

**Универзитет у Београду - Хемијски факултет**  
**Наставно-научном већу**  
**Предмет: Молба за оцену испуњености услова за пријаву докторске дисертације**  
**Тамара Мутић, мастер хемичара**

### **МОЛБА**

Молим Наставно-научно веће да одобри израду докторске дисертације из области хемије животне средине на Хемијском факултету Универзитета у Београду (Катедра за биохемију хемију) под радним насловом:

**„Примена инфрацрвене спектроскопије са Фуријеровом трансформацијом за карактеризацију и квантификацију микропластичних честица у дигестованим узорцима морских бескичмењака“**

Предлажем да Комисију за оцену научне заснованости теме чине:

1. др **Тања Ђирковић Величковић**, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет
2. др **Драгана Станић-Вучинић**, научни саветник, Универзитет у Београду – Хемијски факултет
3. др **Веселин Маслак**, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет
4. др **Бобан Анђелковић**, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Хемијски факултет
5. др **Александра Тубић**, редовни професор, Универзитет у Новом Саду– Природно-математички факултет

У прилогу достављам:

1. образложење теме
2. биографију
3. библиографију

4. изјаву да предложену тему нисам пријављивала на другој високошколској установи у земљи или иностранству.

У Београду,  
3.3.2025.

---

Тамара Мутић, мастер хемичар  
студент докторских студија  
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

## Биографија

### Мутић (Радојица) Тамара

Тамара Р. Мутић рођена је 29. 01. 1998. године у Београду, Република Србија. Основну школу „Иво Андрић” и природно - математички смер гимназије „Свети Сава” у Београду завршила је одличним успехом.

Основне академске студије на студијском програму Хемија животне средине на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2016/17. године. Одбраном завршног рада под насловом „Карактеризација везивања овалбумина за три типа микропластике применом Лангмирове адсорпционе изотерме” при Катедри за Биохемију дипломирала је 2021. године и стекла звање дипломирани хемичар. Основне академске студије је завршила са просечном оценом 8,33 (осам и 33/100) и оценом 10 на завршном раду.

Мастер академске студије на студијском програму Хемија животне средине на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2021/22. године. Одбраном завршног рада под насловом „Оптимизација протокола дигестије шкољки и карактеризација микропластичних честица применом микро-ФТИР спектроскопије” при Катедри за Аналитичку хемију дипломирала је 2022. године и стекла звање мастер хемичар. Мастер академске студије је завршила са просечном оценом 10 (десет) и оценом 10 на завршном раду.

Докторске академске студије на студијском програму Хемија на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2022/23. године при Катедри за Биохемију под менторством редовног професора. др Тање Ћирковић Величковић. До сада је положила четири испита са просечном оценом 10(десет).

Током мастер студија, школске 2021/22 године, била је запослена на Фармацеутском факултету Универзитета у Београду као сарадник у настави при катедри за Аналитичку хемију. Учествовала је у реализацији наставе на четири предмета, Аналитичка хемија 1, Аналитичка хемија 2, Увод у лабораторијски рад и Одабрана поглавља аналитичке хемије са модулом Зелена хемија.

Учесник је међународног пројекта Horizon 2020 „An Innovative Analytical Platform to Investigate the Effect and Toxicity of Micro and Nano Plastics Combined with

Environmental Contaminants on the Risk of Allergic Disease in Preclinical and Clinical Studies (IMPTOX)”, од 2021. до 2025. године.

Такође је учесник националног пројекта фонда за науку под називом „ Exploration of PETase side activity of digestive enzymes of human gastrointestinal tract acting on micro- and nanoplastics: mode of action and products characterization (ХРАСТ)”, од 2023. до 2026. године.

Током основних, мастер и докторских академских студија учествовала је на бројним конференцијама, научним скуповима и семинарима у земљи и иностранству. У јуну 2021. године боравила је у Генту (Белгија), где је у оквиру FoodEnTwin Horizon 2020 пројекта учествовала на летњој школи под називом „ Lipidomic: hands on training in the characterization of the lipidome of foods and agricultural raw materials”.

У мају 2023. године боравила је у Јени (Немачка), где је у оквиру COST Action учествовала на летњој школи под називом „Recent Trends in Microplastic – Research PRIORITY Training School”.

У новембру 2023. године боравила је у Испри (Италија) где је у оквиру The European Commission’s Joint Research Centre (JRC) учествовала на обуци под називом „ Training and Capacity Building Workshop on Nanobiotechnology; Characterisation of micro(nano)plastics”.

Поред тога, бави се волонтерским радом, волонтирањем на многим манифестацијама и конференцијама и усавршавањем кроз многе научне семинаре и тренинге.

## **M21a - Научни рад у међународном часопису изузетних вредности**

Gligorijevic, N., Lujic, T., **Mutić T.**, Stanic-Vucinic, D., de Guzman K.M., Cirkovic Velickovic T., *Ovalbumin of soft corona around polystyrene and polyethylene terephthalate microplastics is structurally changed and functionally compromised for fibril formation* Int J Biol Macromol. 2024 May; 267(Pt 2):131564. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.131564

### **Conferences**

**Mutić T.**, Nikola Gligorijević, Tanja Ćirković Veličković (2021, November 22-24) *Binding affinity ovalbumin on different type of microplastics using Langmuir isotherm*, XXI EuroFoodChem Congress, Online

Anđelković B., **Mutić T.**, Minić S., Obradović B., Ćirković Veličković T., (2023, May 23-26) *Challenges in the identification of microplastics in seafood by micro-FTIR*, 1st European GREEN Conference – EGC 2023, Vodice, Croatia

**Mutić T.**, Anđelković B., Ilić M., Mutić J., Ćirković Veličković T., (2023, June 4-7) *Isolation of microplastic particles from samples from the marine ecosystem and characterization using  $\mu$ FTIR spectroscopy*, IX EnviroChem Congress, Kladovo, Serbia

Gligorijević N., Stanić-Vučinić D., **Mutić T.**, Lujic T., Ćirković Veličković T., (2023, June 2<sup>nd</sup>) *Biocorona formation of hen proteins onto the surface of polystyrene and polyethylene terephthalate*, VI simpozijum Srpskog udruženja za proteomiku – SePA, Kragujevac, Serbia

**Mutić T.**, Anđelković B., Stanić-Vučinić D., Turkalj M., Ilić M., Ćirković Veličković T., (2023, June 14-16) *Chemical characterization and quantification of microplastics particles from mussel samples based on Micro-FTIR spectroscopy*, XXII EuroFoodChem Congress, Belgrade Serbia

Gligorijević N., Stanić-Vučinić D., **Mutić T.**, Lujic T., Ćirković Veličković T., (2023, June 14-16) *Binding and corona formation of ovalbumin to polystyrene and polyethylene terephthalate microplastics under neutral and acidic conditions*, XXII EuroFoodChem Congress, Belgrade Serbia

Ilić M., Mutić J., Aćimović J., Anđelković B., Stanković D., **Mutić T.**, Ćirković Veličković T., (2023, June 14-16) *Sample preparation for isolation of microplastic particles from mussel samples*, XXII EuroFoodChem Congress, Belgrade Serbia

**Mutić T.**, Ilić M., Mutić J., Ćirković Veličković T., (2023, November 4) *Occurrence of microplastics in korean mussel (*Mytilus unguiculatus*) collected from local fish markets in*

*South Korea and identification using micro-FTIR spectroscopy*, 9th Conference of Young Chemists of Serbia, Novi Sad, Serbia

**Mutić T.**, Mutić J., Ilić M., Anđelković B., Turkalj M., Ćirković Veličković T., (2024, July 7-11) *Advanced FTIR spectroscopic techniques for analyzing microplastics in biological samples: Preliminary results and method comparison in stool samples*, 9th EuChemS Chemistry Congress (ECC9), Dublin, Ireland

**Mutić T.**, Dragana Stanić-Vučinić, Anđelković B., Mutić J., Ilić M., Anđelković M., De Guzman M.K., Turkalj M., Ćirković Veličković T. (2024, Sempember 23-27) *Comparative analysis of microplastic pollution in commercially relevant seafood across different geographical regions*, MICRO2024, International Conference, The island of Lanzarote in the Canary Islands, Spain

**Mutić T.** (2024, December 4-6) *Optimizacija microFTIR analize za određivanje mikroplastike*, Forum voda 2024 Mladi stručnjaci u oblasti voda (YWP), Belgrade fair, Belgrade, Serbia

## ИЗЈАВА

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

**„Примена инфрацрвене спектроскопије са Фуријеровом трансформацијом за карактеризацију и квантификацију микропластичних честица у дигестованим узорцима морских бескичмењака “**

није пријављена на другим високошколским установама у земљи и иностранству.

У Београду,

3. 3. 2025.

---

Тамара Мутић

мастер хемичар

студент докторских студија

Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Хемијског факултета

Молим Наставно-научно веће Универзитета у Београду – Хемијског факултета да одобри пријаву теме докторске дисертације под називом:

**„Примена инфрацрвене спектроскопије са Фуријеровом трансформацијом за карактеризацију и квантификацију микропластичних честица у дигестованим узорцима морских бескичмењака”**

Образложење теме:

**1. Научна област:** Хемијске науке

**Ужа научна област:** Хемија животне средине

## **2. Предмет научног истраживања**

Предмет научног истраживања ове докторске дисертације је развијање методе за изоловање микропластичних честица из узорака морских бескичмењака.

Истраживање би обухватало оптимизацију услова дигестије узорака ради ефикасног уклањања органске материје и очувања микропластичних честица. Испитивао би се утицај дигестованих услова на интегритет честица и ефикасност дигестије. Најзад, очуване микропластичне честице би се онда идентификовале и карактерисале инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеровом трансформацијом.

Други део истраживања би се базирао на испитивању утицаја термичке припреме узорака, на садржај, морфологију и величину честица.

Такође, истраживање би обухватило оптимизацију услова снимања и анализе микропластике коришћењем напредних спектроскопских и микроскопских техника.

Главни циљ овог истраживања би био развој унапређене методе за детекцију и квантитативну анализу ових честица, што има значај за процену микропластике утицаја на животну средину и људско здравље.

### 3. Основне хипотезе

Микропластика (МП) се дефинише као пластична честица величине мање од 5 mm, која може потицати из различитих извора. У животну средину могу dospети као резултат производње синтетичких полимера (примарна МП), или настају разградњом пластичног материјала из животне средине (секундарна МП) услед хемијских, физичких и биолошких процеса<sup>1</sup>.

Ове честице су свеприсутне у природи и имају значајан утицај како на животиње, тако и на људе. Досадашња истраживања су показала да је МП откривена у свим областима животне средине; води, ваздуху, земљишту, али и у храни, као што су со, мед и морски плодови<sup>2</sup>.

Присуство МП у ланцу исхране и њено преношење на људе је потврђено бројним студијама. Гутање се сматра главним путем излагања људи, што наглашава потребу за истраживањима њеног присуства у сировим и прерађеним прехранбеним производима<sup>3</sup>.

Неадекватним одлагањем пластичног отпада, највећи део заврши у воденим екосистемама. Процењује се да се на годишњем нивоу 23 милиона тона МП испусти у океан<sup>4</sup>. Због чињенице да је око 70% Земљине површине покривено водом, било океанима, рекама или плечерима, водени екосистеми представљају највећи резервоар пластике<sup>5</sup>.

Морска храна представља важан извор МП у људској исхрани. Истраживања су показала да степен контаминације варира међу врстама и географским локацијама<sup>6</sup>. Када се прогута, МП доспева у гастроинтестинални тракт и може да се апсорбује изазивајући оксидативни стрес, цитотоксичност и транслокацију у друга ткива<sup>7</sup>.

Одређивање МП представља велики аналитички изазов. Велики проблем представља изоловање ових честица из органског материјала, које често резултира оштећењем честица или непотпуним одвајањем<sup>8</sup>. Један од почетних циљева ове докторске дисертације биће оптимизација методе изоловања МП честица са очуваним

интегритетом (величином, обликом и типом) из различитих узорака водених бескичмењака.

Вибрационе спектроскопске технике, као што је инфрацрвена спектроскопија са Фуријевом трансформацијом (ФТИР), су најчешће коришћене аналитичке методе у истраживању МП, јер омогућавају потпуну идентификацију полимера<sup>9</sup>. Очекује се да ће резултати ове студије послужити као основа за будућа истраживања у области загађења водених ресурса МП загађењем.

#### **4. Циљ истраживања и очекивани резултати**

У оквиру овог истраживања планирано је изоловање, карактеризација и квантификација изолованих честица у комерцијално доступним морским плодовима.

Научни циљеви ове докторске дисертације обухватаће:

- развој методе за екстракцију МП из различитих врста комерцијално доступних морских плодова и оптимизација исте у складу с врстом узорка, односно садржајем органске материје, у циљу постизања поуздане и тачне квантификације
- одређивање укупне концентрације МП и њене карактеризације, у смислу величине, типа и облика инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријевом трансформацијом
- испитивање корелација између концентрације и типа МП, са пореклом и врстом узорака
- испитивање утицаја термичке обраде узорка (кување, маринирање, замрзавање) на концентрације и типа МП
- подешавање услова снимања спектроскопске методе за идентификацију/квантификацију честица

Добијени резултати пружиће увид у степен загађености морских плодова МП честицама. Резултати добијени у оквиру ове докторске дисертације могу допринети развоју методе за изоловање МП из комплексних узорака, као и њеној поузданој детекцији и карактеризацији.

#### **5. Методе истраживања**

За предложена истраживања узорци ће бити прикупљени у комерцијалним маркетима на 4 локације: Хрватска, Јужна Кореја, Белгија и Србија. Због поређења географски удаљених подручја користиће се врсте које представљају доминантне врсте, а узгајају се на глобалном нивоу и масовно користе у људској исхрани. Предложене врсте морских бескичмењака су дагње (*Mitilus galloprovincialis*), вонголе (*Venerupis philippinarum*) и шкампи (*Litopenaeus vannamei*, *synonym Penaeus vannamei*).

У циљу добијања методе која је најефикаснија за изоловања МП испитиваће се комбинација различитих дигестационих услова: алкална хидролиза са 10% КОН, ензимска дигестија са различитим ензима (пепсин, панкреатин, целулаза и други) и оксидативна дигестија са H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Поред тога, испитаће се утицај начина припреме морских плодова на садржај МП. Користиће се најчешћи начин припреме, широко употребљиван у светским кухињама, кување и маринирање морских плодова.

За квантификацију и потпуну хемијску карактеризацију изоловане МП ће се користити инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом. Услови снимања ће бити оптимизовани, са циљем проналаска најповољнијег режима снимања фитерског материјала, времена трајања анализе и обраде података.

За тумачење добијених резултатат користиће се статистичке методе попут дескриптивне статистике, Колмогоров-Смирновљев тест, Ман-Витни U тест, Крускал Валис, и други.

## 6. Литература

1. Borriello, L.; Scivico, M.; Cacciola, N.A.; Esposito, F.; Severino, L.; Cirillo, T. *Microplastics, a Global Issue: Human Exposure through Environmental and Dietary Sources*. **Foods** **2023**, *12*, Article 3396. <https://doi.org/10.3390/foods12183396>
2. Ziani K, Ioniță-Mîndrican CB, Mititelu M, Neacșu SM, Negrei C, Moroșan E, Drăgănescu D, Preda OT. *Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State of the Art Review*. **Nutrients**. **2023**, *15*, Article 617. <https://doi.org/10.3390/nu15030617>
3. Cox, K.D.; Covernton, G.A.; Davies, H.L.; Dower, J.F.; Juanes, F.; Dudas, S.E. *Human Consumption of Microplastics*. **Environ. Sci. Technol.** **2019**, *53*, pp 7068–7074 DOI: 10.1021/acs.est.9b01517

4. Borrelle S.B., Ringma J., Law K.L., Monnahan C.C., Lebreton L., McGivern A., Murphy E., *Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution*. **Science** **2020**, 369, pp 1515-1518 DOI:10.1126/science.aba3656
5. Pourebrahimi S, Pirooz M. Microplastic pollution in the marine environment: A review. **J. Hazard. Mater.**, 10, Article 100327. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100327>.
6. Dawson A., Santana M., Miller M., Kroon F., *Relevance and reliability of evidence for microplastic contamination in seafood: A critical review using Australian consumption patterns as a case study*. **Environ. Pollut.** **2021**, 276, Article 116684, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116684>.
7. Smith M, Love D.C., Rochman C.M., Neff R.A. *Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health*. **Curr Environ Health Rep.** **2018**, 5(3), pp 375-386. DOI: 10.1007/s40572-018-0206-z.
8. Prata J.C., da Costa J.P., Girão A.V., Lopes I., Duarte A.C., Rocha-Santos T., *Identifying a quick and efficient method of removing organic matter without damaging microplastic samples*. **Sci. Total Environ.** **2019**, 686, pp 131-139 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.456
9. Hendrickson E., Minor E. C., Schreiner K., *Microplastic Abundance and Composition in Western Lake Superior As Determined via Microscopy, Pyr-GC/MS, and FTIR*. **Environ. Sci. Technol.** **2018**, 52, pp 1787–1796. DOI: 10.1021/acs.est.7b05829