

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Број захтева: 32/24-4.1.

Датум: 24.02.2021.

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама**

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 **АНА (Саша) САЛЕВИЋ**, студент докторских студија на студијском програму Прехрамбена технологија, пријавила је докторску дисертацију под називом: „Синтеза и карактеризација активних филмова на бази поли(ε-капролактона) и зеина“

из научне области Прехрамбена технологија.

Универзитет је дана 12.02.2019. године, својим актом 02-08 Број: 61206-566/2-19 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: «Синтеза и карактеризација активних влакана и филмова на бази поли (ε-капролактона) и зеина».

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 25.11.2020. године, одлуком Факултета број 32/21-7.1. у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област, установа у којој је запослен

1. др Виктор Недовић, редовни професор, Биохемија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
2. др Петар Ускоковић, редовни професор, Инжењерство материјала, Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет,
3. др Стева Левић, доцент, Биохемија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
4. др Душица Стојановић, виши научни сарадник, Инжењерство материјала, Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет,
5. др Тања Петровић, ванредни професор, Наука о конзервисању и врењу, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
6. др Верица Ђорђевић, виши научни сарадник, Хемијско инжењерство, Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 24.02.2021. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Душан Живковић

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/24-4.1.
Датум: 24.02.2021. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 24.02.2021. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела **АНА САЛЕВИЋ, мастер** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«СИНТЕЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА АКТИВНИХ ВЛАКАНА И ФИЛМОВА НА БАЗИ ПОЛИ(Е-КАПРОЛАКТОНА) И ЗЕИНА».**

II Универзитет је дана 12.02.2019. године, актом 02-08 број: 61206-566/2-19, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Рад кандидата у научном часопису који га квалификује за одбрану докторске дисертације:

Salević, A., Prieto, C., Cabedo, L., Nedović, V., Lagaron, J.M. (2019): Physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of electrospun poly(ϵ -caprolactone) films containing a solid dispersion of sage (*Salvia officinalis* L.) extract. *Nanomaterials* 9(2): 270.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, ментору, Институту за прехранбену технологију и биохемију, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**
Датум: 22.12.2020.

Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Ане С. Салевић, мастер инжењера технологије

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број: 32/21-7.1. од 25.11.2020. године, именовани смо у Комисију за оцену урађене докторске дисертације под насловом: **»Синтеза и карактеризација активних влакана и филмова на бази поли(ε-капролактона) и зеина«**, кандидата Ане С. Салевић, маг. инж. технол., па пошто смо проучили завршену докторску дисертацију, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација Ане С. Салевић, маг. инж. технол., под насловом „Синтеза и карактеризација активних влакана и филмова на бази поли(ε-капролактона) и зеина“ написана је у складу са „Упутством о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду“ на 155 страна, од којих је 139 нумерисано, и укључује 46 слика, 19 табела и 273 литературна навода. Докторска дисертација садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, страну са информацијама о члановима Комисије, стране са изјавама захвалности, стране са сажетком и кључним речима на српском и енглеском језику, страну са листом скраћеница, приказ садржаја и следећа поглавља: Увод (стр. 1-4), Теоријске основе (стр. 5-35), Циљеви истраживања (стр. 36-37), Материјал и методе (стр. 38-56), Резултати и дискусија (стр. 57-101), Закључак (стр. 102-106), Литература (стр. 107-127), Прилози (стр. 128-134), Биографија аутора (стр. 135) и Изјаве о ауторству, о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и о коришћењу (стр. 136-139). Поголавља Теоријске основе, Материјал и методе, Резултати и дискусија и Прилози садрже више потпоглавља.

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод. У овом поглављу приказан је предмет истраживања докторске дисертације. Истакнут је значај развоја активних, биоразградивих материјала за паковање прехранбених производа, са посебним освртом на биоразградиве материјале са антиоксидативном и/или антимикробном активношћу. Наглашена је могућност синтезе активних материјала директном инкорпорацијом активних компоненти у матрикс полимера. У овом погледу истакнута је важност коришћења биоразградивих полимера и екстраката лековитих и зачинских биљака као природних извора једињења са антиоксидативном и/или антимикробном активношћу како би се допринело заштити животне средине и смањила употреба синтетичких адитива. На крају уводног разматрања наведен је научни допринос докторске дисертације.

Теоријске основе. Ово поглавље садржи пет потпоглавља са више подналова у којима су приказани литературни подаци из области која је предмет проучавања

докторске дисертације. У првом потпоглављу, *Амбалажа за прехранбене производе*, представљен је значај амбалаже за прехранбене производе кроз опис њених функција, уз осврт на захтеве које амбалажни материјали и амбалажа за прехранбене производе треба да испуне. У другом потпоглављу, *Активна паковања*, дефинисани су циљеви развоја, концепт и функције активних амбалажних материјала и услова паковања. Посебна пажња посвећена је сегментима које је потребно размотрити при формулацији и синтези активних материјала, врстама активних материјала и механизмима њиховог деловања. Акценат је стављен на активне материјале и услове паковања са антиоксидативном и антимикробном функционалношћу. Треће потпоглавље, *Технике добијања активних амбалажних материјала*, даје приказ приступа који се користе при развоју активних материјала, уз посебан осврт на активне материјале код којих су активне компоненте инкорпорирани унутар матрикса полимера. Детаљније су описани приступи, предности и ограничења синтезе ове врсте активних материјала техникама изливања филмова из раствора и електропоређења. У четвртм потпоглављу, *Полимерни амбалажни материјали*, истакнут је проблем масовне употребе пластичне амбалаже и важност коришћења биоразградивих полимерних материјала, нарочито у случају амбалаже за једнократну и краткорочну употребу. Приказана су сазнања о поли(ε-капролактону) и протеинима, са акцентом на зеину и желатину, као биоразградивим полимерима и матриксама за инкорпорацију активних компоненти. У петом потпоглављу, *Активне компоненте*, истакнути су значај, предности и ограничења коришћења активних компоненти природног порекла при развоју активних материјала. Пажња је пре свега усмерена на активне конституенте екстракта лековитог и зачинског биља и механизам њиховог антиоксидативног и антимикробног деловања, уз нарочит осврт на активне конституенте екстракта жалфије и њихову антиоксидативну и антимикробну активност. Дат је и преглед примера активних материјала на бази биоразградивих полимера са инкорпорираним екстрактима лековитог и зачинског биља добијених применом разних техника са фокусом на ефекат инкорпорације екстракта на својства материјала.

Циљеви истраживања. Основни циљ докторске дисертације био је синтеза активних, биоразградивих материјала са потенцијалом примене као амбалажних материјала за паковање прехранбених производа. У оквиру овог циља постављено је неколико специфичних циљева и то: испитивање потенцијала коришћења природног екстракта као активног конституента материјала са антиоксидативном и антимикробном функционалношћу; испитивање потенцијала примене биоразградивих полимера различитог порекла као матрикса за инкорпорацију природног екстракта; синтеза активних, биоразградивих материјала различитих структура и анализа утицаја инкорпорације природног екстракта на карактеристике материјала. Овако постављени циљеви дефинисали су три експерименталне секције: Припрема и карактеризација екстракта жалфије као модел активног конституента за синтезу активних амбалажних материјала; Синтеза и карактеризација активних, биоразградивих материјала на бази поли(ε-капролактона); Синтеза и карактеризација активних, биоразградивих материјала на бази зеина.

Материјал и методе. Ово поглавље подељено је у пет потпоглавља са више подналова. Потпоглавље *Материјал* даје податке о биљном материјалу, полимерима и хемикалијама коришћеним у раду. У потпоглављу *Екстракт жалфије* детаљно су описани поступак припреме екстракта жалфије као активног конституента за синтезу материјала, као и методе коришћене за карактеризацију екстракта. За добијање екстракта примењена је техника мацерације, при чему је описано одређивање

оптималних услова екстракције (састав растварача, однос биљног материјала и растварача, трајање екстракције) за постизање што већег приноса фенолних једињења као носиоца антиоксидативне и антимикробне активности. Дат је опис метода примењених за карактеризацију екстракта припремљеног под дефинисаним оптималним условима у погледу: приноса екстракције (гравиметријски), садржаја укупних фенолних једињења (метода са *Folin-Ciocalteu* реагенсом), индивидуалних фенолних киселина (метода течне хроматографије високих перформанси - *HPLC*), антиоксидативне активности као способности инхибиције *DPPH*[•] слободног радикала (спектрофотометријска метода) и антибактеријске активности према *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* (микродилуциона метода). Потпоглавље *Филмови на бази поли(ε-капролактона) и екстракта жалфије* даје приказ синтезе и карактеризације активних материјала на бази поли(ε-капролактона), биоразградивог полимера добијеног из необновљивих извора, са инкорпорираним екстрактом жалфије. Детаљно је описан поступак припреме раствора различитих формулација, као и синтезе материјала техником електропоређења, праћене краткотрајним термичким третманом. Примењене су различите температуре термичког третмана како би се испитао утицај температуре на ефикасност спајања електропредених влакана и њиховог превозиња у форме континуалних филмова. Даље је дат детаљан опис метода примењених за карактеризацију синтетисаних филмова и анализу утицаја инкорпорације екстракта на следеће карактеристике филмова: морфологију (скенирајућа електронска микроскопија - *SEM*), дебљину (коришћење дигиталног микрометра), транспарентност (квалитативно: контактна транспарентност и квантитативно: спектрофотометријски), хидрофобност површине (мерење контактног угла између капи воде и површине филмова), интеракције између конституената екстракта и полимерног матрикса (инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом - *FT-IR* спектроскопија), топлотна својства (диференцијална скенирајућа калориметрија - *DSC*), термичку стабилност (термогравиметријска анализа - *TGA*), механичке карактеристике и то на: затезну јачину, модул еластичности, издужење при кидању и жилавост (помоћу универзалне машине за тестирање), баријерна својства и то на: пропустљивост водене паре и ароме (гравиметријски), способност отпуштања активних конституената у симуланте хране (метода са *Folin-Ciocalteu* реагенсом и *HPLC*), антиоксидативну активност као способност инхибиције *DPPH*[•] слободног радикала (спектрофотометријска метода), антибактеријску активност према *S. aureus* и *E. coli* (Јапански индустријски стандард) и подложност разградњи у компосту без и са додатком бактеријске културе *Pseudomonas aeruginosa* (визуелно и гравиметријски). Потпоглавље *Влакна и филмови на бази зеина и екстракта жалфије* даје приказ синтезе и карактеризације активних материјала на бази зеина, биополимера добијеног из обновљивих извора, са инкорпорираним екстрактом жалфије. Дат је детаљан опис поступка припреме раствора различитих формулација, као и синтезе материјала на бази зеина и бленде зеина са другим полимерима (поли(етилен оксид), желатин) техникама електропоређења и изливања филмова из раствора. Континуалност процеса, макроскопски изглед и могућност манипулације синтетисаним узорцима су постављени као фактори за одабир прихватљивих формулација посматрано са аспекта примене као амбалажних материјала. Даље је дат детаљан опис метода примењених за карактеризацију синтетисаних узорака и анализу утицаја инкорпорације екстракта на следеће карактеристике узорака: морфологију (*SEM*), дебљину (коришћење дигиталног микрометра), транспарентност (квалитативно: контактна транспарентност и квантитативно: спектрофотометријски), интеракције између конституената екстракта и биополимерног матрикса (*FT-IR* спектроскопија), топлотна својства (*DSC*), термичку стабилност (*TGA*), способност отпуштања активних конституената у симуланте хране

(метода са *Folin-Ciocalteu* реагенсом и *HPLC*), антиоксидативну активност као способност инхибиције *DPPH*[•] слободног радикала (спектрофотометријска метода), антибактеријску активност према *S. aureus* и *E. coli* (макродилуциона метода и одређивање садржаја ацетат-јона у суспензији јонском хроматографијом) и подложност разградњи у компосту без и са додатком укупног протеинског екстракта *Streptomyces* spp. сојева (визуелно и гравиметријски). У поглављу *Статистичка анализа* наведени су статистички модели, тестови и критеријуми примењени за статистичку обраду резултата.

Резултати и дискусија. Резултати истраживања обрађени су у три потпоглавља са више поднаслова и приказани су на прегледан начин кроз слике, табеле и текстуалну анализу, уз јасну и концизну дискусију и поређење са резултатима сличних истраживања. У потпоглављу *Екстракт жалфије* приказани су резултати испитивања утицаја различитих услова екстракције на принос укупних фенолних једињења. На основу ових резултата 50% (v/v) раствор етанола у води као екстракциони медијум, дужина трајања екстракције од 90 минута и однос биљног материјала и растварача 1:20 (w/v) одабрани су као оптимални услови за припрему екстракта. Принос сувог екстракта био је 15,66% (w/w). Резултати карактеризације припремљеног екстракта жалфије показали су да се може сматрати погодним извором фенолних једињења. Садржај укупних фенолних једињења био је $157,73 \pm 2,89$ mg GAE/g сувог екстракта. При том, у екстракту су идентификоване и квантификоване следеће фенолне киселине: протокатехинска, ферулична, кафеинска, *p*-кумарна и рузмаринска, од којих је рузмаринска киселина била квантитативно најдоминантнија са садржајем од $15,49 \pm 0,50$ mg/g сувог екстракта. Припремљени екстракт испољио је антиоксидативну активност у погледу способности инхибиције *DPPH*[•] слободног радикала ($1,07 \pm 0,06$ mmol TE/g сувог екстракта), као и антибактеријску активност према патогеним бактеријама, при чему су мање концентрације биле потребне за постизање инхибиторног (МИК 0,31 mg/ml) и бактерицидног (МБК 20,00 mg/ml) ефекта на *S. aureus* у односу на *E. coli* (МИК и МБК: 2,50 и 40,00 mg/ml, респективно). У потпоглављу *Филмови на бази поли(ε-капролактона) и екстракта жалфије* дати су резултати инкорпорације екстракта жалфије у матрикс на бази поли(ε-капролактона). Синтетисане су четири формулације филмова: контролни филм (без инкорпорираниог екстракта) и филмови са различитим садржајем инкорпорираниог екстракта (5, 10 и 20%, w/w). Синтеза филмова је спроведена у две фазе. Најпре су техником електропредења добијене форме које су потом подвргнуте краткотрајном термичком третману. *SEM* анализа је показала да су електропредене структуре сачињене од испреплетаних, густо распоређених, правилних влакана. Инкорпорација екстракта није утицала на структурне и површинске карактеристике влакана, али је резултовала смањењем њиховог пречника. Применом термичког третмана структуре влакана су преведене у структуре континуалних и транспарентних филмова. На основу анализе морфолошких карактеристика филмова, термички третман електропредених влакана на 55 °C одређен је као оптималан, док је 20% (w/w) био највећи прихватљив садржај инкорпорираниог екстракта. Пречник влакана и садржај инкорпорираниог екстракта утицали су на процес спајања влакана и дебљину филмова, па су тако влакна мањег пречника са већим садржајем екстракта преведена у компактне и глатке структуре тањих филмова. Инкорпорација екстракта није нарушила транспарентност филмова, али је допринела настанку жуте боје. На основу вредности контактног угла са водом, површине свих формулација филмова окарактерисане су као хидрофобне, са малим афинитетом према води. Анализа *FT-IR* спектра указала је да је екстракт жалфије ефикасно инкорпориран унутар полимерног матрикса без јаким хемијских интеракција

између конституената екстракта и матрикса. Овакав резултат потврђен је и *DSC* анализом. Резултати *DSC* анализе показали су и да инкорпорација екстракта у матрикс полимера није утицала на температуру топљења филмова, а *TGA* резултати су показали да није утицала ни на термичку стабилност филмова, при чему су све формулације филмова испољиле стабилност до ~ 350 °C. Ови резултати су приписани одсуству хемијских интеракција између конституената екстракта и полимерног матрикса. Одсуство хемијских интеракција резултовало је и незнатним утицајем инкорпорације екстракта на механичке карактеристике филмова. Са друге стране резултати испитивања баријерних перформанси филмова указали су на комплексност фактора који утичу на пропустљивост водене паре и ароме, при чему је инкорпорација екстракта генерално олакшала дифузију кроз филмове. Филмови са инкорпорираним екстрактом су испољили способност отпуштања фенолних једињења при директном контакту са медијумима који симулирају прехранбене производе. Већа количина ових активних конституената отпуштена је из формулација са већим садржајем екстракта и то у медијум који симулира производе липофилног карактера (95% (v/v) раствор етанола у води). И антиоксидативна и антибактеријска активност екстракта жалфије очуване су током процеса електропредења и термичког третмана. Тако је инкорпорацијом екстракта и повећањем његовог садржаја постигнута способност филмова да при директном контакту са раствором *DPPH*[•] неутралишу овај слободни радикал. Такође, инкорпорацијом екстракта постигнута је способност филмова да при директном контакту са патогеним бактеријама доведу до редукције њиховог броја. Све формулације филмова са инкорпорираним екстрактом испољиле су потпун бактерицидни ефекат према *S. aureus*, док се ефекат деловања на *E. coli* појачавао са повећањем садржаја екстракта у филму. Веома важна карактеристика свих синтетисаних формулација филмова је подложност потпуној разградњи у модел систему компоста од стране присутних земљишних микроорганизама након 3 до 4 месеца инкубације. При том, додатак бактеријске културе *P. aeruginosa* у компост испољио је каталитички ефекат на разградњу и скратио период инкубације потребан за потпуну разградњу филмова на 4 недеље. Инкорпорација антибактеријски активног екстракта није нарушила разградивост филмова нити од стране природно присутних микроорганизама, нити од додате бактеријске културе. У потпоглављу *Влакна и филмови на бази зеина и екстракта жалфије* приказани су резултати инкорпорације екстракта жалфије у матриксе на бази зеина. Механичке карактеристике електропредених влакана и изливених филмова на бази зеина, независно од присуства екстракта, нису биле задовољавајуће посматрано са аспекта потенцијалне примене као амбалажних материјала. Овај проблем иницирао је припрему бленди зеина са другим полимерима. У овом погледу, приступ усмерен на синтезу потенцијално јестивих влакана и филмова на бази биополимера, зеина и желатина, резултовао је задовољавајућим карактеристикама узорака због чега су били даљи предмет истраживања. Техником електропредења синтетисане су три формулације на бази протеина: без инкорпорираног екстракта (контрола) и са 5 и 10% (w/w) инкорпорираног екстракта, при чему је 10% (w/w) био највећи садржај екстракта у раствору који није нарушавао стабилност процеса електропредења. Техником изливања из раствора синтетисане су још три формулације на бази протеина: без инкорпорираног екстракта (контрола) и са 5 и 10% (w/w) инкорпорираног екстракта. *SEM* анализом су уочене јасне структурне разлике између узорака у зависности од технике добијања. Електропредене структуре су биле сачињене од испреплетаних, густо распоређених, правилних влакана, при чему су инкорпорација екстракта и повећање његовог садржаја резултовали настајањем влакана већег пречника, а тиме и дебљих узорака. Изливањем из раствора добијене су структуре континуалних и компактних филмова, без видљивих

дефеката, а инкорпорација екстракта резултовала је добијањем хомогенијих површина уз незнатан пораст дебљине. Због веће густине и компактније структуре узорци изливени из раствора су тањи у односу на електропредене узорке истог састава. Структурне разлике електропредених влакана и изливених филмова допринеле су и очигледним визуелним разликама. Тако су порозни електропредени узорци били беле боје и потпуно нетранспарентни, док су компактни и континуални филмови били транспарентни. Инкорпорација екстракта није утицала на транспарентност узорака, али је својом бојом екстракт допринео настанку жуте боје филмова. Анализа *FT-IR* спектра електропредених влакана и изливених филмова указала је да су конституенти матрикса хомогено дистрибуирани, а потенцијалне интеракције су слабог интензитета, при чему је екстракт физички инкорпориран унутар протеинског матрикса без значајних хемијских интеракција између конституената екстракта и матрикса. Резултати *DSC* анализе и *TGA* су потврдили да је екстракт ефикасно диспергован унутар протеинских матрикса без раздвајања фаза. Резултати *DSC* анализе су показали да су разлике у уређености структура довеле и до разлика у температури денатурације, па је тако температура денатурације нижа у случају електропредених влакана у односу на изливене филмове. Поред тога, инкорпорација већег садржаја екстракта довела је до благих варијација топлотних својстава влакана и филмова. Инкорпорација екстракта резултовала је и смањењем температуре почетка деградације и декомпозиције у односу на контролна влакна и филмове, док су промене температуре на којој долази до максималне стопе деградације незнатне. Електропредена влакна и изливени филмови су испољили способност отпуштања активних једињења при директном контакту са медијумима који симулирају прехранбене производе. Веће количине фенолних једињења и рузмаринске киселине отпуштене су из влакана у односу на филмове, при чему су у оба случаја веће количине отпуштене из формулација са већим садржајем екстракта. У случају влакана веће количине фенолних једињења отпуштене су у 95% (v/v) раствор етанола у поређењу са 10% (v/v) раствором етанола, док су из филмова сличне количине фенолних једињења отпуштене у оба медијума. Независно од структуре узорака, веће количине рузмаринске киселине отпуштене су у 95% (v/v) раствор етанола. И антиоксидативна и антибактеријска активност екстракта очуване су како током електропредења влакана, тако и током изливања филмова. Протеинска влакна и филмови без инкорпорираног екстракта жалфије испољили су благу антиоксидативну активност у погледу способности инхибиције *DPPH*[•] слободног радикала при њиховом директном контакту. Инкорпорацијом екстракта и повећањем његовог садржаја постигнута је значајно јача способност инхибиције овог слободног радикала. При том, електропредена влакна су испољила већу ефикасност инхибиције *DPPH*[•] радикала у односу на изливене филмове. Поред тога, све формулације влакана и филмова испољиле су антибактеријску активност при директном контакту са патогеним бактеријама *S. aureus* и *E. coli*. Резултати јонске хроматографије суспензија показали су да способност инхибиторног деловања на раст бактерија у случају контролних узорака потиче од резидуа сирћетне киселине. Инкорпорацијом екстракта и повећањем његовог садржаја побољшана је антибактеријска ефикасност влакана и филмова услед синергистичког деловања конституената екстракта и резидуа сирћетне киселине. *S. aureus* је испољио већу осетљивост према влакнима и филмовима у односу на *E. coli*. Независно од бактеријског соја, филмови су испољили јаче антибактеријско деловање у односу на влакна истог састава. Даље, све формулације влакана и филмова подлегле су потпуној разградњи у модел систему компоста од стране присутних земљишних микроорганизама након 18 до 25 дана инкубације. Додатак укупног протеинског екстракта *Streptomyces* spp. сојева у компост није имао каталитичко дејство на разградњу узорака.

Закључак. У овом поглављу су сумирани резултати експерименталних истраживања и изведени релевантни закључци. Резултати карактеризације припремљеног екстракта жалфије истакли су његов потенцијал да буде коришћен као активни конституент при синтези активних материјала посматрано са аспекта способности „гашења“ активности слободних радикала, као и инхибиторног и бактерицидног деловања на патогене бактерије. Применом технике електропредења праћене краткотрајним термичким третманом синтетисани су филмови на бази поли(ε-капролактона) са инкорпорираним екстрактом жалфије. На овај начин су синтетисани континуални, компактни и транспарентни филмови са хидрофобним површинама. Карактеризацијом узорака закључено је да је екстракт ефикасно инкорпориран у матриксу полимера без јаких хемијских интеракција између конституената екстракта и матрикса. Такође, показано је да су структуре филмова погодне за заштиту термички осетљивих конституената екстракта. Анализом механичких карактеристика филмова закључено је да су филмови механички стабилни. Анализом пропустљивости водене паре и ароме закључено је да је инкорпорација екстракта допринела слабијим баријерним перформансама филмова. Синтетисани филмови имају способност отпуштања фенолних једињења у медијуме који симулирају прехранбене производе при њиховом директном контакту што би био главни механизам деловања филмова као активних амбалажних материјала. Инкорпорацијом екстракта жалфије постигнута је антиоксидативна и антибактеријска функционалност филмова, што са становишта потенцијалне примене као активних амбалажних материјала за паковање прехранбених производа може имати важан допринос у очувању квалитета и безбедности упакованог производа. Филмови су испојили подложност потпуној разградњи у компосту која није нарушена инкорпорацијом антибактеријски активног екстракта што је веома важна карактеристика посматрано са еколошког аспекта. У случају узорака на бази зеина, електропредена влакна и изливени филмови на бази бленде зеина са желатином, независно од присуства екстракта, су прихватљивији у односу на влакна и филмове само на бази зеина посматрано са аспекта потенцијалне примене као амбалажних материјала. Прецизније, бленде зеина и желатина су прихватљивије у погледу континуалности процеса, макроскопског изгледа и могућности манипулације узорцима. Техником електропредења добијени су нетранспарентни узорци, сачињени од густо испреплетаних влакана, док су изливањем из раствора добијени транспарентни филмови. Карактеризацијом узорака на бази бленде зеина и желатина закључено је да су конституенти влакана и филмова компатибилни, без раздвајања фаза и да је екстракт физички инкорпориран унутар биополимерних матрикса без значајних хемијских интеракција између конституената екстракта и матрикса. Структурне разлике између електропредених и изливених узорака резултовале су разликама у отпуштању активних једињења, ефикасности инхибиције *DPPH*[•] слободног радикала и антибактеријској ефикасности површина. Генерално, синтетисана влакна и филмови имају способност отпуштања фенолних једињења и рузмаринске киселине у медијуме који симулирају прехранбене производе при њиховом директном контакту што би био главни механизам деловања влакана и филмова као активних амбалажних материјала. Инкорпорација екстракта допринела је антиоксидативној и антибактеријској функционалности влакана и филмова што је истакло потенцијал њихове примене као активних амбалажних материјала са циљем очувања квалитета и безбедности упакованог производа. Протеинска влакна и филмови су испојили подложност потпуној разградњи у компосту што је веома важно посматрано са еколошког аспекта. Инкорпорација антибактеријски активног екстракта није нарушила разградивост влакана и филмова, већ је у случају влакана са већим садржајем екстракта имала позитиван ефекат. Генерално, анализиране карактеристике

синтетисаних материјала како на бази поли(ε-капролактона), тако и на бази бленде зеина и желатина, указале су да испуњавају критеријуме да буду коришћени као активни, еколошки прихватљиви материјали за паковање прехранбених производа.

Литература. У дисертацији су на правилан начин наведене 273 референце. Избор референци је актуелан и одговара предмету проучавања.

Прилози. Ово поглавље садржи три дела. У првом делу су дати UV-Vis спектри, параметри калибрационих крива и хроматограм стандардног раствора фенолних киселина анализираних применом *HPLC*. У следећем делу су приказани хроматограми калибрационог раствора ацетат-јона и суспензија анализираних јонском хроматографијом. Трећи део садржи резултате оптимизације процеса екстракције.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе докторске дисертације под насловом „Синтеза и карактеризација активних влакана и филмова на бази поли(ε-капролактона) и зеина“, коју је поднела Ана С. Салевић, маг. инж. технол., Комисија сматра да је дисертација урађена према одобреној пријави теме и да представља оригинално и самостално научно дело.

У Уводу и Теоријским основама кандидаткиња је детаљно анализирила литературне податке из области активних амбалажних материјала и успешно образложила тематику докторске дисертације. На основу прегледа литературе предмет и циљеви истраживања су правилно дефинисани и постављени, а програм истраживања је добро осмишљен. Методе примењене у експерименталном делу су савремене и поуздане. Добијени резултати су прегледно приказани, правилно анализирани и упоређени са резултатима других аутора. Из резултата су правилно изведени закључци.

Научни допринос докторске дисертације огледа се у формулисању и синтези активних, биоразградивих материјала полазећи од припреме и карактеризације екстракта жалфије преко његове инкорпорације у матрикс полимера различитог порекла и структуре, до детаљне анализе утицаја инкорпорације екстракта на својства синтетисаних материјала. Специфични научни доприноси резултата спроведених истраживања огледају се у: (1) разумевању феномена екстракције фенолних једињења из биљног материјала кроз испитивање утицаја процесних услова на принос фенолних једињења; (2) карактеризацији екстракта жалфије у погледу садржаја фенолних једињења, антиоксидативног и антибактеријског деловања и разумевању механизма активног деловања; (3) разумевању феномена електропредења влакана кроз испитивање утицаја екстракта који садржи фенолна једињења на структурирање полимерних влакана на бази поли(ε-капролактона), као и у разумевању термичког третмана влакана са инкорпорираним екстрактом и структурирања полимерних филмова; (4) разумевању феномена електропредења влакана и изливања филмова из раствора кроз испитивање утицаја екстракта који садржи фенолна једињења на структурирање полимерних влакана и филмова на бази зеина, као и кроз побољшање својстава влакана и филмова на бази зеина кроз припрему бленде зеина са другим полимерима; (5) испитивању сложених интеракција у вишекомпонентним системима и то поли(ε-капролактон)-фенолна једињења и зеин-желатин-глицерол-фенолна једињења, затим разумевању утицаја природе и структуре полимерног матрикса, као и утицаја инкорпорације екстракта који садржи фенолна једињења у матрикс полимера на физичка, хемијска и функционална својства синтетисаних влакана и филмова, као и на њихову подложност биоразградњи.

Резултати дисертације су од значаја не само за прехранбену индустрију, већ и за индустрију материјала. Апликативни значај развијених активних, биоразградивих материјала огледа се у могућности њихове примене као амбалажних материјала за прехранбене производе. Синтетисана влакна и филмови на бази поли(ε-капролактона), односно зеина и желатина, са инкорпорираним екстрактом жалфије су од значаја као замена синтетичких адитива за очување квалитета и безбедности прехранбених производа у погледу способности неутрализације слободних радикала и инхибиције раста бактерија. Синтетисани материјали су од значаја посматрано и са еколошког аспекта као важан сегмент у борби за смањење употребе амбалажних материјала за чију разградњу је потребан веома дуг временски период, односно у борби за смањење нагомилавања спороразградивог отпада.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих и приказаних резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да позитивно оцени и прихвати овај Извештај, заједно са поднетом дисертацијом кандидаткиње Ане С. Салевић, маг. инж. технол., под насловом: „Синтеза и карактеризација активних влакана и филмова на бази поли(ε-капролактона) и зеина“ и да након завршетка процедуре омогући кандидаткињи јавну одбрану докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

Чланови Комисије:

др Виктор Недовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
ужа научна област: Биохемија

др Петар Ускоковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет
ужа научна област: Инжењерство материјала

др Стева Левић, доцент
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
ужа научна област: Биохемија

др Душица Стојановић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет
ужа научна област: Инжењерство материјала

др Тања Петровић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
ужа научна област: Наука о конзервисању и врењу

др Верица Ђорђевић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет
ужа научна област: Хемијско инжењерство

Прилог:

Рад Ане С. Салевић, маг. инж. технол., објављен у научном часопису који је на SCI листи:

Salević, A., Prieto, C., Cabedo, L., Nedović, V., Lagaron, J.M. (2019): Physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of electrospun poly(ϵ -caprolactone) films containing a solid dispersion of sage (*Salvia officinalis* L.) extract. *Nanomaterials* 9(2): 270.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**
Датум: 22.12.2020.

**ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСKE
ДИСЕРТАЦИЈЕ**

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 „Синтеза и карактеризација активних влакана и филмова на бази поли(ε-капролактона) и зеина“, аутора **Ане С. Салевић**, магист. инж. технол., констатујем да утврђено подударање текста износи 8%. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања који су проистекли из њене дисертације, 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, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Ментор:

др Виктор Недовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
ужа научна област: Биохемија