

Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Наставно-научно веће

Предмет: Извештај Комисије за преглед и оцену докторске дисертације **Милице С. Јоветић (рођ. Познанић)**, дипломираног хемичара за истраживање и развој, спец. санитарне хемије

На редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Хемијског факултета, одржаној 12. јула 2018. године, одређени смо у Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације **Милице С. Јоветић (рођ. Познанић)**, дипломираног хемичара за истраживање и развој, спец. санитарне хемије, пријављене под називом: „Садржај елемената као показатељ аутентичности меда”. На основу прегледане дисертације подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација **Милице Јоветић** под наведеним насловом написана је на 117 страна формата А4, проред 1,5. Садржи 7 слика и 22 табеле (од тога 4 у Прилогу). Рад обухвата следећа поглавља: 1. Увод (3 стране), 2. Теоријски део (28 страна), 3. Експериментални део (11 страна), 4. Наши радови (35 страна), 5. Закључак (2 стране), 6. Литература (20 страна, 173 цитата), 7. Прилог (14 страна), 8. Биографија (4 стране). Поред наведеног, теза садржи извод на српском (2 стране) и енглеском језику (2 стране), садржај (2 стране), и захвалницу (1 страна).

У **Уводу** је дат кратак приказ актуелности теме и описан је предмет истраживања ове докторске дисертације.

У поглављу **Теоријски део** кандидат укратко наводи опште податке о саставу, нутритивним и терапијским својствима меда, као и о класификацији меда према пореклу и аналитичким поступцима за утврђивање његове аутентичности – класичним приступом и применом савремених аналитичких метода за испитивање одређених

хемијских маркера, у комбинацији са неком од хеометријских техника за обраду добијених резултата. Дат је кратак преглед потенцијалних маркера аутентичности меда и аналитичких техника за њихово одређивање, са акцентом на садржај минерала као показатељ ботаничког и географског порекла меда. Такође, у овом поглављу су наведени и неки од основних физичко-хемијских параметара квалитета меда, чије одређивање даје додатну потпору процени његове аутентичности.

Поред параметара на основу којих се утврђује ботаничко и географско порекло меда, у овом поглављу је дат и преглед најчешћих контаминената меда (токсичних метала, полицикличних ароматичних угљоводоника (ПАН) и пестицида) и начинима на које долази до контаминације меда и других пчелињих производа. Кандидат се осврнуо и на проблем нестанка пчелињих друштава широм света, последица које због тога могу настати и активности које се спроводе у циљу сузбијања те појаве.

Експериментални део садржи детаљан опис узорака и експерименталних процедура, као и техника за статистичку обраду резултата, коришћених у оквиру ове докторске дисертације.

Поглавље **Наши радови** обухвата две целине, у којима кандидат систематски износи резултате својих истраживања уз приказ одговарајућих графикана и табела. У првом делу су приказани резултати везани за процену аутентичности са аспекта ботаничког и географског порекла монофлоралних врста меда:

- 1) резултати одређивања садржаја дванаест минерала и метала у траговима (K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Cd, Cr и Ni) у пет ботаничких врста меда са територије Србије (мед од багрема, липе, сунцокрета, уљане репице и босиљка), применом индуктивно спрегнуте плазме – оптичке емисионе спектрометрије (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, ICP-OES),
- 2) резултати анализе неких од основних физичко-хемијских параметара (садржај воде, слободна киселост, рН вредност, специфична оптичка ротација и електрична провољивост) у меду од босиљка, веома реткој врсти меда, о чијем саставу и квалитету готово да нема података у расположивој литератури,
- 3) критеријуми који су на основу садржаја минерала и метала у траговима и применом хеометријских техника (Kruskal-Wallis-ов тест, анализа главних компонената (Principal Components Analysis, PCA), метода делимичних најмањих квадрата са дискриминантном анализом (Partial Least Square – Discriminant Analysis, PLS-DA)) успостављени за класификацију и

диференцијацију узорака меда од багрема, сунцокрета и липе према ботаничком пореклу,

- 4) критеријуми који би се на основу елементалног састава и применом хеометријских техника (РСА) у узорцима најзаступљеније врсте – меда од багрема, могли успоставити у циљу одређивања његовог регионалног порекла.

Резултати за садржај појединачних елемената у испитаним узорцима меда добијени у овом делу упоређени су са сличним студијама спроведеним последњих година у европским земљама, пре свега суседним као што су Хрватска, Мађарска, Бугарска и Румунија.

У другом делу овог поглавља представљени су резултати одређивања неких од потенцијалних контаминената (токсичних метала, ПАХ и пестицида) у тзв. „урбаном” меду, као и полену из искључиво градске средине:

- 1) резултати анализе неких од основних физичко-хемијских параметара (садржај воде, слободна киселост, специфична оптичка ротација и електрична проводљивост) тзв. „урбаног” меда
- 2) резултати одређивања садржаја десет метала (Pb, Cd, As, Cu, Zn, Fe, Hg, Mn, Ni и Cr) у узорцима меда, полена и цветног нектара, применом индуктивно спрегнуте плазме – масене спектрометрије (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS),
- 3) резултати одређивања петнаест ПАХ у узорцима меда и полена, применом високоефикасне течне хроматографије са флуоресцентном детекцијом (High-performance Liquid Chromatography Fluorescence Detector, HPLC-FLD),
- 4) резултати одређивања остатака 123 пестицида у узорцима меда и полена, применом гасне хроматографије са масеном спектрометријом (Gas Chromatography Mass Spectrometry, GC-MS)

Добијени резултати се у овом делу коментаришу и тумаче у контексту постојеће научне литературе која се бави сличном проблематиком.

У **Закључку** су сумирани и прокоментарисани резултати добијени у оквиру докторске дисертације и изведени закључци истраживања.

У **Литератури** су наведени цитирани радови из области истраживања.

Прилог садржи додатне експерименталне податке добијене у оквиру истраживања описаних у поглављу **Наши радови**.

Б. Кратак опис постигнутих резултата

Резултати презентовани у оквиру ове дисертације су још један допринос систематском проучавању српског монофлоралног меда, као и један од првих увида у безбедност и квалитет меда из урбане средине. Такође, у оквиру ове дисертације је са аспекта садржаја минерала и основних физичко-хемијских параметара окарактерисан мед од босиљка као ретка врста монофлоралног меда о чијем саставу и параметрима квалитета нема података у доступној литератури. Добијене су основне информације о садржају дванаест макроелемената, микроелемената и елемената у траговима у пет различитих врста монофлоралног меда прикупљеног у различитим регионима Србије. Уочена је сличност у садржају најзаступљенијих минерала (К, Са, Mg и Na) за одговарајуће узорке меда, пореклом из суседних земаља. Установљени су минерални маркери за декларисање аутентичности три преовлађујуће врсте монофлоралног меда у Србији (багремовог, липовог и сунцокретовог) у смислу њиховог ботаничког порекла, применом хеометријских техника PCA и PLS-DA. Као најважнији дескриптори за дискриминацију између узорака ове три ботаничке врсте меда су дефинисани К, Са и Mg, са супротном значајношћу. За класификацију липовог меда највећи позитиван утицај има садржај калијума, док модел за сунцокретов мед указује на високе позитивне вредности регресионих коефицијената за калцијум и магнезијум, а негативне за калијум. Модел за багремов мед наглашава позитиван утицај микроелемената и елемената у траговима (Ni, Co, Cr и Cd), а супротан утицај калијума, калцијума и магнезијума. Процена географског порекла је, с обзиром на велики број узорака (162) урађена на багремовом меду. PCA модел за багремов мед је показао значајно преклапање података, што указује на то да садржај минерала у овој врсти меда зависи, пре свега, од саме биљне врсте и њене специфичне тенденције за биоакumulацију појединих елемената, а не од типа и састава земљишта. Овај закључак је додатно поткрепљен и врло сличним резултатима за багремов мед из суседних земаља. На основу резултата одређивања садржаја метала, PАН и остатака пестицида у узорцима „урбаног” меда оцењено је да су усаглашени са захтевима домаће и европске регулативе. Показано је да је производња квалитетног и здравствено безбедног меда у градској средини могућа, уз поштовање принципа добре пчеларске праксе. У узорцима полена, међутим, уочене су повећане концентрације живе и хрома, као и PАН – нафталена и фенантрена, што може бити последица

аерозагађења којем је полен изложен и указује на потребу за даљим истраживањима у овој области.

V. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Мед је једна од ретких природних, тј. непрерађених намирница, значајна због својих нутритивних и терапијских својстава и питање његове аутентичности је од великог значаја због честе појаве фалсификовања, али и због тога што мед, чије су карактеристике дефинисане и чија је аутентичност потврђена, достиже и одговарајућу цену и пласман на тржишту. Из тог, али и због захтевности и ограничења класичног приступа утврђивању аутентичности, последњих година се развијају софистициране инструменталне методе за одређивање неких од маркера аутентичности, које у комбинацији са хеометријским техникама служе за утврђивање аутентичности меда.

Резултати одређивања садржаја макро- и микроелемената, као и елемената у траговима, у циљу утврђивања ботаничког порекла три најзаступљеније врсте српског монофлоралног меда (мед од багрема, липе и сунцокрета) у оквиру ове дисертације, показали су да су, на основу обраде резултата помоћу PCA и PLS-DA, најважнији дескриптори за дискриминацију између узорака ове три ботаничке врсте меда K, Ca и Mg, са супротном значајношћу. На значајан утицај ова три елемента за раздвајање узорака меда према ботаничком пореклу указали су и Oroian и сарадници на основу минералног профила и применом мултиваријантне хеометријске анализе меда из Пољске (Oroian, M., Amariei, S., Leahu, A., & Gutt, G. (2015). Multi-element composition of honey as a suitable tool for its authenticity analysis. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65(2), 93-100.).

Покушај процене географског порекла је, с обзиром на велики број узорака (162) урађен на багремовом меду, међутим PCA модел за багремов мед је показао значајно преклапање података, те је закључак да садржај минерала зависи, пре свега, саме биљне врсте и њене специфичне тенденције за биоакумулацију, а не од типа и састава земљишта, што је додатно поткрепљено врло сличним резултатима за багремов мед из суседних земаља. Супротно резултатима из ове студије, хрватски аутори су на основу садржаја минерала у меду од багрема, из пет различитих региона, закључили да су алуминијум (регион Бјеловар-Билогора), гвожђе (региони

Бјеловар-Билогора и Истра), бакар (регион источна Хрватска) и калијум (регион Истра) типични маркери за багремов мед из наведених региона (Uršulin-Trstenjak, N., Levanić, D., Primorac, L., Bošnjir, J., Vahčić, N., & Šarić, G. (2015). Mineral Profile of Croatian Honey and Differences Due to its Geographical Origin. *Czech Journal of Food Science*, 33(2)).

С обзиром на релативно мали број радова који су се бавили квалитетом и безбедношћу, односно контаминентима меда пореклом из искључиво градске средине, резултати из ове дисертације се само до одређене мере могу поредити са до сада објављеним радовима. Садржаји токсичних елемената (Pb, Cd и As) су у испитаним узорцима меда били нижи од оних који су добијени у истраживањима меда из Хрватске (Bilandžić, N. et al. (2012). Lead content in multifloral honey from central Croatia over a three-year period. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 88(6), 985-989.; Bilandžić, N., Đokić, M., Sedak, M., Kolanović, B. S., Varenina, I., Končurat, A., & Rudan, N. (2011). Determination of trace elements in Croatian floral honey originating from different regions. *Food Chemistry*, 128(4), 1160-1164).

Резултати утврђени за садржај токсичних метала у полену кореспондирају са резултатима анализе полена из индустријске области у Пољској, осим што је садржај арсена у пољском полену био далеко већи (Roman, A., Popiela-Pleban, E., Migdał, P., & Kruszyński, W. (2016). As, Cr, Cd, and Pb in Bee Products from a Polish Industrialized Region. *Open Chemistry*, 14(1), 33-36).

Садржај бензо(а)пирена у узорцима меда и полена испитаним у оквиру ове дисертације је сличан резултатима презентованим за чешки (Batelková, P., Borkovcová, I., Čelechovská, O., Vorlová, L., & Bartáková, K. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbons and risk elements in honey from the South Moravian region (Czech Republic). *Acta Veterinaria Brno*, 81(2), 169-174) и пољски мед и полен (Ciemniak, A., Witczak, A., & Mocek, K. (2013). Assessment of honey contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 48(11), 993-998).

Г. Објављени радови и саопштења који чине део дисертације

1. Научни радови

1.1. Радови објављени у истакнутим међународним часописима (M22)

1.1.1. **Milica Jovetić**, Azra Redžepović, Nebojša Nedić, Denis Vojt, Slađana Đurđić, Ilija Brčeski, Dušanka M. Milojković-Opsenica, **Urban honey - the aspects of its safety**, *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology (Arhiv za higijenu rada i toksikologiju)*, 2018, У штампи, DOI: 10.2478/aiht-2018-69-3126

1.2. Радови објављени у часописима међународног значаја (M23)

1.2.1. **Jovetić Milica**, Trifković Jelena, Stanković Dalibor, Manojlović Dragan, Milojković-Opsenica Dušanka (2017). Mineral Content as a Tool for the Assessment of Honey Authenticity; *Journal of AOAC International*, 100(4), 862-870.

<https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0145>

1.2.2. Lazarević Kristina B., **Jovetić Milica S.**, Tešić Živoslav Lj. (2017).

Physicochemical Parameters as a Tool for the Assessment of Origin of Honey; *Journal of AOAC International*, 100(4), 840-851. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0143>

2. Саопштења са научних скупова

2.1. Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M 34)

2.1.1. Kristina Lazarević, **Jovetić S. Milica**, Andelković Ivan, Milojković-Opsenica Dušanka “Characterization of Serbian Monofloral Honey according to their Mineral Content Using ICP-OES“ . 4th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, Prague, Czech Republic, November 4st-6th, 2009, Book of Abstracts p.468, ISBN 978-80-7080-726-2

2.1.2. K. Lazarević, **M. Jovetić**, D. Milojković-Opsenica, F. Andrić, Ž. Tešić “Characterisation and Classification of Serbian Honey by Physicochemical Parameters”, the 2nd MoniQA International Conference Krakow June 8-10, 2010.

2.1.3. Kristina Lazarević, **Milica Jovetić**, Nebojša Nedić, Branko Šikoparija, “Characterisation of Lime tree honey from Serbia”, International Symposium on Bee Products, 3rd Edition Annual meeting of the International Honey Commission (IHC) Opatija, 2014, September 28 – October 1, 2014, Book of abstract p.78. ISBN 978-953-7957-26-1

2.1.4. **Milica Jovetić**, Kristina Lazarević, Filip Andrić, Živoslav Tešić, Dušanka Milojković-Opsenica “Heavy metals in honey – the role of good beekeeping practice“, 5th Croatian congress of Toxicology with International Participation, Poreč, Croatia, Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 67 (Suppl. 1), 2016, P 29.

Д. Закључак

Комисија је након детаљног прегледа докторске тезе кандидата **Милице С. Јоветић** под насловом „**Садржај елемената као показатељ аутентичности меда**“ закључила да је Кандидаткиња успешно одговорила на све постављене задатке и да резултати презентовани у оквиру ове дисертације представљају још један допринос систематском проучавању српског монофлоралног меда, као и један од првих увида у безбедност и квалитет меда из урбане средине.

Применом модерних аналитичких и хеометријских метода садржај калијума, калцијума и магнезијума су идентификовани као маркери које доприносе разликовању меда од багрема, липе и сунцокрета. Резултати објављени у оквиру ове докторске дисертације прате савремене трендове у анализи хране и представљају значајан и научни и стручни допринос методама за процену аутентичности меда.

У оквиру ове дисертације је, према до сада доступним подацима, по први пут спроведено систематско истраживање безбедности и квалитета меда из искључиво градске средине, у погледу садржаја токсичних елемената, полицикличних ароматичних угљоводоника и остатака пестицида чиме је дат значајан допринос развоју урбаног пчеларства.

Резултати истраживања проистекли из ове докторске дисертације, објављени су у оквиру једног рада штампаног у истакнутом међународном часопису (M22), два рада у међународном часопису (M23), као и у оквиру четири саопштења на

међународним научним скуповима штампана у изводу (М32). На основу свега изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Хемијског факултета да поднету докторску дисертацију кандидата **Милице Јоветић** под називом „**Садржај елемената као показатељ аутентичности меда** ” прихвати и одобри њену одбрану.

Београд, 27.07.2018. године.

Комисија:

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

др Јелена Трифковић, доцент
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

др Небојша Недић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет

др Маријана Ћурчић, доцент,
Универзитет у Београду – Фармацеутски факултет

Прилог Потврда о прихватању рада “Urban honey - the aspects of its safety “за публикување у часопису *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology (Arhiv za higijenu rada i toksikologiju)*



ARHIV ZA HIGIJENU RADA I TOKSIKOLOGIJU – ARCHIVES OF INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY
INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA
p.p. 291, 10001 ZAGREB
Telefon (01) 4682 517; Telefaks (01) 4673 303; Web: <http://www.imi.hr>; E-mail: arhiv@imi.hr

Professor Dušanka Milojković-Opsenica
University of Belgrade – Faculty of Chemistry
P.O. Box 51
11158 Belgrade, Serbia

Zagreb, June 6, 2018

Subject: MS No. 3126 “Urban honey - the aspects of its safety”: Notification of Acceptance

Dear Professor Milojković-Opsenica,

On behalf of the Editorial Board, I am pleased to inform you that your manuscript “Urban honey - the aspects of its safety” (authors: Milica S. Jovetić, Azra S. Redžepović, Nebojša M. Nedić, Denis Vojt, Slađana Z. Đurđić, Ilija D. Brčeski, Dušanka M. Milojković-Opsenica) has been accepted for publication in the *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju – Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* vol. 69, year 2018 as original article (DOI: 10.2478/aiht-2018-69-3126).

Your contribution and cooperation have been greatly appreciated.

Best regards,

Nevenka Kopjar, Editor in Chief

