, уз преглед литературе и најновијих научних достигнућа у тој области.

У *Експерименталном делу* најпре су наведени сви реагенси коришћени у припреми биополимерних емулзија и дисперзија на бази хитозана и пектина са додатком активних компоненти (етарско уље лимунове траве (*Cymbopogon citratus* L.), $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и наночестице ZnO), а затим су детаљно описани експериментални поступци карактеризације материјала, уз навођење опреме и инструмената коришћених током експерименталног рада, као и софтверског пакета за обраду добијених резултата. Описани су поступци карактеризације емулзија и активних компоненти, који су обухватили одређивање хемијског састава етарског уља лимунове траве помоћу гасне хроматографије са масеном спектрометријом и одређивање стабилности емулзија током одређеног временског периода методом ласерске дифракције (одређивањем величине инкапсулираних капљица етарског уља и зета потенцијала). Описан је поступак добијања биополимерних филмова, као и поступци њихове стуктурне (инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом и термијска анализа) и морфолошке (микроскопија атомских сила и сканирајућа електронска микроскопија) карактеризације, као и поступци одређивања механичких својстава и растворљивости филмова. Антибактеријска својства емулзија и дисперзија испитивана су у *in vitro* условима према одређеним врстама бактерија (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 и *Bacillus subtilis* ATCC 6633) коришћењем агар дифузионе методе. Испитивање антимикуробних својстава превлака на бази хитозана и пектина, где је материјал примењен у виду активног паковања, вршено је у *in vivo* условима праћењем укупног броја ћелија различитих микроорганизама (епифитних врста плесни, квасаца и бактерија) на свежим органским малинама (*Rubus idaeus* L.). Испитивања одрживости малине, као и здравствене исправности материјала вршена су у националној сертификованој лабораторији у складу са ISO стандардима. Дејство емулзије на бази пектина као биопестицида испитано је на кромпировом мољцу (*Phthorimaea operculella* L.). Вршено је одређивање леталних концентрација инкапсулираног и чистог етарског уља, као и одређивање смртности инсеката током седам дана трајања експеримента, уз праћење спорог отпуштања биоактивних једињења из инкапсулираног и чистог етарског уља лимунове траве коришћењем ултра љубичасте-видљиве спектроскопије. Статистичка обрада података је урађена помоћу SPSS 25.0 статистичког софтвера.

Део *Резултати и дискусија* садржи следећа потпоглавља:

1. *Карактеризација емулзија и активних компоненти*, где су одређивањем хемијског састава етарског уља лимунове траве утврђена главна биоактивна једињења која су одговорна за његову биолошку активност. Одређивањем величине капљица инкапсулираног етарског уља и зета потенцијала у емулзијама на бази хитозана и пектина утврђена је стабилност емулзија током месец дана чувања на собној температури и на температури фрижидера.
2. *Карактеризација филмова на бази хитозана и пектина*, где је инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом коришћена за одређивање присуства одређених функционалних група и хемијских веза у филмовима израђеним од чистог хитозана или пектина, као и за утврђивање промена до којих долази са додатком сваке од компоненти. Термијском анализом утврђена је термичка отпорност филмова на бази хитозан-желатин и пектин-желатин. Коришћењем термогравиметријске методе праћена је промена масе испитиваног материјала у зависности од температуре; температуре стакленог прелаза одређене су помоћу диференцијалне сканирајуће калориметрије, а губици масе са одговарајућим максималним температурама разградње коришћењем термогравиметријске/диференцијалне термогравиметријске

анализе. Микроскопијом атомских сила одређене су топографске модификације до којих долази након уградње активних супстанци у структуру филмова на бази хитозана и пектина, дајући увид у морфолошку структуру (квалитативни параметар) и храпавост (квантитативни параметар) површине биокмполитних филмова. Сканирајућом електронском микроскопијом помоћу енергетски дисперзивне рендгенске спектроскопије испитана је хомогеност расподеле наночестица ZnO у филмовима на бази хитозана и пектина. Одређени су садржај влаге и садржај укупне растворне материје, као и механичка својстава (затезна чврстоћа, издужење при кидању и модул еластичности) филмова.

3. *Антибактеријска својства биополимерних емулзија и дисперзија у in vitro условима*, где су представљени резултати испитивања антибактеријских својстава емулзија и дисперзија помоћу агар дифузионог теста, и утврђена формулација која поседује најбољу антибактеријску активност према тестирањим врстама бактерија (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*).
4. *Примена превлака на бази хитоза и пектина у активном паковању*, где су испитана антимикробна својства превлака на бази хитозана и пектина у *in vivo* условима, праћењем раста и размножавања ћелија епифитних врста плесни и квасаца на упакованим и складиштеним малинама током осам дана на температури фрижидера, уз праћење сензорних својстава и свеукупне одрживости малина. Такође, у оквиру овог поглавља испитана је здравствена безбедност амбалажног материјала тестирањем биополимерних филмова у акредитованој лабораторији према важећем Правилнику о предметима опште употребе.
5. *Примена емулзије као биопестицида*, где је емулзија на бази пектина примењена у сузбијању кромпировог мољца; представљене су леталне концентрације чистог и инкапсулираног уља, као и постигнута смртност инсеката током седам дана експеримента, а резултати су повезани са резултатима спорог отпуштања биоактивних једињења етарског уља из инкапсулираног и чистог етарског уља лимунове траве.

У поглављу *Закључак*, укратко је представљен свеобухватан преглед добијених резултата, где су истакнута најважнија сазнања и закључци до којих се дошло током израде ове докторске дисертације уз образложење иновативности добијених материјала, као и начина њихове примене.

У поглављу *Литература*, наведен је списак свих литературних навода који су цитирани у тексту докторске дисертације.

На крају дисертације приложена је кратка биографија аутора, као и прилози са Изјавом о ауторству, Изјавом о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјавом о коришћењу, као и Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, потписана од стране ментора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У последњих неколико година у области прехранбене и пољопривредне индустрије дошло је до повећаног интересовања за употребу природних материјала, због појаве озбиљних еколошких и здравствених проблема, насталих коришћењем вештачких материјала и хемикалија (штетних пестицида, адитива и конзерванаса). Активно паковање је један од иновативних трендова у науци о материјалима и технологији паковања свежих намирница којим се могу превазићи наведени проблеми. Активне компоненте у амбалажном материјалу реагују са узрочницима кварења хране, пружајући на тај начин заштиту и продужени рок трајања намирница. Такође, њиховом употребом може се смањити количина неискоришћене хране, која представља један од великих проблема савременог друштва. Активна амбалажа на бази биополимера добија све више на значају, као и природне супстанце које поседују

антимикробна и антиоксидативна својства, попут етарских уља и неких природних биополимера. Етарска уља су одавно препозната као активне компоненте у амбалажним материјалима, захваљујући њиховој антимикробној активности. Употреба етарских уља ограничена је њиховом испарљивошћу, ниском растворљивости у води и осетљивости на оксидацију. Овај проблем се може превазићи инкапсулацијом етарских уља у полимерну матрицу која делује као проактивни филм, изољујући унутрашње језгро. Природни биополимери могу бити носиоци различитих активних компоненти (етарска уља, биљни екстракти, наночестице и многи други), обезбеђујући њихово споро отпуштање и продужено дејство. Поред основне функције да продужи рок трајања храни, амбалажни материјал произведен на бази природних биополимера еколошки је прихватљив. Метали у облику соли, оксида, колоида, комплекса или елементарних наночестица све чешће се користе као антимикробна средства у активном паковању због њихове високе термичке стабилности, дуготрајности и широког спектра антифунгалних и антибактеријских активности. Једна од најпожељнијих особина коју треба да поседује савремени материјал за паковање јесте одрживост. Биополимери добијени из обновљивих сировина у потпуности прате идеју одрживости, биоразградљиви су, поседују мању токсичност и свестраност у погледу физичких и хемијских својстава. Према томе, амбалажа за прехранбене производе израђена на биолошкој основи може представљати свеукупни концепт одрживог производа. Такође, у последње време постоји повећано интересовање за природним пестицидима због штетности по људско здравље и повећаног загађења животне средине изазваног синтетичким пестицидима. Израз „природни пестициди” подразумева директну или индиректну употребу природних биљних производа, (укључујући етарска уља) у контроли различитих штеточина и болести. Етарска уља различитих врста рода *Cymbopogon* (*Poaceae*) све чешће се користе због својих антимикробних својстава, као и леталног и репелентног дејства на инсекте. Ова етарска уља, такође, показала су потенцијалну примену у различитим методама сузбијања штеточина у неким земљама, што значи да се у будућности очекује све интензивнији развој алтернативних природних пестицида.

Оригиналност предметне докторне дисертације огледа се, пре свега, у развоју и примени новог облика активног паковања и биопестицида, који су у потпуности базирани на природним супстанцама из обновљивих извора, који су еколошки прихватљиви и безбедни по здравље људи и животиња. Основни концепт представља инкапсулација активних компоненти у биополимерну матрицу и њихово споро отпуштање са продуженом антимикробном и пестицидном активношћу. Инкапсулација је постигнута техником високоенергетске хомогенизације, као и применом емулгатора. Коришћени су полимери попут хитозана, пектина и желатина. Етарско уље лимунове траве и његова комбинација са $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и наночестицама ZnO употребљени су као активне компоненте уграђене у матрицу биополимера, претпостављајући њихово синергистичко дејство. Идеја употребе две различите врсте активних компоненти: етарско уље лимунове траве као испарљиво органско једињење са фумигантним и контактним дејством и $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и наночестица ZnO као неорганске честице/јони са контактним дејством, представља покушај да се побољша и прошири спектар заштите свежег воћа и поврћа од патогених врста микроорганизама. Утврђен је оптимални састав емулзија у циљу добијања ефикасних пестицида са једне стране, као и формулација које могу продужити рок трајања свежим намирницама са друге стране. Добијене су хомогене и стабилне емулзије из којих су даље формиран филмови и превлаке. У овире експерименталног дела испитана је антибактеријска активност емулзија у *in vitro* условима према одређеним врстама бактерија (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*), где је код емулзија на бази пектина показан синергистички ефекат етарског уља лимунове траве и $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или наночестица ZnO . Развијен је облик активног паковања у форми превлака на постојећем амбалажном материјалу на бази хитозана и пектина са уграђеним активним компонентама. У осушеним превлакама/филмовима задржавају се капљице етарског уља уграђене у полимерну матрицу, што омогућава споро ослобађање активне компоненте и њихово

продужено дејство. Антимикробна својства превлака испитана су у *in vivo* условима, праћењем раста и размножавања епифитних врста ћелија плесни и квасаца на свежим органским малинама (*Rubus idaeus* L.) које су упаковане и складиштене. Све превлаке на бази хитозана и пектина су продужиле рок трајања свежих малина са четири на осам дана, а синергистички ефекат етарског уља лимунове траве и $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или наночестица ZnO такође је потврђен. Осим тога, развијена је формулација биопестицида у облику инкапсулираног етарског уља лимунове траве у полимерну матрицу пектин-желатин. Дејство емулзије на бази пектина као биопестицида испитано је на кромпировом мољцу (*Phthorimaea operculella* L.), при чему су одређене леталне концентracије инкапсулираног и чистог етарског уља, као и смртности инсеката. Показана је висока ефикасност и продужено дејство емулзије до седам дана у поређењу са чистим етарским уљем. Посебни научни допринос представља својство оваквих формулација да се спорим отпуштањем оствари продужено дејство активних компоненти. Показана је практична примена оваквих формулација у контроли штеточина и органској производњи хране.

На основу детаљног увида у докторску дисертацију и њене резултате, може се закључити да ова истраживања прате светске трендове и уклапају се у савремене стандарде значаја и актуелности испитиване проблематике.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру докторске дисертације, цитирано је 251 литературних навода, углавном радова објављених у међународним часописима и релевантних у испитиваној тематици, од којих је већина новијег датума. Приликом израде докторске дисертације, кандидаткиња је извршила опсежан преглед литературе у области датог истраживања, тј. на тему инкапсулације активних компоненти у биополимерне матрице, а за примену у активном паковању хране и биопестицидима, као еколошких решења, безбедних по здравље људи и животну средину, са посебним акцентом на примену етарског уља као биоактивног једињења и његовог постепеног ослобађања из инкапсулационог система ради постизања продуженог дејства током одређеног временског периода. На основу детаљне анализе резултата приказаних у научној и стручној литератури, изложене су полазне хипотезе и основне смернице за истраживања која су спроведена у оквиру ове докторске дисертације, а извршени преглед литературе послужио је као основа за планирање експеримената, обраду и дискусију добијених резултата, а у контексту актуелних светских трендова и релевантних научних истраживања у последњих неколико година.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Припрема различитих формулација биополимерних емулзија и дисперзија остварена је мешањем раствора хитозана и желатина или пектина и желатина са етарским уљем лимунове траве, при чему је инкапсулација постигнута техником високоенергетске хомогенизације, као и применом емулгатора. Етарско уље лимунове траве и његова комбинација са $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или наночестицама ZnO употребљени су као активне компоненте уграђене у матрицу биополимера. Хемијски састав етарског уља лимунове траве одређен је коришћењем гасне хроматографије са масеном спектрометријом. Стабилност добијених емулзија утврђена је одређивањем величине капљица инкапсулираног етарског уља и зета потенцијала методом ласерске дифракције (Particle Analyzer); величина капљица одређена је на принципу динамичког расипања светлости, а зета потенцијал према електрофоретском расипању светлости. Биополимерни филмови (на бази хитозана и пектина) су добијени из емулзија и дисперзија методом изливања. Карактеризација филмова је обухватала структурну анализу помоћу инфрацрвеног спектрофотометра са Фуријеовом трансформацијом и термијску анализу употребом симултаног термијског анализатора. Морфолошка карактеризација филмова обухватала је микроскопију атомских сила (снимања су рађена у

полуконтактном режиму грешке) и сканирајућу електронску микроскопију (снимања су рађена у секундарном режиму снимања електрона и режиму повратно расејаних електрона). Микроскопијом атомских сила утврђена је топографија површине биополимерних филмова, дајући увид у морфолошку структуру (квалитативни параметар) и хрпавост (квантитативни параметар) површине биокомпозитних филмова. Такође, утврђени су садржај влаге и укупних растворних материја филмова. Механичка својстава (затезна чврстоћа, издужење при кидању и модул еластичности) филмова утврђена су коришћењем микрокидалице за испитивање статичке напетости и/или сабијања материјала. Антибактеријска својства емулзија и дисперзија одрђивана су у *in vitro* условима помоћу агар дифузионе методе према одређеним врстама бактерија (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 и *Bacillus subtilis* ATCC 6633). Превлаке на бази хитозана и пектина су добијене наношењем емулзија на постојећи амбалажни материјал. Испитивање антимикробних својстава превлака извршено је у *in vivo* условима, праћењем раста и размножавања ћелија епифитних врста квасаца, плесни и бактерија на упакованим и складиштеним малнама (*Rubus idaeus* L.), уз праћење сензорних својстава и свеукупне одрживости малина током осам дана чувања на температурама фрижидера. Испитивања су рађена у националној сертификованој лабораторији у складу са ИСО стандардима. Филмови на бази хитозана и пектина су тестирани у националној сертификованој лабораторији са аспекта здравствене исправност према важећем Правилнику о предметима опште употребе (Службени гласник РС 25/19). Дејство емулзије на бази пектина као биопестицида испитано је на кромпировом мољцу (*Phthorimaea operculella* L.), при чему су одређене леталне концентracије инкапсулираног и чистог етарског уља, као и смртности инсеката током седам дана трајања експеримента. Споро отпуштање биоактивних једињења из инкапсулираног и чистог етарског уља лимунове траве праћено је коришћењем ултра љубичасте-видљиве спектроскопије. Статистичка обрада података је урађена помоћу SPSS 25.0 статистичког софтвера.

3.4. Применљивост остварених резултата

На основу увида у до сада објављене резултате истраживања, као и резултате приказане у оквиру предмета докторске дисертације, може се закључити да ова истраживања пружају значајан научни допринос у области припреме биополимерних емулзија као инкапсулационих система, затим њихово даље процесирање у биополимерне филмове и превлаке, као и конкретну примену добијених материјала у активном паковању и биопестицидима. Показано је да је овакав инкапсулациони систем стабилан током дужег временског периода и да омогућава постепено ослобађање етарског уља и његов продужени ефекат у односу на чисто етарско уље. Такође, показан је синергистички ефекат различитих активних компоненти како у *in vitro*, тако и у *in vivo* условима. Материјал је примењен као активно паковање, у облику биополимерних превлака, за очување и продужетак рока трајања свежих малина, где се показао као успешан у сузбијању раста и размножавања епифитних врста ћелија плесни, квасаца и бактерија, а као резултат тога рок трајања малина је продужен са четири на осам дана. Такође, емулзија на бази пектина је примењена као биопестицид у сузбијању кромпировог мољца, где је показан добар инсектицидни ефекат у сузбијању штеточине, као и знатно продужено дејство у односу на чисто (неинкапсулирано) уље. Верификација резултата у оквиру ове докторске дисертације остварена је објављивањем радова у водећим међународним часописима, као и патента на међународном нивоу из домена предметне проблематике.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу досадашњег рада на истраживачким пројектима и остварених научних резултата током докторских студија, Јелена Н. Јовановић, мастер инж. технологије, постигла

је значајне резултате, показавши висок степен самосталности и способности за научно-истраживачки рад, укључујући претраживање и критичку анализу литературе, осмишљавање, припрему и реализацију експеримената, коришћење различите опреме и техника карактеризације, као и самосталну анализу и обраду података и резултата. До сада је објавила један рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a) и један рад у врхунском међународном часопису (M21). Из области којој припада тема докторске дисертације објављен је патент на међународном нивоу (M93), на коме је кандидаткиња коаутор. Такође, коаутор је на четири саопштења штампана у изводу на научним скуповима међународног значаја (M34). На основу изложеног Комисија сматра да је кандидаткиња Јелена Н. Јовановић квалитетом остварених научних резултата, као и својом компетентношћу и залагањем, испунила све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултати добијени у оквиру истраживања у докторској дисертацији кандидаткиње Јелене Н. Јовановић дају значајан научни допринос у смислу припреме и примене биополимерних емулзија са инкапсулираним активним компонентама, њиховом даљем превођењу у филмове и превлаке, као и њиховој коначној примени у облику активног паковања и биоpestицида.

Најзначајнији научни доприноси проистекли као резултат докторске дисертације обухватају:

- Развијени су стабилни емулзиони системи на бази биополимера (хитозана и пектина) са инкапсулираним активним компонентама (етарско уље лимунове траве, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или наночестице ZnO);
- Утврђен је оптимални састав компоненти у циљу добијања формулација са контролисаним отпуштањем биоактивних једнињења у облику емулзија, филмова и превлака;
- Продужен је рок трајања свежих малина у *in vivo* условима са четири на осам дана упакованих у амбалажу чија је унутрашњост третирана биополимерном емулзијом;
- Показан је синергистички ефекат антимикуробног дејства етарског уља лимунове траве и $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или наночестица ZnO у *in vitro* и *in vivo* условима;
- Развијен је биоинсектицид у форми инкапсулираног етарског уља лимунове траве у полимерну матрицу пектин-желатин који се показао ефикасним у сузбијању кромпировог мољца, при чему је дејство значајно продужено у односу на чисто уље;
- Показана је практична примена оваквих формулација у контроли штеточина и у органској производњи хране, као доказ значаја овог истраживања у одрживој пољопривреди, где се јављају све већи захтеви за очувањем животне средине и здравља људи.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације представљају искорак у примени активних компоненти у материјалу за паковање и као биоинсектицида. Први пут је показано да инкапсулирано етарско уље лимунове траве има ефикасно дејство у сузбијању штеточине кромпировог мољца, и при томе је инсектицидно деловање продужено у односу на чисто етарско уље лимунове траве. Тај резултат отвара нове перспективе у третирању штетних инсеката применом сличних формулација које могу заменити већ постојеће синтетичке инсектициде који испољавају штетно дејство на животну средину. Поред тога, формулације

које су коришћене за активно паковање продужиле су рок трајања свежих малина са 4 на 8 дана, што представља продужетак од 100% у односу на малине упаковане у конвенционалну амбалажу. Објављивањем патента на међународном нивоу потврђена је иновативност и ефикасност ових формулација у односу на постојећа решења, што отвара могућност за њихову практичну примену и комерцијализацију. Такође, истакнут научни допринос у овој докторској дисертацији представља откриће синергистичног дејства етарског уља лимунове траве и $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или наночестица ZnO , што је довело до боље антимикробне ефикасности у *in vitro* и *in vivo* условима.

Добијени резултати представљају значајан помак ка даљем развоју и потенцијалној примени нових инкапсулационих система на бази природних биополимера и етарских уља, са додатком других активних компоненти (соли метала и наночестица метал-оксида), и то у облику емулзија, филмова или превлака. Примена оваквих формулација у контроли штеточина и органској производњи хране би у потпуности задовољила концепт одрживости, испуњавајући услове за очување животне средине као и здравља људи.

4.3. Верификација научних доприноса

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a):

1. **Jovanović J.**, Ćirković J., Radojković A., Mutavdžić D., Tanasijević G., Joksimović K., Bakić G., Branković G., Branković Z., “Chitosan and pectin-based films and coatings with active components for application in antimicrobial food packaging”, *Progress in Organic Coatings*, (2021), ISSN: 0300-9440, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106349>. **IF = 5.161**, 5 year IF = 4.769, Materials Science, Coatings & Films (2/21).

Рад у врхунском међународном часопису (M21):

1. **Jovanović J.**, Krnjajić S., Ćirković J., Radojković A., Popović T., Branković G., Branković Z., (2020) Effect of encapsulated lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against potato tuber moth *Phthorimaea operculella*, *Crop Protection*, ISSN: 0261-2194, DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105109. **IF = 2.381**, 5 year IF = 2.537, Agronomy (19/91).

Објављен патент на међународном нивоу (M93):

1. Branković Z., Ćirković J., Radojković A., Branković G., **Jovanović J.**, Krnjajić S., Veljović S.: Biopolymer emulsions for active packaging, manufactured devices and other applications, Publication Number: WO/2020/055277, Publication Date: 19.03.2020.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34):

1. **Jovanović J.**, Ćirković J., Radojković A., Tasić N., Branković G., Branković Z.: Influence of ZnO nanoparticles on slow release of essential oil from polymeric matrix. The 5th International Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials: 5CSCS-2019, Belgrade, Serbia, 11-13 June 2019, Book of Abstracts, p.125 (ISBN:978-86-80109-22-0).

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима”, аутора Јелене Н. Јовановић 4018/16, утврђено је да подударане текста износи 5%. Овај степен подударности последица је општих места, личних имена и назива, дефиниција, устаљених фраза и стручних термина и израза, као што су називи инструмената и техника на српском и

енглеском језику. Осим тога, део подударности обухвата и податке и називе/номенклатуру узорака из претходно публикованих резултата докторандових истраживања, која су проистекла из ове докторске дисертације и чине њен саставни део, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Биохемијско инжењерство и биотехнологија, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Докторска дисертација је вођена под менторством проф. др Маје Вукашиновић-Секулић, ванредног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, која је на основу досадашњег научног искуства компетентна да руководи њеном изработом, као и др Јоване Ћирковић, вишег научног сарадника на Одсеку за науку о материјалима, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.

На основу раније изнете детаљне анализе остварених резултата докторске дисертације под називом „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“, кандидаткиње Јелене Н. Јовановић, Комисија сматра да ова докторска дисертација представља значајан и оригиналан научни допринос наведеној научној области. Предмет и циљ истраживања су јасно наведени и остварени, док истраживања прате актуелне трендове и доприносе новим сазнањима у оквиру дате проблематике. Комисија стога сматра да докторска дисертација у потпуности испуњава све захтеване критеријуме.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да усвоји овај Реферат и да га, заједно са докторском дисертацијом под насловом „ИНКАПСУЛАЦИЈА АКТИВНИХ КОМПОНЕНТИ У ПЕКТИН И ХИТОЗАН ЗА ПРИМЕНУ У АКТИВНОМ ПАКОВАЊУ И БИОПЕСТИЦИДИМА“, кандидаткиње Јелене Н. Јовановић, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року, а затим и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 06.10.2022

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

.....
др Марица Ракин, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
др Александар Радојковић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања