

Факултет **ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/15

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

06.01.2020.

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

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

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Јелена (Небојша) Јовановић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Мастер студије, Хемијско инжењерство

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2014.

4. Година уписа на докторске студије: 2016.

5. Назив студијског програма
докторских студија: Биохемијско инжењерство и биотехнологија

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Јелену Јовановић**

Име и презиме ментора: **Александра Дапчевић**

Звање: **доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Dapčević A., Poleti D., Rogan J., Radojković A., Radović M., Branković G.: A new electrolyte based on Tm^{3+} -doped δ - Bi_2O_3 -type phase with enhanced conductivity, - Solid State Ionics, Vol 280, 2015, pp. 18–23. (IF = 2,561, ISSN: 0167-2738)
2. Džunuzović J., Stefanović I., Džunuzović E., Dapčević A., Šešlija S., Balanč B., Lama G.: Polyurethane networks based on polycaprolactone and hyperbranched polyester: structural, thermal and mechanical investigation,- Progress in Organic Coatings, Vol 137, 2019, pp. 105305(1-11). (IF = 3,420, ISSN: 0300-9440)
3. Milovanovic S., Djuris J., Dapčević A., Medarevic Dj., Ibrić S., Zizovic I.: Soluplus®, Eudragit®, HPMC-AS foams and solid dispersions for enhancement of Carvedilol dissolution rate prepared by a supercritical CO₂ process,- Polymer Testing, Vol 76, 2019, pp. 54–64. (IF = 2,943, ISSN: 0142-9418)
4. Maletić M., Vukčević M., Kalijadis A., Janković-Častvan I., Dapčević A., Laušević Z., Laušević M.: Hydrothermal synthesis of TiO₂/carbon composites and their application for

removal of organic pollutants,- Arabian Journal of Chemistry, Vol 12, 2019, pp. 4388-4397. (IF = 4,553, ISSN: 1878-5352)

5. Nikolic M. S., Mitric M., Dapcevic A., Djonlagic J.: Viscoelastic properties of poly(ϵ -caprolactone)/clay nanocomposites in solid and in melt state,- Journal of Applied Polymer Science, Vol 133, 2016, pp. 42896(1-12). (IF = 1,860, ISSN: 0021-8995)

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

за кандидата **Јелену Јовановић**

Име и презиме ментора: **Јована Ћирковић**

Звање: **Научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ćirković J., Vojisavljević K., Šćepanović M., Rečnik A., Branković G., Branković Z., Srećković T.: Hydrothermally assisted complex polymerization method for barium strontium titanate powder synthesis,- Journal of Sol-Gel Science and Technology, Vol 65, 2013, pp. 121-129. (IF= 1.547, ISSN: 1573-4846)
2. Luković Golić D., Ćirković J., Šćepanović M., Srećković T., Longo E., Varela J.A., Daneu N., Stamenković V., Branković G., Branković Z.: The modification of structural and optical properties of nano- and submicron ZnO powders by variation of solvothermal synthesis conditions,- Journal of Nanoparticle Research, Vol 16, 2014, pp. 1-11. (IF= 2,184, ISSN: 1572-896X)
3. Albrbar A. J., Djokić V., Bjelajac A., Kovač J., Ćirković J., Mitrić M., Janačković Dj., Petrović R.: Visible-light active mesoporous, nanocrystalline N, S-doped and co-doped titania photocatalysts synthesized by non-hydrolytic sol-gel route,- Ceramics International, Vol 42, 2016, pp. 16718-16728. (IF= 2,986, ISSN: 0272-8842)
4. Ćirković J., Vojisavljević K., Nikolić N., Vulić P., Branković Z., Srećković T., Branković G.: Dielectric and ferroelectric properties of BST ceramics obtained by a hydrothermally assisted complex polymerization method,- Ceramics International, Vol 41, 2015, pp. 11306-11313. (IF= 2,758, ISSN: 0272-8842)
5. Pavlovic V. B., Pavlovic V., Vujancevic J. D., Maskovic P., Cirkovic J., Papan J. M., Kosanovic D., Dramicanin M. D., Petrovic P. B., Vlahovic B.: Structure and enhanced antimicrobial activity of mechanically activated nano TiO₂,- Journal of the American Ceramic Society, Vol 102, 2019, pp. 7735-7745. (IF= 3,094, ISSN:1551-2916)

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 30.01.2020. године размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за
развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Др Петар Ускоковић, редовни професор

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

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

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. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 30.01.2020 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 **Јелене Јовановић**, број индекса 4018/2016, под називом: **„Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима“**.

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

За менторе се одређују др Александра Дапчевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Јована Ћирковић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања, уз сагласност Комисије за докторске студије.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелене Јовановић за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/410 од 24. 12. 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Јовановић, маг. инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Јовановић је рођена 20. 08. 1988. године у Крушевцу. Гимназију у Крушевцу, природно-математички смер, завршила је 2007. године, након чега је уписала Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Дипломирала је 2013. године на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија. Завршни рад на тему „Имобилизација пероксидазе из рена на синтетском кополимеру глицидилметакрилата и етиленгликолдиметакрилата“ одбранила је са оценом 10. Након завршених основних студија уписала је мастер студије на Технолошко-металуршком факултету на смеру Хемијско инжењерство. Мастер рад на тему „Имобилизација пероксидазе из рена на каолину”, одбранила је 2014. године. Јелена Јовановић је докторске студије уписала школске 2016/2017. на Технолошко-металуршком факултету, на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија. Од априла 2017. године запослена је у Институту за мултидисциплинарна истраживања као истраживач-приправник.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Јелена Јовановић је од априла 2017. године 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“ (III 45007), под руководством др Горана Бранковића. Учествовала је на пројекту у оквиру Програма ТТФ Фонда за иновациону делатност под називом „Активно паковање: биоразградиве превлаке/филмови на бази пољопривредних нуспроизвода”, под руководством др Зорице Бранковић. Тренутно је ангажована и на билатералном пројекту са Републиком Хрватском под називом „Микроструктурне и механичке карактеристике бетона са рециклираним материјалима“ (руководилац пројекта: др Ксенија Радотић Хаџи-Манић), као и на пројекту Фонда за иновациону делатност под називом „Испитивање модификовања

материјала за пластификацију Al-профила за добијање фотонапонске превлаке“ (руководилац пројекта: др Катарина Војисављевић).

У оквиру докторских студија кандидат је положио све програмом предвиђене испите, укључујући Енглески језик, као и Завршни испит на тему: „Развој биоразградивих превлака и филмова на бази пољопривредних нуспроизвода за примену у активном паковању“, са укупном просечном оценом 9,09.

Списак положених испита је приказан у табели:

Предмет			Оцена	ЕСПБ
1	Д103	Биохемијска кинетика	10	5
2	Д135	Електрохемијски и алтернативни извори електричне енергије	10	5
3	Д132	Електродни материјали	10	5
4	Д151	Одабрана поглавља пројектовања процеса у биохемијском инжењерству	10	5
5	Д104ББ	Индустријска микробиологија	8	5
6	Д102	Одабрана поглавља биохемије-витамини	8	5
7	ДФП1	Аналогије феномена преноса	9	5
8	14Д015	Одабрана поглавља технологије микробне биомасе	9	5
9	Д101	Хемијска кинетика	6	5
10	ДЗМ2	Одабрана поглавља нумеричке анализе	10	5
11	ДСЕНГ	Енглески језик	10	-
12	ДЗИ	Завршни испит	10	30
Средња оцена/Укупно бодова			9,09	80

Списак референци:

Пријава међународног патента (М86)

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*, Univerzitet u Beogradu, 2018, PCT/RS2018/000013.

Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у изводу (М34)

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)
2. Ćirković J., Luković-Golić D., Radojković A., Dapčević A., Tasić N., **Jovanović J.**, Ćizmić M., Branković G., Branković Z.: *Structural, optical and photocatalytic properties of BiFeO₃ nanoparticles*. The 5th International Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials: 5CSCS-2019, Belgrade, Serbia, 11-13 June 2019, Book of Abstracts, p. 95 (ISBN: 978-86-80109-22-0)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У свом досадашњем раду кандидат Јелена Јовановић, магистар инжењерске технологије, постигла је значајне резултате, показавши висок степен самосталности и способности за научно-истраживачки рад. У оквиру учешћа на наведеним пројектима кандидат је радила на развоју и синтези нових материјала, који имају широку примену у области биохемијског инжењерства и биотехнологије. Кандидат је учествовала у пријави једног међународног патента и саопштила је два рада на међународним конференцијама. Такође је и коаутор рада који је у поступку рецензије у врхунском међународном часопису (**Jovanović J., Krnjajić S., Ćirković J., Radojković A., Popović T., Branković G, Branković Z.: *Effect of encapsulated lemongrass (Cymbopogon citratus L.) essential oil against pest Phthorimaea operculella*, Crop Protection**). На основу изложеног Комисија сматра да је Јелена Јовановић квалитетом остварених резултата, као и својом компетентношћу и залагањем, испунила све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Један од иновативних трендова у науци о материјалима и технологији паковања свежих намирница јесте активно паковање. Активне компоненте у амбалажном материјалу реагују са изворима кварења хране, пружајући на тај начин бољи квалитет, сигурност, као и продужени рок трајања намирница у поређењу са традиционалним материјалима за паковање [1-3]. Употреба активне амбалаже такође може смањити прехранбени отпад, који представља један од великих проблема савременог друштва. С друге стране, растућа потражња потрошача за храном без хемијских конзерванаса усмерила је многа истраживања у правцу проналажења природних материјала који се могу користити у очувању хране. У том контексту, амбалажа на бази биополимера добија на значају, као и природне супстанце које поседују антимикробна и антиоксидативна својства [4-8]. Природни биополимери могу бити носиоци различитих активних компоненти (етарска уља, биљни екстракти, наночестице итд.), обезбеђујући њихово споро отпуштање и продужено дејство. Поред основне функције очувања, амбалажни материјал дизајниран на бази природних биополимера је еколошки прихватљив. Специјално, овакав амбалажни материјал у облику танких филмова или превлака са инкорпорираним активним компонентама показао се као ефикасно решење за заштиту хране [5-7, 9-13].

Етарска уља одавно су препозната као активне компоненте у амбалажном материјалу, због њихове антимикробне и антиоксидативне активности [2, 3, 14, 15]. Међутим, употреба етарских уља ограничена је њиховом испарљивошћу, ниском растворљивошћу у води, осетљивошћу на оксидацију и нестабилношћу услед реакција изазваних светлошћу, влагом и температуром [16]. Техника инкапсулације етарских уља као биоактивних једињења једна је од могућности за повећање њихове стабилности и њихове ефикасности. Увођењем етарских уља у полимерну матрицу, уз додавање одређених емулгатора, долази до инкапсулације капљица уља и стварања хомогене емулзије. Полимер обично делује као заштитни филм, изолујући унутрашњост језгра које садржи активну компоненту [17]. У зависности од намене, важну улогу у инкапсулацији има избор полимерног материјала [18]. У ту сврху су биополимери попут хитозана, пектина и желатина нашли примену због својих хемијских и физичких својстава [13].

Са друге стране, различити облици наноструктурних оксида се све више користе за заштиту хране. Један од њих је и цинк-оксид, који се у прехранбеној индустрији користи као адитив за људску и сточну храну, с обзиром на његову нетоксичност и одлична

антимикробна својства. Антибактеријска активност ZnO проучавана је деловањем на Грам-позитивне и Грам-негативне бактерије [19]. Управа за храну и лекове (FDA, од енгл. *food and drug administration*) прогласила је цинк-оксид безбедним материјалом (GRAS, од енгл. *generally recognized as safe*) [25]. Нека ранија истраживања су показала да се инкорпорирањем ZnO у различите полимерне материјале побољшавају својства амбалаже за паковање хране [19-24].

У последње време постоји повећано интересовање за природним пестицидима због штетности по здравље људи и значајнијег загађења животне средине изазваног синтетичким пестицидима [26-28]. Израз „природни пестициди” подразумева директну или индиректну употребу природних биљних производа, укључујући етарска уља, у контроли природних штеточина и болести [28]. Биопестициди и „зелени пестициди” су изрази који се такође користе за природне пестициде и укључују све природне материјале који могу смањити популацију штеточина [29, 30]. Биолошки ефекти етарског уља лимунове траве (*Cymbopogon citratus* L.) последњих година су у фокусу истраживача. Етарска уља различитих врста рода *Cymbopogon* (*Poaceae*) имају широку употребу због својих антимикробних својстава, као и инсектицидног и репелентног дејства на инсекте [31]. Ова уља су такође показала потенцијалну примену у интегрисаном програму сузбијања штеточина у неким земљама, што значи да се у будућности очекује све већи развој алтернативних природних пестицида, који би заменили синтетичке [32, 33].

Релевантни библиографски извори:

1. Mousavi Khaneghah, A., Hashemi, S. M. B., & Limbo, S., Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions. *Food and Bioproducts Processing*, 111 (2018) 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.001>
2. Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Melo, N. R. de, & Sanches-Silva, A., Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science and Technology*, 61 (2017) 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.021>
3. Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., & Sanches-Silva, A., Application of encapsulated essential oils as antimicrobial agents in food packaging. *Current Opinion in Food Science*, 14 (2017) 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.01.012>
4. Tongnuanchan, P., Benjakul, S., & Prodpran, T., Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. *Food Chemistry*, 134(3) (2012) 1571–1579. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.094>
5. Cutter, C. N., Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Science*, 74(1) (2006) 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.023>
6. Gutierrez-Pacheco, M. M., Ortega-Ramirez, L. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Silva-Espinoza, B. A., Gonzalez-Aguilar, G. A., & Ayala-Zavala, J. F., Combinational Approaches for Antimicrobial Packaging, in: *Antimicrobial Food Packaging* (2016) pp. 609–617. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800723-5.00050-4>
7. Aider, M., Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT - Food Science and Technology*, 43(6) (2010) 837–842. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>
8. Espitia, Paula Judith Pérez, Du, W.-X., Avena-Bustillos, R. de J., Soares, N. de F. F., & McHugh, T. H., Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. *Food Hydrocolloids*, 35 (2014) 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.005>
9. Tongnuanchan, P., Benjakul, S., & Prodpran, T., Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. *Food Chemistry*, 134(3) (2012) 1571–1579. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.094>
10. Pereda, M., Ponce, A. G., Marcovich, N. E., Ruseckaite, R. A., & Martucci, J. F., Chitosan-

- gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. *Food Hydrocolloids*, 25(5) (2011) 1372–1381. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.01.001>
11. Tan, Y. M., Lim, S. H., Tay, B. Y., Lee, M. W., & Thian, E. S., Functional chitosan-based grapefruit seed extract composite films for applications in food packaging technology. *Materials Research Bulletin*, 69 (2015) 142–146. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2014.11.041>
 12. Haghighi, H., De Leo, R., Bedin, E., Pfeifer, F., Siesler, H. W., & Pulvirenti, A., Comparative analysis of blend and bilayer films based on chitosan and gelatin enriched with LAE (lauroyl arginate ethyl) with antimicrobial activity for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 19 (2019) 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.015>
 13. Alavi, E. S., Thomas, S., Sandeep, K. P., & Kalarikkal, N. (2015), *Polymers for packaging application*, Apple Academic Press, Toronto, New Jersey.
 14. Burt, S., Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3) (2004) 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
 15. Leistner, L. *New Methods of Food Preservation*. (1995) pp. 58–83. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2105-1>
 16. Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Sanches-Silva, A., Application of encapsulated essential oils as antimicrobial agents in food packaging. *Curr. Opin. Food Sci.* 14 (2017) 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.01.012>
 17. Lis Arias, M., Coderch, L., Martí, M., Alonso, C., García Carmona, O., García Carmona, C., Maesta, F., Vehiculation of Active Principles as a Way to Create Smart and Biofunctional Textiles. *Materials (Basel)*. 11 (2018) 2152. <https://doi.org/10.3390/ma11112152>
 18. Matalanis, A., Jones, O. G., & McClements, D. J., Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds. *Food Hydrocolloids*, 25(8) (2011) 1865–1880. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.014>
 19. Espitia, Paula Judith Perez, Soares, N. de F. F., Coimbra, J. S. dos R., de Andrade, N. J., Cruz, R. S., & Medeiros, E. A. A., Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Antimicrobial Activity and Food Packaging Applications. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5) (2012) 1447–1464. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0797-6>
 20. Li, X., Xing, Y., Jiang, Y., Ding, Y., & Li, W., Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(11) (2009) 2161–2168. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02055.x>
 21. Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S., Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. *Food Control*, 22(3–4) (2011) 408–413. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.09.011>
 22. Silvestre, C., Duraccio, D., & Cimmino, S., Food packaging based on polymer nanomaterials. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 36(12) (2011) 1766–1782. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.02.003>
 23. Llorens, A., Lloret, E., Picouet, P. A., Trbojevich, R., & Fernandez, A., Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 24(1) (2012) 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.10.001>
 24. Tankhiwale, R., & Bajpai, S. K., Preparation, characterization and antibacterial applications of ZnO-nanoparticles coated polyethylene films for food packaging. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 90(1) (2012) 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2011.09.031>
 25. FDA: Code Fed. Regul. (CFR). Title 21 Food Drugs. Chapter I – Food Drug Adm. Dep. Heal. Hum. Serv. Subchapter B – Food Hum. Consum. (Continued), Part 182–Subst. Gen. Recognized as Safe (GRAS). 2016: [no volume]. (n.d.).
 26. Hernández, A.F., Parrón, T., Tsatsakis, A.M., Requena, M., Alarcón, R., López-Guarnido, O., Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology* 307 (2013) 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.06.009>
 27. Singh, N.S., Sharma, R., Parween, T., Patanjali, P.K., Pesticide Contamination and Human Health Risk Factor, in: *Modern Age Environmental Problems and Their Remediation* (2018) pp.

- 49–68. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64501-8_3
28. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., Kaur, S., Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *For. Ecol. Manage.* 256 (2008) 2166–2174. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.008>
29. Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., Mailleux, A.C., A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *J. Pest Sci.* 86 (2013) 361–386. <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0503-0>
30. Rattan, R.S., Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Prot.* 29 (2010) 913–920. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.008>
31. Boukhatem, M.N., Ferhat, M.A., Kameli, A., Saidi, F., Kebir, H.T., Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as a potent anti-inflammatory and antifungal drugs. *Libyan J. Med.* 9 (2014) 25431. <https://doi.org/10.3402/ljm.v9.25431>
32. Kumar, R., Srivastava, M., Dubey, N.K., Evaluation of *Cymbopogon martinii* Oil Extract for Control of Postharvest Insect Deterioration in Cereals and Legumes. *J. Food Prot.* 70 (2007) 172–178. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-70.1.172>
33. Alves, M. de S., Campos, I.M., Brito, D. de M.C. de, Cardoso, C.M., Pontes, E.G., Souza, M.A.A. de, Efficacy of lemongrass essential oil and citral in controlling *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae), a post-harvest cowpea insect pest. *Crop Prot.* 119 (2019) 191–196. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.007>

3. Полазне хипотезе

Узимајући у обзир примарни циљ докторске дисертације, а то је синтеза биополимерних емулзија одређених особина и његова примена у својству активне амбалаже и биопестицида, полазна претпоставка је да поступак инкапсулације етарског уља у полимерну матрицу омогућава споро отпуштање активних компоненти етарског уља, а самим тим и њихово продужено дејство у сузбијању развоја микроорганизама, као и продужено инсектицидно дејство. Обимним прегледом литературе из области биополимерних материјала, прехранбене индустрије, паковања хране и пољопривреде, дошло се до одређених поставки, које представљају основу за будућу докторску дисертацију. Истраживања полазе од хипотезе да и етарко уље лимунове траве (*Cymbopogon citratus* L.) и наночестице ZnO има значајно антимикробно дејство. Осим тога етарско уље лимунове траве показује и инсектицидно дејство. С друге стране, биополимери попут хитозана, пектина и желатина користе се за инкапсулацију активних компоненти, биоразградиви су, нетоксични и биокompatibilни. Побољшање карактеристика ових биополимера (механичких, антиоксидативних) може се постићи њиховим комбиновањем у циљу добијања композита те се очекује да материјали на бази пектина и желатина односно хитозана и желатина дају задовољавајућа својства. Такође се полази од тога да су све супстанце које ће се користити у процесу синтезе безбедне и да се налазе на GRAS-листи, што би финални производ чинило безбедним по здравље људи и животиња, као и животну средину.

4. Научне методе истраживања

Истраживања ће тећи у два правца. Први правац ће се односити на испитивање инсектицидног дејства уља лимунове траве и пектинске емулзије, која представља уље лимунове траве инкапсулирано у полимерну матрицу на бази пектина и желатина. Други правац ће се заснивати на производњи активног паковања на бази две различите емулзије, пектинске и хитозанске, обе у комбинацији са желатином и са инкапсулираним уљем

лимунове траве. Такође ће бити додавани цинк-оксид и цинк-ацетат, ради побољшања антимикробних и механичких својстава самог паковања.

У циљу одређивања леталних концентрација (LC_{50} и LC_{95} изражених у $g\ dm^{-3}$ ваздуха) уља лимунове траве и пектинске емулзије биће мерена смртност инсеката током 24 и 48 h при различитим концентрацијама уља лимунове траве са једне, и емулзије са друге стране. Поред тога, ради тестирања продуженог дејства емулзије, биће мерена смртност инсеката на сваких 24 h током седам дана, при нешто већим концентрацијама емулзије од LC_{95} да би се обезбедила довољна количина активне супстанце. Статистичка анализа добијених резултата биће урађена помоћу програмског пакета SPSS 25.0. Споро отпуштање цитрала, као главне активне компоненте уља лимунове траве, утврдиће се спектроскопском методом у ултраљубичастом и видљивом делу спектра (UV/Vis) мерењем апсорбанце.

ПРЕЛИМИНАРНА ТЕСТИРАЊА везана за активно паковање, започеће одређивањем антибактеријске активности претходно синтетисаних хитозанских и пектинских емулзија, диск-дифузионом методом *in vitro* против *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*. Антимикробна својства емулзија *in vivo* биће одређена у акредитованим лабораторијама према стандардним методама, праћењем развоја ћелија квасца и плесни (метода: SRPS ISO 21527-1:2011), *Salmonella* spp. (метода: SRPS EN ISO 11290-2:2010), *Listeria monocytogenes* (метода: SRPS EN ISO 6579:2008) и *Escherichia coli* (метода: SRPS ISO 16649-2:2008) на малинама упакованим у кутије, које су претходно третиране различитим емулзијама. Сензорска анализа (боја, мирис, укус, појава знакова кварења) малина биће урађена по SBM-03-001 методи.

Испитивање безбедности биополимерних филмова (формираних изливањем и сушењем емулзија) по здравље људи обухватаће физичко-хемијске и микробиолошке анализе, које ће бити урађене према стандардним методама у акредитованим лабораторијама. Физичко-хемијско тестирање обухватаће одређивање миграције примарних ароматичних амина (метода: POM-03-LC MS 02) и специфичне миграције (методе: POM-03-AAS 01; POM-03-AAS 01*; POM-03-AAS 07*; SRPS CEN/TS 13130-23). Микробиолошка испитивања биополимерних филмова укључиваће одређивање: броја аеробних мезофилних бактерија (метода: Sl. list SFRJ 46/83 II/1), *Salmonella* spp. (метода: SRPS EN ISO 6579-1:2017), коагулаза-позитивних стафилокока (метода: Sl. list SFRJ 46/83 II/2), сулфит-редукујуће кластридије (метода: 10 SRPS ISO 15213:2011), *Proteus* врста (метода: Sl. list SFRJ 46/83 II/5*) и *Escherichia coli* (метода: Sl. list SFRJ 46/83 II/4). На крају ће садржај литијума, баријума и алуминијума у миграционом раствору бити одређен DML 10.8 методом.

Систематска анализа морфологије филмова биће урађена помоћу скенирајуће електронске микроскопије (SEM) и микроскопије атомских сила (AFM), а механичка својства обухватаће одређивање затезне чврстоће, елонгације на лом, Јунговог модула еластичности и растворљивости. Вискозност емулзија биће одређена помоћу вискозиметра.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси ове докторске дисертације биће:

- Развој нових формулација биопестицида у облику инкапсулираног етарског уља лимунове траве у полимерну матрицу пектин-желатин у форми емулзије;
- Развој новог облика активног паковања на бази природних материјала, који ће имати антимикробно (сузбијање развоја плесни, квасаца и бактерија) дејство, и који ће продужити рок трајања намирница;
- Оптимизације састава емулзија у циљу добијања активног паковања са што бољим карактеристикама: као активне супстанце употребиће се цинк-ацетат и наночестици цинк-оксид, поред главне активне компоненте етарског уља лимунове траве;

- Утврђивање формулација којима се обезбеђује споро отпуштање и самим тим продужено дејство активних компоненти;
- Практична примена оваквих формулација у контроли штеточина и органској производњи хране, као доказ значаја овог истраживања у одрживој пољопривреди, где се јављају све већи захтеви за очувањем животне средине као и здравља људи.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђено је да предложена докторска дисертација обухвата следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.*

У поглављу *Увод* биће размотрени актуелни трендови, предмет и циљ истраживања, као и очекивани допринос дисертације.

Теоријски део, подељен у потпоглавља, садржаће преглед доступне литературе у области истраживања докторске дисертације.

У *Експерименталном делу* биће детаљно описани:

- Синтеза емулзија на бази природних биополимера (композици хитозан/желатин, и пектин/желатин), и етарског уља лимунове траве, уз додатак цинк-ацетата или наночестица цинк-оксида;
- Примена емулзије у сузбијању биљне штеточине кромпировог мољца;
- Одређивање смртности инсеката, као и продуженог дејства пектинске емулзије у поређењу са чистим, неинкапсулираним етарским уљем;
- Одређивање антимикробних својстава емулзија;
- Процесуирање синтетисаних емулзија у танке превлаке и филмове;
- Примена биополимерних превлака у паковању свежих малина у циљу заштите од кварења, сузбијања развоја микроорганизама, као и продужетка рока трајања;
- Сензорска и микробиолошка анализа малина пакованих у амбалажу третирану емулзијама;
- Одређивање механичких својстава биополимерних филмова.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће детаљно анализирани резултати експерименталног рада и упоређени са литературом.

Закључак ће сумирати целокупно истраживање уз осврт на иновативне методе и приступе проблему, као и предности које се тичу потенцијалне примене.

У *Литератури* ће бити наведени радови и литературни извори цитирани у дисертацији, као и радови проистекли из спроведених истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима може се закључити да кандидат Јелена Јовановић, маг. инж. технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу свега што је речено, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације Јелене Јовановић под називом „Инкапсулација активних компоненти у пектин и хитозан за примену у активном паковању и биопестицидима” научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да је прихвати. За менторе се предлажу др Александра Дапчевић, доцент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, и др Јована Ћирковић, научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко

инжењерство – Биотехнологија, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду.

У Београду, 20. 1. 2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Александра Дапчевић, доцент
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Др Јована Ћирковић, научни сарадник
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања

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

Др Александар Радојковић, научни сарадник
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања