

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ- ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ  
НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ**

**Предмет:** Извештај о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације мастер хемичара Мирјане Мосић

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета Универзитета у Београду, одржаној 08.06.2021. године, одређени смо у Комисију за подношење извештаја о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације мастер хемичара **Мирјане Мосић**, под насловом:

**„Упоредна анализа полифенолног састава, антиоксидативне и антимицробне активности пчелињег полена и мешавина полена и меда“**

На основу поднете документације и увида у досадашњи рад **Мирјане Мосић**, Комисија подноси Наставно-научном већу Хемијског факултета следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**А. Биографски подаци о кандидату**

Мирјана Д. Мосић (рођ. Станковић) рођена је 03.02.1985. године у Лесковцу, Република Србија. Основу школу и гимназију завршила је у Лебану. Основне академске студије на студијском програму Дипломирани хемичар на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2004/05. године. Дипломирала је на Катедри за аналитичку хемију јула 2011. године са просечном оценом 8,10 и оценом 10 на дипломском раду, код ментора др Душанке Милојковић-Опсенице, редовног професора Хемијског факултета Универзитета у Београду, чиме је стекла звање дипломирани хемичар. Мастер академске студије на студијском програму „Хемија“ на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2011/12. године, код ментора др Душанке Милојковић-Опсенице, редовног професора Хемијског факултета. Мастер рад под насловом „Анализа полифенолних супстанци из полена медоносних биљака“ одбранила је у јуну 2012. године, са оценом 10 и стекла звање мастер хемичар. Докторске академске студије на студијском програму „Хемија“ при Катедри за Аналитичку хемију Хемијског факултета Универзитета у Београду, уписала је школске 2012/13. године.

Од октобра 2012. године запослена је на Хемијском факултету Универзитета у Београду као стручно-технички сарадник за рад у лабораторијама.

Од априла 2020. је ангажована у *InovaLab* – акредитованој лабораторији Иновационог центра Хемијског факултета у Београду као Аналитичар.

Септембра 2020. године изабрана је у звање истраживач-приправник.

У досадашњем научно-истраживачком раду Мирјана Мосић је била ангажована као истраживач на пројектима:

- НФ-2016-16 (Унапређење истраживачких капацитета за поуздану потврду аутентичности пчелињих производа), билатерални пројекат – Србија - Словенија

- HF-2016-15 (Јачање билатералних институција у циљу постизања водећих центара за одређивање аутентичности пчелињих производа), билатерални пројекат - Србија - Хрватска.

Члан је Српског хемијског друштва.

## **Б. Објављени научни радови и саопштења**

Мирјана Мосић је коаутор три научна рада публикована у међународним часописима и то једног рада у врхунском међународном часопису (M21), два рада у међународним часописима (M23) као и једног саопштења на скупу националног значаја (M64).

Целокупна библиографија кандидаткиње, категорисана према критеријумима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, дата је у прилогу.

## **В. Образложење теме**

1. **Научна област:** Хемија - Аналитичка хемија

### **2. Предмет рада**

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је одређивање полифенолног профила, антиоксидативне и антимикробне активности узорака полифлоралног пчелињег полена из различитих региона Србије као и мешавина датих узорака пчелињег полена са три комерцијално најзначајније врсте меда: полифлоралим (ливадским) медом и медом од багрема и сунцокрета. С обзиром да фитохемијски састав полена и других пчелињих производа одређује њихову биолошку активност, посебна пажња ће бити посвећена карактеризацији мешавина меда и пчелињег полена у различитим односима, који се традиционално користе као природни препарати за јачање имунитета а чији су састав, антиоксидативна и антимикробна својства недовољно дефинисани.

### **3. Научни циљ истраживања**

Пчелињи полен, као природни производ богат хранљивим супстанцама и различитим биоактивним једињењима, све је популарнији међу потрошачима. Међутим, у Европи тренутно не постоји документ о стандардима квалитета пчелињег полена ни одговарајућих апитерапијских препарата. С обзиром да полифенолна једињења у великој мери одређују биолошку активност пчелињег полена, истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухватиће одређивање полифенолног профила, оптимизацију поступака екстракције, хроматографског раздвајања и идентификације пре свега флавоноида који се у полену налазе у облику гликозида. У досадашњим истраживањима за одређивање полифенолног профила биљних екстраката и других природних производа примењивана је нормално-фазна високо-ефикасна танкослојна хроматографија, где се као компоненте мобилне фазе користе органски растварачи као што су дихлорметан и *n*-хексан [1]. Насупрот томе, у

оквиру ове дисертације. предвиђен је развој и примена методе реверзно-фазне високо-ефикасне танкослојне хроматографије, као еколошки прихватљивије, с обзиром да се од органских растварача планира употреба етанола као компоненте мобилне фазе. Поред тога, планирана је и упоредна анализа полифенолног профила пчелињег полена, меда и препарата који представљају мешавину полена и меда у различитим односима, као и њихове антиоксидативне и антимикуробне активности. Процена утицаја пчелињег полена на биолошку активност ових препарата, који су све присутнији на тржишту, је такође један од циљева ове дисертације јер у расположивој литератури нема података о таквим испитивањима. Дефинисање специфичног полифенолног профила испитиваних узорака применом савремених аналитичких техника у комбинацији са хеометријским методама значајно је са аспекта оцене њихових биолошких својстава али такође и за процену њиховог биљног и географског порекла што као крајњи циљ има унапређење метода анализе хране.

#### 4. Методе истраживања

У складу са циљевима рада, планирана је употреба следећих метода:

- чврсто-течна екстракција (*Solid-Phase Extraction, SPE*) за концентровање полифенолне фракције добијене ултразвучном екстракцијом узорака.
- високо-ефикасна танкослојна хроматографија у циљу одређивања полифенолног профила узорака пчелињег полена и смеша пчелињег полена и меда
- ултра-високоефикасна течна хроматографија са хибридним масеним детектором високе резолуције који комбинује линеарни трап-квадрупол и орбитрап масени анализатор (*UHPLC-LTQ OrbiTrap XL*) у циљу раздвајања и идентификације гликозида флавоноида из екстраката узорака пчелињег полена
- спектофотометријски тестови за прелиминарно одређивање антиоксидативног капацитета и садржаја укупних полифенолних једињења (*Folin-Ciocalteu* тест за одређивање садржаја укупних фенолних једињења и DPPH• тест за одређивање антиоксидативног капацитета)
- биоаутографија у циљу одређивања антимикуробног дејства и идентификације компонената узорака одговорних за ово дејство
- методе мултиваријантне хеометријске анализе (анализа главних компонената, кластерска анализа и друге) у циљу класификације узорака и идентификације најзначајнијих фактора одговорних за припадност одређеној групи.

#### 5. Актуелност проблематике

Нездрава исхрана, загађење животне средине и стрес доприносе формирању слободних радикала у ћелијама, што може довести до разних поремећаја метаболизма, развоја кардиоваскуларних и неуродегенеративних болести и канцера. Расте свест људи о бенефитима природне функционалне хране богате не само есенцијалним нутријентима већ и биолошки активним једињењима која доприносе побољшању општег здравља. Пчелињи полен је природни производ са свим овим карактеристикама. Грануле, различитих боја, које пчеле формирају слепљујући полен (цветни прах) помоћу нектара и сопствених

специфичних излучевина, дефинишу се као пчелињи полен. Садржи есенцијалне хранљиве супстанце у високим концентрацијама као и природне антиоксидансе тако да испољава широк спектар биолошких дејстава (антиоксидативно, антимикубно, антиканцерогено, хепатопротективно). Носиоци антиоксидативне активности пчелињег полена су фенолна једињења од којих су најзаступљеније фенолне киселине, као и флавоноиди и њихови гликозиди. Ова једињења такође утичу на боју гранула и дају пчелињем полену карактеристичан горак укус. Полифенолни састав пчелињег полена варира у зависности од биљног и географског порекла, састава земљишта, као и годишњег доба прикупљања, тако да је утврђивање фенолног профила важно за карактеризацију и дефинисање његовог квалитета, односно његове биолошке активности [2]. Спроведене су бројне студије за карактеризацију полена различитог биљног порекла из различитих региона земаља попут Бразила, Кине, Грчке, Индије, Португалије, Румуније, Шпаније, Јужне Африке, Саудијске Арабије. Пчелињи полен је законом признат као додатак исхрани у Аргентини, Бразилу и Швајцарској, где су званично установљени стандарди његовог физичко-хемијског и микробиолошког квалитета. Да би се пчелињи полен могао користити у терапији потребна су опсежна истраживања али је несумњиво привлачан ресурс на пољу алтернативних лекова, у толикој мери да је у Немачкој пчелињи полен званично признат као лек [3].

Последњих година расте тренд производње намирница које укључују комбинацију различитих природних производа како би потрошачи од њих добили максималну корист. Обогаћивање меда пчелињим поленом може представљати врло ефикасан начин увођења пчелињег полена у људску исхрану [4]. Мед, као хранљива намирница слатког укуса, ублажава горак укус пчелињег полена а такође му може продужити рок трајања захваљујући комплексном хемијском саставу који меду даје капацитет конзерванса [5]. Смеше овог типа присутне су и на српском тржишту. Такође, треба нагласити да је на тржишту углавном присутан полифлорални пчелињи полен (састављен је од зрна полена из различитих биљних извора, где ниједан од њих није доминантан). Упоредном анализом узорака монофлоралног и полифлоралног пчелињег полена доказано је да узорци полифлоралног пчелињег полена испољавају највишу антиоксидативну и антимикубну активност [1]. У литератури је до сада описано одређивање полифенолног профила и антиоксидативне активности узорка монофлоралног (сунцокретовог) пчелињег полена из Србије [6]. Насупрот томе, у оквиру ове дисертације планирано је испитивање већег броја узорака полифлоралног пчелињег полена као и смеша пчелињег полена и меда, што би требало да обезбеди довољно информација за процену биолошке активности ових узорака и утврђивање параметара квалитета с обзиром на њихову све већу присутност на тржишту.

## **6. Очекивани резултати**

Кандидаткиња Мирјана Мосић ће у оквиру своје докторске дисертације испитати полифенолни састав, антиоксидативна и антимикубна својства узорака пчелињег полена и смеша пчелињег полена и меда из различитих региона Србије. Посебна пажња ће бити посвећена идентификацији специфичних флавоноида у облику гликозида применом ултра-високо ефикасне течне хроматографије са хибридним масеним детектором високе резолуције. Такође се очекује да ће специфични полифенолни профил узорака добијен

високо-ефикасном танкослојном хроматографијом омогућити груписање узорака на основу биљног порекла. Антиоксидативним и антимикуробним тестовима ће бити одређена биолошка активност узорака. Мултиваријантне хеометријске методе ће бити примењене за класификацију узорака као и идентификацију појединих параметара битних за припадност одређеној групи. Крајњи циљ је да се допринесе развоју аналитичких процедура и успостављању стандарда квалитета пчелињег полена и препарата на бази пчелињег полена и меда.

## 7. Литература

1 G. Alimoglu, E. Guzelmeric, P. Isil Yuksel, C. Celik , I. Deniz, E. Yesilada (2021). Monofloral and polyfloral bee pollens: Comparative evaluation of their phenolics and bioactivity profiles, LWT- Food Science and Technology, 142, 110973. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110973>

2 B. Denisow, M. Denisow-Pietrzyk (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review, Journal of the Science of Food and Agriculture, 96, 4303–4309. DOI:[10.1002/jsfa.7729](https://doi.org/10.1002/jsfa.7729)

3 M. Thakur, V. Nanda (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review, Trends in Food Science & Technology, 98, 82-106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>

4 D. Özkök, S. Silici (2017). Antioxidant activities of honeybee products and their mixtures, Food Science Biotechnology, 26(1), 201-206. doi:10.1007/s10068-017-0027-0

5 C. Habryka, R. Socha, L. Juszczak (2021). Effect of Bee Pollen Addition on the Polyphenol Content, Antioxidant Activity, and Quality Parameters of Honey, Antioxidants, 10, 810. <https://doi.org/10.3390/antiox10050810>

6 A. Kostić, D. Milinčić, U. Gašić, N. Nedić, S. Stanojević, Ž. Tešić, M. Pešić (2019). Polyphenolic profile and antioxidant properties of bee-collected pollen from sunflower (*Helianthus annuus* L.) plant, LWT- Food Science and Technology, 112, 108244. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.06.011>

## Г. Закључак

На основу свих елемената изложених у овом Извештају Комисија сматра да се истраживања планирана у овом раду уклапају у савремене токове аналитичке хемије и да ће пружити значајан допринос примени течно-масене и танкослојне хроматографије као врло ефикасних метода у анализи полифенолног профила сложених узорака природних производа. Очекује се да добијени резултати дају оригиналан допринос у хемијској карактеризацији специфичних биомаркера пчелињег полена, што може бити искоришћено за класификацију узорака на основу њиховог биљног и географског порекла, процене биолошке активности узорака као и у дефинисању критеријума квалитета пчелињег полена и мешавина пчелињег полена и меда као функционалне хране.

Сагласно Закону о високом образовању и Статуту Хемијског факултета, Комисија сматра да кандидаткиња Мирјана Мосић, студент докторских студија, испуњава све потребне услове за одобравање израде докторске дисертације. На основу тога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Хемијског факултета да Мирјани Мосић, мастер хемичару, одобри израду докторске дисертације под насловом:

**„Упоредна анализа полифенолног састава, антиоксидативне и антимикробне активности пчелињег полена и мешавина полена и меда“**

За ментора се предлаже др Душанка Милојковић-Опсеница, редовни професор Универзитета у Београду - Хемијског факултета. Списак радова предложеног ментора из којег се може видети да испуњава услове из Стандарда за акредитацију студијских програма докторских студија дат је у **Прилогу**.

У Београду, 04.10.2021.

**Чланови Комисије:**



др Душанка Милојковић Опсеница, редовни професор  
Универзитет у Београду - Хемијски факултет



др Јелена Трифковић, ванредни професор  
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

др Петар Ристивојевић, доцент  
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

др Славиша Станковић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

**Прилог: Библиографија кандидата, категорисана према критеријумима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије  
Радо објављен у врхунском међународном часопису (M21):**

1) **Mosić, M.**, Trifković, J., Vovk, I., Gašić, U., Tešić, Ž., Šikoparija, B., Milojković-Opsenica, D. Phenolic Composition Influences the Health-Promoting Potential of Bee-Pollen. *Biomolecules* (2019), 9(12), 783-797. doi: 10.3390/biom9120783.

**Радови објављени међународним часописима (M23):**

1) **Mosić M.**, Dramićanin A., Ristivojević P., Milojković-Opsenica D. Extraction as a critical step in phytochemical analysis. *Journal of AOAC International* (2019), 103(2), 365–372. doi: 10.5740/jaoacint.19-0251.

2) Kostić A., Pešić M., **Mosić M.**, Dojčinović B., Natić M., Trifković J. Mineral content of bee pollen from Serbia. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju* (2015), 66, 251-258. doi: 10.1515/aiht-2015-66-2630.

**Сопштења са научних скупова националног значаја штампана у изводу (M64):**

1) **Stanković M.**, Trifković J., Andrić F., Nedić N., Tešić Ž., Milojković-Opsenica D. Determination of polyphenolic compounds in bee pollen from Serbia by UPLC-LTQ-orbitrap MS-MS. *50th Meeting of the Serbian Chemical Society, Belgrade, Serbia* (2012), Book of Abstracts P16, ISBN 978-86-7132-048-1.

**Прилог: Изабрани радови предложеног ментора др Душанке Милојковић-Опсенице**

1. Cvijetić I., Bigović M., Ristivojević P., Vitorović-Todorović M., Zloh M., Milojković-Opsenica D., DFT study of the radical scavenging activity of isoxanthohumol, humulones ( $\alpha$ -acids), and iso- $\alpha$ -acids from beer, *Structural Chemistry*, 32(5), 2021, 2051-2059.
2. P. Ristivojević, J. Trifković, F. Andrić, D. Milojković-Opsenica, Recent trends in image evaluation of HPTLC chromatograms, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 43(9-10), 2020, 291-299.
3. V.L. Bilić, U. Gašić, D. Milojković-Opsenica, I. Nemet, S. Rončević, I. Kosalec, I. and J.V. Rodriguez, First Extensive Polyphenolic Profile of *Erodium cicutarium* with Novel Insights to Elemental Composition and Antioxidant Activity. *Chemistry & Biodiversity*, 17(9), 2020, p.e2000280.
4. T. Pavlović, I. Dimkić, S. Andrić, D. Milojković-Opsenica, S. Stanković, P. Janačković, M. Gavrilović, P. Ristivojević, Linden tea from Serbia – an insight into the phenolic profile, radical scavenging and antimicrobial activities, *Industrial Crops and Products*, 2020, 154, 112639.
5. Petar M. Ristivojević, Ammar Tahir, Fabian Malfent, Dušanka Milojković-Opsenica, Judith M. Rollinger, High-performance thin-layer chromatography/bioautography and liquid chromatography-mass spectrometry hyphenated with chemometrics for the quality assessment of *Morus alba* samples, *Journal of Chromatography A*, 1594, 2019, 190–198.