

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ  
Број захтева: 277/2-7.9.  
Датум: 17.09.2014. године

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. став. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12 и 172/13), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

Кандидат **СТЕВА (Мирослав) ЛЕВИЋ**, дипл. инж., студент докторских студија на студијском програму Прехрамбена технологија, пријавио је докторску дисертацију под називом: «КОНТРОЛИСАНО ОТПУШТАЊЕ И ПРОМЕНЕ У САСТАВУ АРОМА ИМОБИЛИСАНИХ НА ПРИРОДНИМ НОСАЧИМА: КАРНАУБА ВОСКУ, АЛГИНАТУ И ЕКСПАНДОВАНОМ ПИРИНЧУ»,

из научне области Прехрамбена технологија.

Универзитет је 06.10.2009. године, својим актом број 612-17/70/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: «ИНКАПСУЛАЦИЈА АРОМА У КАРНАУБА ВОСКУ, АЛГИНАТУ И ПОЛИВИНИЛ-АЛКОХОЛУ».

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 25.06.2014. године, одлуком Факултета број 277/9-5.4., 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 Малиша Антић, ванредни професор, Хемија, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,
3. др Бранко Бугарски, редовни професор, Хемијско инжењерство, Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет,
4. др Верица Ђорђевић, научни сарадник, Хемијско инжењерство, Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет,
5. др Владимир Павловић, редовни професор, Физика, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 17.09.2014. године.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**  
Проф. др Милица Петровић

Универзитет у Београду  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ  
Број: ВС - 277/2-7.9.  
Датум: 17.09.2014. године  
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 123. Закона о високом образовању и члана 24. Правилника о последипломским студијама и докторату наука, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 17.09.2014. године, донело је

### О Д Л У К У

**I ПРИХВАТА СЕ** извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **СТЕВА ЛЕВИЋ, дипл. инж.** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«ИНКАПСУЛАЦИЈА АРОМА У КАРНАУБА ВОСКУ, АЛГИНАТУ И ПОЛИВИНИЛ-АЛКОХОЛУ».**

**II** Универзитет је 06.10.2009. године, својим актом број 612-17/70/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

**III** Рад кандидата у часопису међународног значаја:

**Levic, S., Djordjevic, V., Rajic, N., Milivojevic, M., Bugarski, B., Nedovic, V. (2013):** Entrapment of ethyl vanillin in calcium alginate and calcium alginate/poly(vinyl alcohol) beads, Chemical Papers, 67 (2), 221-228. DOI 10.2478/s11696-012-0260-1

**П Р Е Д С Е Д Н И К  
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА  
Д Е К А Н**

*(Проф. др Милица Петровић)*

Доставити: кандидату, ментору др Виктору Недовићу, редовном професору, Институту за прехранбену технологију и биохемију, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Датум: 30.06.2014.**

**Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације  
Стеве М. Левића, дипл.инж.**

Одлуком Наставно-научног већа факултета од 25.06.2014., именовани смо у Комисију за оцену урађене докторске дисертације под насловом: „**Инкапсулација арома у карнауба воску, алгинату и поливинил-алкохолу**“, кандидата Стеве М. Левића, дипл. инж., па пошто смо проучили завршену докторску дисертацију, подносимо следећи

## **ИЗВЕШТАЈ**

### **1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Докторска дисертација **Стеве М. Левића**, под насловом „**ИНКАПСУЛАЦИЈА АРОМА У КАРНАУБА ВОСКУ, АЛГИНАТУ И ПОЛИВИНИЛ-АЛКОХОЛУ**“, написана је према Упутству за обликовање штампане и електронске верзије докторске дисертације Универзитета у Београду, на 188 страна, у оквиру којих се налази 16 табела и 89 слика. Поред уводних садржаја (насловне стране на српском и енглеском језику; стране са списком чланова комисије; стране са изразима захвалности; стране са апстрактном на српском и енглеском језику; списка скраћеница; садржаја), докторска дисертација има следећа поглавља: **Увод** (1-5. стр.); **Теоријске основе** (6-53. стр.); **Циљеви** (54-55.стр.); **Материјали и методе** (56-77. стр.); **Резултати и дискусија** (78-149.стр.); **Закључак** (150-154. стр.); **Литература** (155-170.стр.); **Прилози** (171-184. стр.); **Биографија аутора** (185. стр.); скениране, попуњене и потписане изјаве дате као Прилог 1, 2 и 3 (186-188).

### **2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

**2.1. Увод-**У овом поглављу је истакнут значај процеса инкапсулације у прехранбеној индустрији и биотехнологији, са посебним освртом на инкапсулацију арома. Кандидат истиче потребу увођења инкапсулације прехранбених адитива (са нагласком на инкапсулацију арома) као начина заштите осетљивих компоненти хране. Истакнуто је да се процесом инкапсулације треба постићи пре свега формирање заштитног слоја око активне компоненте као и добијање инкапсулата жељене величине. Кандидат је указао на могућности примене метода инкапсулације у заштити арома.

**2.2. Теоријске основе-**Кандидат је у овом поглављу приказао доступне литературне податке из области која је предмет проучавања ове докторске дисертације. Ради прегледности а узимајући у обзир својства материјала коришћених у раду ово поглавље је подељено у следећа подпоглавља: *2.2.1. Теоријске основе процеса инкапсулације; 2.2.2. Методе и технике инкапсулације; 2.2.3. Материјали за инкапсулацију; 2.2.4. Алгинат; 2.2.5. Поливинил алкохол; 2.2.6. Карнауба восак; 2.2.7.Технике и материјали за*

*инкапсулацију арома*. На бази доступне литературе су дате основне дефиниције везане за процес инкапсулације као и значај и примена инкапсулације у различитим областима науке и индустрије. Посебно је истакнут значај инкапсулације у прехранбеној индустрији. У посебним деловима кандидат даје приказ литературних података везаних за алгинат, поливинил алкохол и карнауба восак као и примере њихове примене у процесима инкапсулације. На крају овог дела тезе кандидат даје приказ најважнијих метода и материјала за инкапсулацију арома и примере њиховог коришћења. Истакнут је значај појединих метода инкапсулације арома уз приказ позитивних и негативних искустава њихове примене. Приказани литературни подаци указују да постоји основа за увођење нових поступака и материјала у процесе инкапсулације прехранбених арома.

**2.3. Циљеви-** Дефинисани су основни циљеви дисертације: 1. Инкапсулација ароме (етил ванилина) у карнауба воску као носачу и добијање липидних микрочестица са инкапсулисаним аромом (методе емулзификације и метода дисперзије у ваздуху). 2. Инкапсулација арома (етил ванили, арома кокоса и D-лимонен) у алгинату у облику Са-алгинатних честица применом методе електростатичке екструзије. 3. Инкапсулација етил ванилина у поливинил алкохол уз примену електростатичке екструзије за добијање инкапсулата у широком опсегу величина. Поливинил алкохол је коришћена као носач ароме или је комбинован са алгинатом уз додатно гелирање методом смрзавања-отапања.

**2.4. Материјали и методе-**Кандидат даје приказ поступака инкапсулације коришћених у дисертацији као и метода које су коришћене за анализу добијених инкапсулата. У циљу прегледности, ово поглавље је подељено на три подпоглавља.

*2.4.1. Инкапсулација етил ванилина у карнауба воску-*Дат је приказ добијања честица методом емулзификације и методом дисперзије ваздухом, уз приказ шема обе методе. Анализа добијених инкапсулата се састојала од: анализе величине добијених инкапсулата; анализе површине скенирајућим електронским микроскопом (SEM); ефикасност инкапсулације (методом течне хроматографије-HPLC); анализе FTIR спектра; анализе дифракције X-зрака (XRD); термичке анализе инкапсулата (методе термогравиметрије (TGA) и диференцијалне скенирајуће калориметрије (DSC)).

*2.4.2. Инкапсулација етил ванилина у Са-алгинату методом електростатичке екструзије-*Кандидат у првом делу даје приказ метода инкапсулације етил ванилина методом електростатичке екструзије са шемом поступка и уз дефинисање параметара инкапсулације. Добијени инкапсулати су анализирани са аспекта величине честица, морфологије, стабилности и термичких својстава методама које су описане у подпоглављу 2.4.1.

У подпоглављима *2.4.3. Инкапсулација етил ванилина у алгинату методом електростатичке екструзије-електроспреј* и *2.4.4. Инкапсулација ароме кокоса и D-лимонена у Са-алгинату методом електростатичке екструзије* дат је приказ метода коришћених за инкапсулацију наведених арома. Као носач за инкапсулацију је коришћен алгинат. Анализа добијених инкапсулата је обухватала: SEM микроскопију, FTIR спектроскопију, XRD и TGA анализу. Поред тога праћена су и реолошка својства емулзија на бази алгината и арома кокоса и D-лимонена, својства бубрења, као и ефикасност инкапсулације ових арома (метода гасне хроматографије).

У подпоглављима *2.4.5. Инкапсулација етил ванилина у поливинил алкохолу методом електростатичке екструзије*, *2.4.6. Инкапсулација етил ванилина у поливинил алкохолу методом електростатичке екструзије-електроспининг* и *2.4.7. Инкапсулација етил ванилина у предходно формиране филмове на бази поливинил алкохола добијене методом*

*електростатичке екструзије-електроспининга* је дат приказ метода инкапсулације етил ванилина у носаче на бази поливинил алкохола методама електростатичке екструзије и електроспининг. Анализа добијених инкапсулата је вршена следећим методама: електронска микроскопија, DSC, TGA, FTIR спектроскопија, XRD. Поред тога, праћена је и механичка отпорност инкапсулата добијених методом електроспининга. У подпоглављу 2.4.7 је описан и поступак инкапсулације етил ванилина на већ формиране филмове поливинил алкохола. Овако добијени филмови су додатно испитивани и са аспекта антимикуробне активности. У зависности од метода, добијених материјала и потреба образложења резултата, кандидат је у подпоглављима дао и приказ метода статистичке анализе добијених резултата.

**2.5. Резултати и дискусија**-Кандидат је на прегледан начин, кроз графиконе и табеле приказао резултате истраживања а уједно вршио и њихово поређење са резултатима других аутора који су радили на истој или сличној проблематици. У подпоглављу *Инкапсулација етил ванилина у карнауба воску* кандидат износи резултате инкапсулације етил ванилина у карнауба воску методама дисперзије отопљеног воска и ароме. Коришћене су методе дисперзије (емулзификације) у води и метода дисперзије помоћу ваздуха. Резултати су показали да се применом карнауба воска уз коришћење обе методе инкапсулације могу добити честице чији пречници су углавном испод 250 $\mu$ m. Треба истаћи да се метода дисперзије ваздухом генерално показала погоднијом за добијање честица правилног сферног облика. Инкапсулациона ефикасност остварена код методе дисперзије (емулзификације) у води је износила 5,07 $\pm$ 0,04%, док је у случају честица добијених дисперзијом ваздухом остварена већа инкапсулациона ефикасност етил ванилина од 67,05 $\pm$ 13,39%. Констатује се да је разлог за нижу инкапсулациону ефикасност код методе дисперзије (емулзификације) у води високи удео ароме у полазној смеси у односу на носач, као и интензивна хомогенизација у одсуству емулзификатора. Анализе FTIR спектра и XRD дифрактограма су показале да карнауба восак и етил ванилин задржавају своја хемијска и структурна својства након инкапсулације. Термичка анализа је показала да је процесом инкапсулације постигнута већа термичка стабилност инкапсулисане ароме која се огледала кроз спорији губитак ароме на повишеним температурама у поређењу са неинкапсулисаном аромом.

У подпоглављу *Инкапсулација арома у алгинату* (које је подељено на три подпоглавља) кандидат даје приказ резултата инкапсулације арома методом електростатичке екструзије у носачу на бази Са-алгината. У подпоглављу *Инкапсулација етил ванилина у Са-алгинату методом електростатичке екструзије* кандидат износи резултате инкапсулације етил ванилина у Са-алгинату са анализом својстава добијених инкапсулата. Утврђено је да величина и облик добијених честица зависи од полазног садржаја ароме, при чему се са повећање удела ароме у полазном раствору (>20%) нарушава сферни облик честица. Кинетика сушења честица је показала да честице губе воду у складу са математичким моделом познатим из литературе. При рехидрацији у води, честице са инкапсулисаном аромом задржавају свој облик. Резултати рехидрације у фосфатном пуферу су показали да долази до потпуне деградације честица и губитка структуре Са-алгината. Резултати FTIR анализе су показали да нема јаким хемијских интеракција између инкапсулисане ароме и Са-алгината. Термичком анализом инкапсулата је показано да се поступком инкапсулације етил ванилина унутар Са-алгината добија повећана термичка стабилност ароме, која се огледа у отпуштању ароме при вишим температурама у односу на слободни етил ванилин. У подпоглављу

*Инкапсулација етил ванилина у алгинату методом електростатичке екструзије-електроспреј* кандидат даје резултате електростатичке екструзије раствора етил ванилина у носачу на бази алгината. Приказани резултати показују да се инкапсулацијом нераствореног етил ванилина у алгинату не могу добити честице мањих димензија, чак и при примени високих напона. Да би се овај проблем превазишао, примењен је систем растварача етанол/вода који омогућава с једне стране растварање ароме а с друге стране модификацију реолошких својстава алгината. Ово се посебно односи на смањење вискозитета раствора са смањењем удела алгината у раствору за инкапсулацију. Оваква модификација раствора за инкапсулацију је омогућила добијање честица величине од ~0,180 до ~0,660 $\mu\text{m}$  при коришћењу Al-фолије као колектора (хоризонтални ситем екструзије). Статистичка анализа је показала да су се пречници честица добијених електроспреј методом статистички значајно разликовали. С друге стране, применом вертикалног система екструзије (коришћен водени раствор  $\text{CaCl}_2$  као колектор) нису добијене слободне честице, већ је дошло до накупљања материјала на површини раствора, вероватно као последица промена у реолошким својствима раствора за екструзију. Резултати FTIR анализа показују да између натријум алгината и инкапсулисаног етил ванилина нема јаким хемијских интеракција. Резултати XRD анализа су такође потврдили да је формирање чврстих фаза етил ванилина и алгината током екструзије вероватно одвојен процес који не утиче значајније на структуру инкапсулисане ароме. Према резултатима термогравиметријеске анализе процес отпуштања инкапсулисане ароме се догађа у ширем температурном опсегу у односу на слободну арому. Овим је показано да се инкапсулацијом постижу боља термичка својства инкапсулисане ароме која се огледају у контролисаном отпуштању ароме на повишеним температурама. У подпоглављу *Инкапсулација ароме кокоса и D-лимонена у Са-алгинату методом електростатичке екструзије* кандидат даје приказ резултата инкапсулације течних арома у облику Са-алгинатних честица методом електростатичке екструзије. Анализе стабилности емулзија су показале да алгинат омогућава формирање стабилних емулзија са уделом ароме до 10%, при чему је величина капи ароме у алгинату расла са порастом концентрације алгината и концентрације ароме. Анализа величина честица Са-алгинатних честица је показала да су се димензије влажних честица са инкапсулисаном аромом кокоса кретале у опсегу од ~629 $\mu\text{m}$  до ~2250 $\mu\text{m}$ , док је након сушења овај опсег износио од ~220 $\mu\text{m}$  до ~924 $\mu\text{m}$ . Слични резултати су добијени и за системе са инкапсулисаним D-лимоненом. Позитиван ефекат примене електростатичког поља је у томе што су његовом применом добијене честице мањих димензија у односу на честице добијене без употребе електростатичке екструзије. Гаснохроматографском анализом ароме кокоса је утврђено да се ова арома састоји од три најважније компоненте:  $\gamma$ -окталактон,  $\gamma$ -ноналактон и ванилин. Након инкапсулације и сушења честица је утврђено да се смањује концентрација ванилина и  $\gamma$ -окталактона што је објашњено већом растворљивошћу ове две компоненте у односу на  $\gamma$ -ноналактон. Резултати анализа инкапсулационе ефикасности су показали високи проценат задржавања D-лимонена унутар Са-алгинатних честица (50-77%). Рехидрација сувих честица је испитивана и дат је модел рехидрације у фосфатном пуферу. У FTIR спектру честица Са-алгината са инкапсулисаним аромама нису уочене интеракције између арома и носача. Термичка анализа инкапсулата је показала да се процесом инкапсулације постиже већа термичка стабилност арома, што је позитиван ефекат инкапсулације.

У подпоглављу *Инкапсулација етил ванилина у поливинил алкохолу* кандидат у оквиру три подпоглавља даје приказ резултата инкапсулације етил ванилина у носач на бази

поливинил алкохола применом методе електростатичке екструзије и електроспининг методе. У подпоглављу *Инкапсулација етил ванилина у поливинил алкохолу методом електростатичке екструзије* дат је приказ резултата инкапсулације етил ванилина у носач на бази алгинат/поливинил алкохол, уз накнадни третман честица методом смрзавања-отапања. Формулације са 20% ароме су дале честице правилнијег-сферног облика док је у случају честица са мање ароме (10%) у већој мери примећено нарушавање сферног облика. Увођење поливинил алкохола је дало позитиван ефекат са аспекта очувања структуре честица при рехидрацији у води и фосфатном пуферу. Резултати FTIR анализа нису показали значајније хемијске интеракције између инкапсулисане ароме и носача. Термичка анализа је показала позитиван утицај инкапсулације и увођење поливинил алкохола као носача на термичка својства етил ванилина. У подпоглављу *Инкапсулација етил ванилина у поливинил алкохолу методом електростатичке екструзије-електроспининг* кандидат даје резултате инкапсулације етил ванилина применом методе електростатичке екструзије-електроспининга (на четврти колектор) уз коришћење поливинил алкохола као носача. Добијени инкапсулати су били у облику филмова, чијом SEM анализом је утврђено да се састоје од влака нанометарских димензија (100-1700nm). Добијени филмови су показали повећану механичку стабилност са додатком ароме. Анализом FTIR спектра филмова са инкапсулисаним етил ванилином није показано да постоји интеракција између поливинил алкохола и етил ванилина. Резултати XRD анализа показују промене у структури инкапсулисаног етил ванилина, што је објашњено промењеним условима кристализације ароме у току екструзије. Структурне промене ароме су вероватно условиле и снижавање тачке топљења инкапсулисане ароме (DSC анализе). У подпоглављу *Инкапсулација етил ванилина у предходно формиране филмове на бази поливинил алкохола добијене методом електростатичке екструзије-електроспининга* кандидат приказује резултате инкапсулације етил ванилина у већ припремљене филмове на бази поливинил алкохола. Инкапсулација ароме је вршена потапањем предходно припремљених филмова у смешу етанол/вода/глицерол/етил ванилин и термичким третманом по методи смрзавања-отапања. Анализом SEM фотографија је утврђено да дати третман нарушава структуру нановлакна али нису примећене макроморфолошке промене самих филмова. Резултати FTIR анализе су показали да арома и носач формирају засебне фазе без значајнијих хемијских интеракција. Термогравиметријска анализа инкапсулата је показала сложену кинетику отпуштања етил ванилина уз истовремено ослобађање воде и глицерола. Коначно, инкапсулати су показали антимикуробно дејство према *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* бактеријским врстама.

**2.6. Закључак-**кандидат је у кратким тезама изнео најрелевантније чињенице до којих је дошао на основу својих истраживања. На основу добијених резултата кандидат је извео закључке којима су остварени циљеви и потврђене хипотезе докторске дисертације. Кандидат наводи да се применом метода дисперзије (емулзификације) у води и методом дисперзије ваздухом отопљене смеше карнауба воска и етил ванилина добијају честице чији је пречник претежно испод 250 $\mu$ m. Дисперзија ваздухом се показала као погоднија када је циљ добијање сферних честица. Поред тога, дисперзијом помоћу ваздуха се добијају инкапсулати који показују већу ефикасност задржавања ароме (~67%) у односу на методу дисперзије (емулзификације) у води (~5%). Термогравиметријском анализом је утврђено да се инкапсулисана арома ослобађа на вишим температурама у односу на слободни етил ванилин. Кандидат даје приказ резултата везаних за инкапсулацију етил

ванилина, ароме кокоса и D-лимонена методом електростатичке екструзије у алгинату. Алгинат се показао као погодан носач за инкапсулацију арома, пре свега етил ванилина. У случају инкапсулације ароме кокоса и D-лимонена, алгинат је имао и улогу стабилизатора емулзија пре саме инкапсулације. Финални инкапсулати су били у облику сувих честица са опсегом димензија од  $\sim 220\mu\text{m}$  до  $\sim 924\mu\text{m}$ . Инкапсулациона ефикасност код честица са D-лимоненом се кретала у опсегу од  $\sim 50$  до  $\sim 77\%$ , док је код ароме кокоса зависила од састава ове сложене ароме. Термичка анализа је показала да се процесом инкапсулације постиже побољшање термичких својстава арома, што се пре свега огледа кроз контролисано отпуштање на вишим температурама. Инкапсулисане ароме кокоса и D-лимонена нису показале значајнију хемијску интеракцију са носачем тј. алгинатом. Методе електростатичке екструзије и електроспининга су коришћене за инкапсулацију етил ванилина у поливинил алкохол. Уједно је са добијањем честица вршено и додатно гелирање поливинил алкохола методом смрзавања-отапања. Методом електроспининга је вршена инкапсулација етил ванилина у облику нановлакана (пречник влакана у опсегу  $100\text{-}1700\text{nm}$ ), која на макроскопском нивоу формирају компактан филм. Резултати анализа инкапсулата су показали извесни утицај инкапсулације на процес формирања кристала ароме унутар структуре влакана. Даље унапређење процеса је вршено кроз додатно гелирање нановлакана поливинил алкохола на ниским температурама уз накнадно наношење ароме. Добијени филмови су показали задовољавајућа термичка својства уз одређену антимикуробну активност на тестираним микроорганизмима.

**2.7. Литература-**Наведено је 175 референци које представљају избор и преглед најзначајнијих радова објављених у области инкапсулације и посебно инкапсулације арома.

### **3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација *дипл. инж. Стеве М. Левића* представља самостални научни рад у области инкапсулације арома. Кандидат је систематски проучио резултате истраживања других аутора, дефинисао предмет и програм испитивања, поставио циљ, основне хипотезе, прикупио податке, применио адекватне математичко-статистичке методе за анализу и процену добијених резултата. Истраживања која су била предмет ове тезе су дала резултате који пружају нова сазнања у области инкапсулације прехранбених адитива. Прехрамбени адитиви а пре свега ароме представљају значајне компоненте прехранбених производа, пре свега са аспекта сензорних својстава производа. Резултати истраживања која су реализована у склопу ове тезе су показала да се процесом инкапсулације арома у алгинату, поливинил алкохолу и карнауба воску могу добити инкапсулати који додатно побољшавају пре свега термичка својства инкапсулисаних арома. Кандидат је показао да се применом наведених метода инкапсулације, а пре свега електростатичке екструзије могу добити инкапсулати у широком опсегу величина. Поред тога, резултати истраживања који су приказани у овом раду су показали да је могуће добити инкапсулате који могу бити како у облику честица тако и у облику влакана односно компактних филмова. Резултати указују да процес инкапсулације не утиче значајније на хемијска својства арома. У раду су коришћени материјали носача који су прихватљиви са аспекта прехранбене технологије. Резултати остварени у овом раду



допринеће бољем разумевању процеса инкапсулације и њене примене у прехранбеној технологији. Дисертација је урађена у свему према одобреној пријави теме и представља оригинално и самостално научно дело, чиме су се стекли услови за јавну одбрану.

На основу свега изнетог, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију дипл. инж. Стеве М. Левића „ИНКАПСУЛАЦИЈА АРОМА У КАРНАУБА ВОСКУ, АЛГИНАТУ И ПОЛИВИНИЛ-АЛКОХОЛУ“, и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену и омогући кандидату јавну одбрану.

Чланови комисије:

др Виктор Недовић, редовни професор  
(Ужа научна област Биохемија)  
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет

др Малиша Антић, ванредни професор  
(Ужа научна област Хемија)  
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет

др Бранко Бугарски, редовни професор  
(Ужа научна област Хемијско инжењерство)  
Универзитет у Београду-Технолошко-металуршки факултет

др Верица Ђорђевић, научни сарадник  
(Ужа научна област Хемијско инжењерство)  
Универзитет у Београду-Технолошко-металуршки факултет

др Владимир Павловић, редовни професор  
(Ужа научна област Физика)  
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет

**Прилог:**

Рад Стеве М. Левића, дипл. инж., објављен у научном часопису који је на SCI листи:

**Levic, S., Djordjevic, V., Rajic, N., Miliwojevic, M., Bugarski, B., Nedovic, V. (2013):** Entrapment of ethyl vanillin in calcium alginate and calcium alginate/poly(vinyl alcohol) beads, *Chemical Papers*, 67 (2), 221-228. DOI 10.2478/s11696-012-0260-1