

## ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p><b>17.01.2014. год., Наставно-научно веће Технолошког факултета у Новом Саду</b></p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– <b>др Кирил Лисичков</b>, ванредни професор, Хемијско инжењерство, изабран 25.12.2009. године, Технолошко-металуршки факултет у Скопљу, члан</li><li>– <b>др Сенка Видовић</b>, доцент, Фармацеутско инжењерство, изабрана 05.09.2012. године, Технолошки факултет у Новом Саду, члан</li><li>– <b>др Зоран Зековић</b>, редовни професор, Фармацеутске технологије, изабран 19.02.2009. године, Технолошки факултет у Новом Саду, ментор</li></ul>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p><b>Снежана, Ђорђе, Филип</b></p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p><b>29.11.1967. год., Зрењанин, Србија</b></p>
<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p>
<p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p>
<p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p><b>Хемијски факултет, Универзитета у Београду, Хемијско испитивање липидних и флавоноидних фракција екстракта плода маклуре (<i>Maclura Pomifera</i>), биохемија, 14.05.2001. године.</b></p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: <b>Биохемија</b></p>

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Екстракција босиљка (*Ocimum basilicum*, *Lamiaceae*) угљендиоксидом у суперкритичном стању и моделовање екстракционог система**

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација се састоји из 7 поглавља написаних на 123 странице, са 30 табела и 35 слике. Кључна документација са изводом на српском и енглеском језику дата је на почетку докторске дисертације.

Списак поглавља:

1. Увод (стр. 1-3)
2. Општи део (стр. 3-48, 6 поглавља, 19 слика, 10 табела)
3. Резултати и дискусија (стр. 49-82, 7 поглавља, 13 слика, 18 табела)
4. Експериментални део (стр. 83-92, 9 поглавља, 3 слика, 2 табела)
5. Закључци (стр. 93-95)
6. Литература (стр. 96-106)
7. Прилози (стр. 107-123)

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У **Уводном делу** докторске дисертације наведено је да природни производи биљака налазе широку примену у производњи дијететски суплемената, који поред задовољавајућих нутритивних својстава испољавају одређене фармаколошке и физиолошке ефекте на здравље људи. Захваљујући савременим технологијама прераде лековитог биља, обезбеђено је максимално искоришћење биљне сировине и добијање производа стандардизованог квалитета. Посебан нагласак дат је екстракцији флуидима у суперкритичном стању која се интензивно примењује у прехранбеној, фармацеутској и козметичкој индустрији.

На крају овог дела дати су циљеви и сврха истраживања екстракције босиљка (*Ocimum basilicum*, *Lamiaceae*) угљендиоксидом у суперкритичном стању и моделовања екстракционог система.

**Општи део** докторске дисертације обухвата теоријске основе у шест потпоглавља (целина), које се односе на: морфолошке карактеристике и таксономију босиљка, хемијски састав етарског уља, дејство и употребу етарског уља и хербе босиљка. На основу прегледа досадашњих литературних истраживања указано је на значај и актуелност ове широко распрострањене ароматичне биљне врсте.

Посебан нагласак дат је екстракцији флуидима у суперкритичном стању, њиховим карактеристикама, предностима и недостацима. Екстракција угљендиоксидом у суперкритичном стању пружа широке могућности у изоловању високовредних биолошки активних компонената из биљних сировина. Екстракција се изводи на умереним температурама, што погодује изоловању термолабилних и лако испарљивих супстанци, а примењени екстрагенс (CO<sub>2</sub>) има ознаку ГРАС (*eng. Generally recognized as safe*). Овим поступком омогућена је висока селективност и регулисање састава и приноса добијених екстраката.

У поглављу који се односи на математичко моделовање, детаљно су описане теоријске основе математичких модела који се користе за квантитативно описивање кинетике суперкритичне екстракције. Математичко моделовање у процесима суперкритичне екстракције има важну улогу с обзиром на то да омогућава релативно брзо процењивање утицаја различитих процесних вредности на излазне параметре процеса уз смањење броја потребних експерименталних података. Математички модели, такође, омогућавају предвиђање сложених процеса и пројектовање комерцијалне индустријске опреме.

У поглављу везаном за антиоксиданте и антиоксидативно деловање дате су теоријске основе о антиоксидантима и механизму антиоксидативног деловања фенолних једињења.

У поглављу **Резултати и дискусија** су приказани резултати и дискусија резултата до којих се дошло у овој докторској дисертацији. Резултати су прегледно дати у табелама и приказани на сликама, а дискусија резултата је јасна и прецизна. Приказ резултата прати задати циљ истраживања у оквиру ове докторске дисертације.

Први резултати односе се на испитивање особина полазног материјала и припрему узорка за екстракцију. Хидродестилацијом босиљка одређен је садржај етарског уља, а Soxhlet екстракцијом применом метилен-хлорида је одређен садржај укупних екстрактивних материја. Квалитативном и квантитативном анализом (GC/MS и GC/FID) етарског уља и екстракта босиљка одређен је хемијски састав и садржај детектованих компонената.

Суперкритичном екстракцијом уз варирање параметара процеса (температура, притисак, тј. густина екстрагенса) испитана је кинетика екстракције и принос издвојених тоталних екстраката. Сукцесивном екстракцијом (фракционисањем), варирањем услова екстракције, такође, је испитивана кинетика екстракције уз праћење приноса издвојених фракција. Применом две аналитичке методе, гасне хроматографије са масеном спектрометријом (GC/MS) и гасне хроматографије са пламено јонизујућим детектором (GC/FID) одређен је хемијски састав добијених екстраката. Резултати анализе CO<sub>2</sub> екстраката показују да су производи сложене смеше етарског уља и других екстрахованих липофилних компонената.

Применом методе одзивне површине (RSM) одређени су најповољнији услови суперкритичне екстракције у циљу добијања максималног приноса екстракције и највећег садржаја линалоола.

Математичким моделовањем испитиваног екстракционог система применом три модела (Kandiah и Spiro, Brunner, и Esquivel и сар.) одређени су параметри испитиваних модела у циљу најбољег слагања модела са експерименталним подацима.

На крају истраживања, у оквиру докторске дисертације, испитано је антиоксидативно деловање етарског уља и екстраката босиљка праћењем способности неутрализације слободних радикала.

**Експериментални део** докторске дисертације обухвата опис материјала, уређаја и метода примењених у експерименталним испитивањима. Описани су поступци хидродестилације, Soxhlet екстракције и екстракције суперкритичним угљендиоксидом. Такође, описане су хроматографске и спектофотометријске методе за одређивање састава екстраката и етарског уља, као и њихова антиоксидативна активност.

У поглављу **Закључци** налазе се сумирани резултати проистекли из истраживања у оквиру ове докторске дисертације.

**Литература** садржи 136 референци поређаних по алфавитном реду, које су коришћене током израде докторске дисертације.

У **Прилогу** су дате слике које нису приказане у поглављу Резултати и дискусија и значајније табеле.

## **I СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

**Filip Snežana**, Vidović Senka, Adamović Dušan, Zeković Zoran: Fractionation of non-polar compounds of basil (*Ocimum basilicum* L.) by supercritical fluid extraction (SFE). The Journal of Supercritical Fluids 86, 85-90 (2014). **M 21**

**Филип Снежана**, Видовић Сенка, Зековић Зоран, Владић Јелена, Адамовић Душан: Хемијски састав етарског уља и екстраката босиљка (*Ocimum basilicum* L.) добијених суперкритичном екстракцијом. 20. Научно-стручни скуп Производња и пласман лековитог, зачинског и ароматичног биља. Бачки Петровац, 4. октобар 2013., Изводи радова, стр. 22 (2013). **M 64**

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У оквиру ове докторске дисертације проучавана је екстракција и екстракти босиљка (*O. basilicum* L.). Добијени резултати могу се сумирати кроз следеће закључке:

- Хидродестилацијом босиљка одређен је садржај етарског уља који се налази у границама које

су наведене у литератури. Резултати испитивања хемијског састава етарског уља *Ocimum basilicum* L. показују да оно припада линалоолском хемотипу (хемотип А) који је карактеристичан за Европско подручје, а карактерише се најбољим квалитетом и аромом.

- Екстракција босиљка метилен-хлоридом уз повремено испуштање екстракта (Soxhlet екстракција) дала је принос који је три пута већи од садржаја етарског уља босиљка. Резултати хроматографске анализе тоталног екстракта показују да се овим поступком екстракције, осим етарског уља екстрахују готово све присутне липидне компоненте и биљни пигменти.

- Суперкритичном екстракцијом босиљка варирањем услова екстракције, температуре од 40 до 60°C и притиска од 100 до 300 бар, највећи принос екстракције се остварује при температури од 60°C и притиску од 300 бар. У добијеним екстрактима босиљка, применом GC/MS и GC/FID методе утврђено је да су доминантне компоненте линалоол, еугенол и δ-кадинен.

- Фракционисање помоћу угљендиоксида у суперкритичном стању омогућује да се одабиром екстракционих услова температуре и притиска, односно густине екстрагенса, може утицати на селективност суперкритичне екстракције, а сам тим и на састав добијеног екстракта. На овај начин се могу креирати природни производи на бази босиљка према жељеној намери.

- Математичким моделовањем екстракционог система, одабраним модел једначинама, остварени су резултати на основу којих се може извршити планирање и пренос поступка екстракције са лабораторијског на полуиндустријски, односно индустријски ниво (scale-up).

- Испитивања квалитета добијених екстраката и етарског уља показују да највећу антиоксидативну активност има екстракт босиљка добијен sukcesивном (фракционом) екстракцијом на 100 бар и 60°C. Високо антиоксидативно деловање овог екстракта је последица релативно великог садржаја линалоола као једне од компонента са најснажнијим антиоксидативним дејством.

- Испитивањем је закључено да екстракти добијени суперкритичном екстракцијом представљају високовредене производе за прехранбену, фармацеутску и козметичку индустрију.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати испитивања у оквиру ове докторске дисертације систематично и прегледно су дати у табелама и приказани графицима и сликама. Детаљним тумачењем резултата и њиховим упоређивањем са резултатима других аутора објављених у научној литератури изведени су одређени закључци који се односе на суперкритичну екстракцију босиљка и моделовање екстракционог система.

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

2. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
**Докторска дисертација написана је у потпуности у складу са образложењем наведеним у пријави теме доктората.**

3. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
**Докторска дисертација садржи све битне елементе.**

4. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

**У оквиру ове докторске дисертације систематичним приступом извршена је екстракција хербе босиљка. На основу добијених резултата утврђена је широка могућност примене екстракта босиљка као природног антиоксиданта и конзерванса значајног како у прехранбеној, тако и у козметичкој и фармацеутској индустрији. Осим тога, резултати истраживања пружају могућност примене екстракта босиљка у фитопрепаратима и интензивнију употребу ове широко распрострањене и гајене лековите и ароматичне биљке.**

**Резултати моделовања екстракције, такође, доприносе бољем разумевању феномена преноса масе у савременом сепарационом поступку какав је суперкритична екстракција.**

5. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
**Недостаци дисертације нису уочени.**

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, Комисија констатује да је докторска дисертација мр Снежане Филип, у потпуности остварила постављене циљеве истраживања. Свеобухватан истраживачки рад у домену екстракције босиљка, аналитички приступ решавању проблема, примена савремених инструменталних метода и детаљан увид у друга научна истраживања објављена у литератури су неке од карактеристика овог рада.

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под називом „Екстракција босиљка (*Ocimum basilicum*, *Lamiaceae*) угљендиоксидом у суперкритичном стању и моделовање екстракционог система“, кандидата мр Снежане Филип и предлаже да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Кирил Лисичков, ванредни професор,  
Технолошко-металуршки факултет Скопље

др Сенка Видовић, доцент,  
Технолошки факултет у Новом Саду

др Зоран Зековић, редовни професор,  
Технолошки факултет у Новом Саду