

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-  
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2025- 35/493

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев  
упућује)

25. 12. 2025.

(Датум)

## ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације  
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Рангирање ризика од GC-MS/MS и LC-MS/MS квантификованих остатака пестицида у  
кафи и цитрусном воћу**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Јелена (Марко) Радуловић

---

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

---

Технолошко-металуршки факултет, Инжењерство заштите животне средине, Мастер инжењер технологије

---

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2018.

4. Година уписа на докторске студије: 2019.

---

5. Назив студијског програма докторских студија:

Хемијско инжењерство

---

6. Датум подношења пријаве теме докторске дисертације:

22. 10. 2025.

---

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Јелена Радловић**

Име и презиме ментора: **др Антоније Оњиа**

Звање: редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Lučić, M., & **Onjia, A.** (2025). Probabilistic dietary exposure and risk ranking of pesticides in peppers (*Capsicum annuum*): Regional and consumer group variability. *Food Chemistry*, 492, 145355. (IF=9.8) (ISSN: 0308-8146) <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145355>
2. Nešić, A., Meseldzija, S., Davidović, S., Miljković, M., **Onjia, A.**, Dimitrijević, S., & Santagata, G. (2023). Industrial Crops & Products Characterization of antifungal citrus pectin-based films for potential agricultural application ☆. *Industrial Crops & Products*, 204, 117386. (IF=5.6) (ISSN: 0926-6690) <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117386>
3. Lukić, J., Radulović, J., Lučić, M., Tatjana, Đ., & **Onjia, A.** (2022). Chemometric Optimization of Solid-Phase Extraction Followed by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry and Probabilistic Risk Assessment of Ultraviolet Filters in an Urban Recreational Lake. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 916916. (IF=4.6) (ISSN: 2296-665X) <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.916916>
4. Vesković, J., & **Onjia, A.** (2025). Two-dimensional Monte Carlo simulation coupled with multilinear regression modeling of source-specific health risks from groundwater. *Journal of Hazardous Materials*, 488, 137309. (IF=11.3) (ISSN: 0304-3894) <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137309>
5. **Onjia, A.**, Huang, X., Trujillo González, J. M., & Egbueri, J. C. (2022). Chemometric approach to distribution, source apportionment, ecological and health risk of trace pollutants. *Frontiers in Environmental Science*, 10. (IF=4.6) (ISSN: 2296-665X) <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1107465>

**ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА**

---

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

за кандидата **Јелена Радловић**

Име и презиме ментора: **др Милица Лучић**

Звање: научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Lučić, M.**, Miletić, A., Savić, A., Lević, S., Sredović Ignjatović, I., & Onjia, A. (2022). Dietary intake and health risk assessment of essential and toxic elements in pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 111, 104598. (ISSN:0889-1575)  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104598>.
2. **Lučić, M.**, Momčilović, M., Marković, J., Jović, M., Smičiklas, I., & Onjia, A. (2023). Monte Carlo simulation of health risk from cadmium, lead, and nickel in cigarettes. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 105(1–7), 92–110. (IF=1.1) (ISSN:0277-2248)  
<https://doi.org/10.1080/02772248.2023.2177291>.
3. **Lučić, M.**, & Onjia, A. (2025). Prioritization and Sensitivity of Pesticide Risks from Root and Tuber Vegetables. *Journal of Xenobiotics*, 15(4), 125. (IF=4.4) (ISSN: 2039-4705)  
<https://doi.org/10.3390/jox15040125.4>.
4. Savić, A., Mutić, J., **Lučić, M.**, & Onjia, A. (2024). Dietary Intake of Minerals and Potential Human Exposure to Toxic Elements via Coffee Consumption. *Biological Trace Element Research*, 0123456789. (IF=3.6) (ISSN:0163-4984) <https://doi.org/10.1007/s12011-024-04315-0.5>.
5. Savić, A., Mutić, J., **Lučić, M.**, Vesković, J., Miletić, A., & Onjia, A. (2025). Ultrasound-Assisted Extraction Followed by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry and Multivariate Profiling of Rare Earth Elements in Coffee. *Foods*, 14(2), 275. (IF=5.1) (ISSN: 2304-8158)  
<https://doi.org/10.3390/foods14020275>

**ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА**

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је

Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 25.12.2025. године размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
  2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета**



Република Србија  
Универзитет у Београду  
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 2025-20/203

21 NOV 2025 год.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76. Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

## РЕШЕЊЕ

### о продужењу рока за завршетак студија

Студенту **Јелена Радуловић**, број индекса 2019/4020, уписана у прву годину докторских академских студија школске 2019/2020 године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30.09.2028 године.



Деканка  
*Mirjana Kijevchanin*  
Проф. др Мирјана Кијевчанин

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 33. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 25. 12. 2025. године, донета је

### О Д Л У К А

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и одређивању ментора

Прихвата се Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације кандидата **Јелене Радловић**, број индекса 2019/4020, под називом: **„Рангирање ризика од GC-MS/MS и LC-MS/MS квантификованих остатака пестицида у кафи и цитрусном воћу”**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Антоније Оџија, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Милицу Лучић, научног сарадника Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета у Београду.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Извештај о оцени научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Јелене Радуловић.

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду бр. 35/384 од 22. октобра 2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Јелене Радуловић под насловом „Рангирање ризика од GC-MS/MS и LC-MS/MS квантификованих остатака пестицида у кафи и цитрусном воћу”.

На основу материјала приложеног уз пријаву теме кандидата, Комисија подноси следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Подаци о кандидату**

1.1. Биографски подаци

Јелена Радуловић, мастер инжењер технологије, рођена је 8. септембра 1994. године у Београду, Република Србија. Основну школу „Алекса Шантић“ у Београду је завршила 2009. године. Средњу Геолошку и хидрометеоролошку школу „Милутин Миланковић“ у Београду је завршила 2013. године и стекла звање техничара за заштиту животне средине. Школске 2013/2014. године је уписала основне академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. Основне академске студије на студијском програму Биохемијско инжењерство и биотехнологија је завршила 2017. године са просечном оценом 8,77, одбравивши завршни рад под називом „Утицај витамина на влажност и еластичност коже“ са оценом 10. Мастер академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2017/2018, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине. Овај ниво студија завршила је 2018. године са просечном оценом 9,00 одбравивши завршни мастер рад под називом „Анализа садржаја фипронила у јајима методом течне хроматографије са тандем масеном спектрометријом (HPLC-MS/MS)“ са оценом 10. Докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2019/2020. године на студијском програму Хемијско инжењерство и положила је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10. Завршни испит на овом нивоу студија под називом „Присуство трагова пестицида у храни и савремене аналитичке методе за њихову детекцију и квантификацију“ одбранила је 13. октобра 2025. године, са оценом 10.

Од августа 2018. године до данас запослена у независној акредитованој лабораторији „Анахем д.о.о.“. Почела је као сарадник за припрему узорака за хроматографска испитивања, затим је радила на позицији аналитичара за хроматографске анализе, а данас ради као руководица групе за хроматографска испитивања. У оквиру свог професионалног ангажовања активно учествује у испитивању узорака хране, предмета опште употребе, вода, индустријског отпада, земљишта и седимената, амбијенталног ваздуха, ваздуха емисије и ваздуха радне околине. Рад обухвата примену савремених инструменталних техника као што су LC-MS/MS, GC-MS/MS, GC-MS, TD GC-FID, IC, GC-FID, PnT GC-MS, HS GC-FID, HPLC, GC-ECD и друге. Аналити од интереса у оквиру њеног рада укључују пестициде, микотоксине, примарне ароматичне аmine, пер- и поли-флуорисана алкилна једињења, полицикличне ароматичне угљоводонике, полихлороване бифениле, испарљива органска једињења и бројне друге групе једињења. До сада је успешно реализовала више од 50 међулабораторијских испитивања из различитих аналитичких области, са постигнутим задовољавајућим резултатима.

У свом истраживачком раду, Јелена Радуловић се фокусира на развој и оптимизацију техника екстракције и инструменталне анализе за одређивање органских загађујућих материја у животној средини и храни, као и на процену еколошког и здравственог ризика применом хеометријских метода. До сад је објавила два научна рада у међународним часописима категорије M21a, три рада у

међународним часописима категорије M21 и два рада у међународном часопису категорије M22. Поред тога, објавила је два саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34).

## 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Јелена Радуловић је током свог досадашњег рада стекла богато научноистраживачко искуство. Докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Хемијско инжењерство, уписала је школске 2019/2020. године и у оквиру њих положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10. Завршни испит (приступни рад за израду докторске дисертације) под називом „Присуство трагова пестицида у храни и савремене аналитичке методе за њихову детекцију и квантификацију“ одбранила је 13. октобра 2025. године са оценом 10. У табели 1 приказан је списак положених испита, са оценама и оствареним ЕСПБ бодовима.

Табела 1. Списак положених испита, са оценама и оствареним ЕСПБ бодовима

| Р. бр.                                | Назив предмета                             | Оцена        | ЕСПБ      |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|-----------|
| 1.                                    | Органске загађујуће супстанце              | 10           | 4         |
| 2.                                    | Енглески језик                             | 10           | -         |
| 3.                                    | Сепарационе методе у контроли квалитета    | 10           | 5         |
| 4.                                    | Аналогије феномена преноса                 | 10           | 5         |
| 5.                                    | Хемијска термодинамика                     | 10           | 5         |
| 6.                                    | Течна хроматографија-масена спектрометрија | 10           | 5         |
| 7.                                    | Хеометрија                                 | 10           | 5         |
| 8.                                    | Одабрана поглавља инструменталне анализе   | 10           | 7         |
| 9.                                    | Хемија пестицида                           | 10           | 5         |
| 10.                                   | Одабрана поглавља математичке анализе      | 10           | 5         |
| 11.                                   | Виши курс аналитичке хемије                | 10           | 5         |
| 12.                                   | Завршни испит                              | 10           | 30        |
| <b>Просечна оцена / Укупно бодова</b> |                                            | <b>10,00</b> | <b>81</b> |

Јелена Радуловић, у свом професионалном ангажовању активно учествује у испитивању различитих врста узорака хране, вода, земљишта, отпада, ваздуха и предмета опште употребе, применом савремених инструменталних техника као што су LC-MS/MS, GC-MS/MS, GC-MS, IC и HPLC. Њен рад обухвата анализу широког спектра загађујућих материја, укључујући пестициде, микотоксине, полицикличне ароматичне угљоводонике, пер- и полифлуорисана једињења и друге органске микрополутанте. До сада је успешно реализовала више од педесет међулабораторијских испитивања са постигнутим задовољавајућим резултатима. Истраживачко искуство Јелене Радуловић обухвата и научни рад у области развоја и оптимизације техника екстракције и инструменталне анализе органских загађујућих материја, као и процене еколошког и здравственог ризика применом хеометријских метода, о чему сведочи девет објављених радова у међународним часописима и зборницима са конференција. Из досадашњих истраживања Јелена Радуловић публиковала је два научна рада у међународним часописима категорије M21a, три рада у међународним часописима категорије M21 и два рада у међународном часопису категорије M22. Поред тога, објавила је два саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34).

### Категорија M21a:

1. Joksimović, K.; Kodranov, I.; Randjelović, D.; Slavković Beškoski, L.; **Radulović, J.**; Lješević, M.; Manojlović, D.; Beškoski, V. P. Microbial fuel cells as an electrical energy source for degradation followed by decolorization of Reactive Black 5 azo dye. Bioelectrochemistry, 2022, 145, 108088, doi:10.1016/j.bioelechem.2022.108088.
2. Kasalica, K.; Stojadinović, S.; Lješević, M.; Ivanov, P.; Yamamoto, A.; Nakano, T.; **Radulović, J.**; Slavković Beškoski, L.; Radić, N.; Beškoski, V. Photocatalytic degradation of PFOA over rGO-doped TiO<sub>2</sub> coatings formed by plasma electrolytic oxidation. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2025, 13, 117452, doi:10.1016/j.jece.2025.117452.

#### Категорија M21:

3. Lukić, J.; **Radulović, J.**; Lučić, M.; Đurkić, T.; Onjia, A. Chemometric Optimization of Solid-Phase Extraction Followed by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry and Probabilistic Risk Assessment of Ultraviolet Filters in an Urban Recreational Lake. *Frontiers in Environmental Science*, 2022, 10, 916916, doi: 10.3389/fenvs.2022.916916.
4. Tadić, T.; Marković, B.; **Radulović, J.**; Lukić, J.; Suručić, Lj.; Nastasović, A.; Onjia, A. A Core-Shell Amino-Functionalized Magnetic Molecularly Imprinted Polymer Based on Glycidyl Methacrylate for Dispersive Solid-Phase Microextraction of Aniline. *Sustainability*, 2022, 14, 15, 9222, doi:10.3390/su14159222.
5. Tadić, T.; Marković, B.; Bulatović, S.; Lukić, J.; **Radulović, J.**; Nastasović, A.; Onjia, A. Greenness of dispersive microextraction using molecularly imprinted polymers. *Reviews in Analytical Chemistry*, 2024, 43, 20230070, doi:10.1515/revac-2023-0070.

#### Категорија M22:

6. Todorović, Ž.N.; **Radulović, J.M.**; Sredović Ignjatović, I. D.; Ignjatović, Lj. M.; Onjia, A. Ambient air particles: The use of ion chromatography and multivariate techniques in the analysis of water-soluble substances. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2021, 86, 7-8, 753-766, doi: 10.2298/JSC200826077T.
7. Kasalica, K.; Petronijević, N.; **Radulović, J.**; Slavković Beškoski, L.; Lješević, M.; Marković, B.; Beškoski, V. Adsorption analysis of PFOA on activated carbon and ion-exchange resin: A comparative study using four isotherm models. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2024, 89, 12, 1619–1628, doi:10.2298/JSC241120097K.

#### Категорија M34:

8. Lukić, J.; Đurkić, T.; **Radulović, J.**; Bakić, T.; Onjia, A. Screening Design of Experiment Applied to Dispersive Liquid-Liquid Microextraction of UV Filters from Water, *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, 2020, 11, 1-4, ISSN: 2602-3199.
9. Lukić, J.; Đurkić, T.; Bakić, T.; **Radulović, J.**; Onjia, A. Ecological risk assessment of benzophenone-4 in wastewater. *Zbornik Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Procesing*, 2021, 34, 1, 119-122, doi:10.24094/ptk.021.34.1.119.

#### 1.3. Оцена оспособљености кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег научно-истраживачког рада и постигнутих резултата током докторских академских студија Јелена Радловић је показала способност и самосталност за бављење научно-истраживачким радом, што се огледа у реализацији истраживања, тј. извођењу експеримената, обради научних резултата и писању научних радова. Из научне области којој припада тема предложене докторске дисертације кандидат је коаутор два научна рада у међународним часописима категорије M21 и два рада у часописима категорије M22, који су у директној вези са темом дисертације. Радови се односе на развој и оптимизацију техника екстракције и инструменталне анализе (GC-MS/MS и LC-MS/MS) као и на примену хеометријских метода за процену ризика од органских загађујућих материја у храни и животној средини, што представља ужу област предложене теме. Поред тога, кандидат је коаутор два рада у међународним часописима категорије M21a који се баве разградњом органских загађујућих материја (боја и перфлуорисаних једињења) применом савремених поступака ремедијације, као и два саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34) која се тематски надовезују на развој метода екстракције и процену ризика органских микрополутаната у воденим матрицама. На основу свега изложеног, Комисија сматра да кандидат Јелена Радловић испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Предмет истраживања ове докторске дисертације односи се на анализу и процену ризика од остатака пестицида у кафи и цитрусном воћу, уз примену савремених инструменталних техника гасне и течне хроматографије спрегнуте са тандем масеном спектрометријом (GC-MS/MS и LC-MS/MS). У оквиру истраживања биће примењен QuEChERS (енг. *Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe*) поступак за екстракцију и припрему узорaka за анализу више група пестицида у различитим матрицама.

Испитивање ће обухватити и развој и валидацију метода у складу са документом SANTE/11312/2021, како би се обезбедила висока прецизност, поузданост и тачност резултата.

Пестициди спадају међу најзначајније и најраспрострањеније контаминанте у храни и представљају озбиљан ризик по људско здравље, због чега су у последњим деценијама у фокусу бројних научних истраживања [1–3]. Поједине пестициде карактерише висока токсичност, стабилност у животној средини и тенденција биоаккумуляције у ланцу исхране. Њихово присуство у храни може изазвати различите штетне ефекте, укључујући акутна и хронична тровања, ендокрине поремећаје и повећан ризик од настанка малигних обољења [4]. С обзиром на наведене ризике, континуирано праћење и анализирање остатака пестицида у храни представља кључни сегмент процене безбедности хране и заштите здравља људи [2,5,6].

Концентрације пестицида значајно варирају у зависности од врсте хране, као и од примене различитих активних материја у заштити биљака [1,6,7]. Одређене културе, попут цитрусног воћа, често се третирају већим бројем пестицида услед осетљивости на плесни и инсекте [2,3,7], док се код других, као што је кафа, примењују различити препарати у зависности од региона производње и климатских услова [5,8]. Поред тога, концентрације пестицида се могу значајно разликовати у зависности од земље или произвођача, јер не примењују сви исте агротехничке мере, нити се свуда поштују једнаке регулативе о употреби и дозама пестицида. Код кафе, процеси прераде као што су сушење, печење и млевење могу утицати на деградацију или делимично уклањање појединих пестицида, што доводи до смањења њихових остатака у коначном производу [9]. С друге стране, код цитрусног воћа додатни третмани након бербе, попут примене фунгицида ради продужења рока трајања и спречавања труљења, могу довести до повећаног садржаја остатака на кори плодова [10]. Ризик по здравље потрошача такође зависи од типа хране, јер се неке намирнице конзумирају у већим количинама од других, што доводи до различитог степена изложености пестицидима. Стога је разумевање разлика у примени пестицида, као и утицаја процеса прераде и навика у исхрани, од кључног значаја за тачну процену ризика по здравље потрошача.

Одређивање образаца и повезаности између остатака пестицида у узорцима хране може се спровести применом хеометријских метода које обухватају напредне мултиваријантне статистичке технике. Ове технике омогућавају истовремену анализу већег броја променљивих и откривање комплексних односа и груписања између различитих пестицида, матрица и узорака. У литератури се процена ризика од пестицида у храни врши одређивањем акутног и хроничног ризика за појединачне пестициде, као и рачунањем кумулативног ризика. Осим тога процена ризичности појединачних пестицида, одређује се и на основу матричног модела рангирања, метода коју је развио Комитет за резидуе ветеринарских лекова Уједињеног Краљевства (Veterinary Residues Committee, VRC) и која је касније прилагођена за пестициде у храни. Прорачун акутног, хроничног и кумулативног ризика од остатака пестицида може се спроводити применом детерминистичког или пробабилистичког приступа. Детерминистички приступ подразумева употребу фиксних вредности улазних параметара, док пробабилистички приступ узима у обзир њихову варијабилност кроз расподеле вероватноће, најчешће применом Монте Карло симулације, чиме се добија реалнија и поузданија процена изложености и ризика. Полазећи од наведеног, циљ ове докторске дисертације је да се утврде концентрације пестицида у узорцима цитрусног воћа и различитих типова кафе доступних на тржишту Републике Србије, да се изврши процена акутног, хроничног и кумулативног ризика по здравље потрошача, као и да се изврши рангирање пестицида према нивоу ризика применом матричног модела. На овај начин биће идентификовани пестициди високог ризика који захтевају приоритет у систему мониторинга и у спровођењу одговарајућих регулаторних мера.

Истраживања ће се засновати на:

- Идентификацији и квантификацији остатака пестицида у цитрусном воћу и у узорцима кафе.
- Утврђивању образаца појављивања пестицида и њихових међусобних односа кроз коришћење савремених мултиваријантних метода, попут корелационе анализе (енг. *Corelation Analysis*) анализе главних компонената (енг. *Principal Component Analysis*; *PCA*) и кластерске анализе (енг. *Cluster Analysis*; *CA*).
- Прoцени акутних и хроничних ризика по здравље људи који потичу од остатака појединачних пестицида, као и процени кумулативних акутних и хроничних ризика услед остатака свих пестицида

у појединачним узорцима. Процена ових ризика врши се кроз израчунавање коефицијената опасности (енг. *Hazard Quotient*; HQ) и индекса опасности (енг. *Hazard Index*; HI) за акутну и хроничну изложеност.

- Рангирању пестицида према ризику путем матричног модела, чиме ће бити издвојени пестициди високог ризика који захтевају приоритетну пажњу у мониторингу и регулаторним мерама.

Очекује се да резултати ове докторске дисертације допринесу бољем разумевању контаминације цитрусног воћа и узорака кафе пестицидима и њиховог утицаја на здравље људи. Додатно, резултати ове докторске дисертације могу допринети развоју смерница за будућа истраживања и мониторинг у циљу превенције контаминације и повећања нива безбедности хране и заштите здравља потрошача.

Релевантна библиографија која представља основу за истраживања и експерименте за израду ове докторске дисертације:

1. Li, Z.; Nie, J.; Yan, Z.; Cheng, Y.; Lan, F.; Huang, Y.; Chen, Q.; Zhao, X.; Li, A. (2018). A Monitoring Survey and Dietary Risk Assessment for Pesticide Residues on Peaches in China. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 97, 152–162. (IF=2.996) (ISSN: 0273-2300) (<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2018.06.007>).
2. Tang, H.; Sun, Q.; Huang, J.; Wen, G.; Han, L.; Wang, L.; Zhang, Y.; Dong, M.; Wang, W. (2023). Residue Behaviors, Degradation, Processing Factors, and Risk Assessment of Pesticides in Citrus from Field to Product Processing. *Science of the Total Environment*, 897, 165321. (IF=8.2) (ISSN: 0048-9697) (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165321>).
3. Malhat, F.; Saber, E.S.; Shokr, S.A.S.; Eissa, F. (2025). A Two-Year Analysis of Pesticide Residues in Egyptian Oranges: Occurrence Trends, Regulatory Compliance, Multiple Residues, and Health Risk Assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 147, 108087, (IF=4.6) (ISSN: 0889-1575) (<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.108087>).
4. Tudi, M.; Li, H.; Li, H.; Wang, L.; Lyu, J.; Yang, L.; Tong, S.; Yu, Q.J.; Ruan, H.D.; Atabila, A.; et al. (2022). Exposure Routes and Health Risks Associated with Pesticide Application. *Toxics*, 10, 1–23, (IF=4.6) (ISSN: 2305-6304) (<https://doi.org/10.3390/toxics10060335>).
5. Taghizadeh, S.F.; Rezaee, R.; Azizi, M.; Giesy, J.P.; Karimi, G. (2024). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Mycotoxins, and Pesticides Residues in Coffee: A Probabilistic Assessment of Risk to Health. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 104, 1307–1329, (IF=2.5) (ISSN: 0306-7319) (<https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2036984>).
6. Choi, B.S.; Lee, D.U.; Kim, W.S.; Park, C.W.; Choe, W.J.; Moon, M.J. (2023). Simultaneous Screening of 322 Residual Pesticides in Fruits and Vegetables Using GC-MS/MS and Deterministic Health Risk Assessments. *Foods*, 12, 3001, (IF=4.7) (ISSN: 2304-8158) (<https://doi.org/10.3390/foods12163001>).
7. Aslantas, S.; Golge, O.; González-Curbelo, M.A.; Kabak, B. (2023). Determination of 355 Pesticides in Lemon and Lemon Juice by LC-MS/MS and GC-MS/MS. *Foods*, 12, 1812, (IF=4.7) (ISSN: 2304-8158) (<https://doi.org/10.3390/foods12091812>).
8. Harmoko, H.; Munawar, H.; Bahri, S.; Andarwulan, N.; Tjahjono, D.H.; Kartasasmita, R.E.; Fernández-Alba, A.R. (2024). Application of the QuEChERS Method Combined with UHPLC-QqQ-MS/MS for the Determination of Isoprocarb and Carbaryl Pesticides in Indonesian Coffee. *Analytical Methods*, 16, 4093–4103, (IF=2.7) (ISSN: 1759-9660) (<https://doi.org/10.1039/d4ay00243a>).
9. Gamal, A.; Abdel-megeed, M.; Mahmoud, H.; Soliman, M.; Al-anany, M.; Eissa, F. (2025). Pesticide Residues in Green , Roasted , and Capsule Coffee from the Egyptian Market : Occurrence, Processing Effects, and Health Risk Assessment. *Food Chemistry*, 486, 144671, (IF=9.8) (ISSN: 0308-8146) (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144671>).
10. Li, M.; Zhao, S.; Kong, Z.; Li, L.; Yang, L.; Feng, B.; Cui, Y.; Lin, X.; Fan, B.; Simal-gandara, J.; et al. (2023). Journal of Food Composition and Analysis Preservation of Citrus Fruit, and Dissipation by Diffusion and Degradation of Postharvest Pesticides during Storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 122, 105456, (IF=4.0) (ISSN: 0889-1575) (<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105456>).

### 3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе, које се могу издвојити као основа за научно-истраживачки рад и које су проистекле из анализирања релевантне литературе, у оквиру ове докторске дисертације су следеће:

- Интензивна употреба пестицида у примарној производњи и након бербе плодова доводи до њиховог учесталог присуства у различитим прехранбеним производима. С обзиром на стабилност појединих једињења и њихову способност акумулације, очекује се да значајан део узорака садржи више различитих резидуа пестицида, што потенцијално повећава свеукупни ризик по здравље људи.
- Очекивања су да ће применом корелационе анализе, главних компоненти (РСА) и кластер анализе (СА) бити могуће уочити групе пестицида са сличним пореклом, токсиколошким својствима или обрасцима примене, као и параметре који доминантно утичу на варијабилност података.
- Иако су појединачне концентрације резидуа често испод прописаних максимално дозвољених вредности, њихово истовремено присуство може резултовати вишеструко већим ризиком. Полази се од претпоставке да процена ризика заснована само на појединачним пестицидима није довољна, већ да је неопходна интегрисана процена која уважава укупну изложеност.
- Приступ рангирања ризика (*eng. Risk-ranking*) представља поуздан метод за издвајање пестицида који носе највећи потенцијални ризик. Полази се од хипотезе да ће интеграција токсиколошких параметара ( $LD_{50}$ , ADI, ARfD), учесталости детекције и нивоа резидуа омогућити јасну приоритизацију пестицида у погледу ризика. Ово је од посебне важности у комплексним матрицама које садрже више врста резидуа.
- Примена Монте Карло симулације омогућава знатно прецизнију и реалнију процену ризика у односу на детерминистичке приступе. С обзиром на варијабилност телесне масе, уноса хране и концентрација резидуа, очекује се да ће моделовање неизвесности (уз велике бројеве поновљених симулација) пружити поузданију расподелу ризика и тачније идентификовање најугроженијих група потрошача.
- Систематско праћење пестицида у храни има пресудан значај за јавно здравље и унапређење регулаторних политика. Полази се од претпоставке да резултати истраживања могу указати на потребу за учесталијим мониторингом, ревизијом постојећих MRL вредности, као и унапређењем контроле промета, што је посебно важно за земље које значајне количине воћа, поврћа и прерађених производа набављају из увоза.

Детаљан преглед најновије литературе потврђује да су приказане полазне хипотезе и планирано истраживање у складу са глобалним активностима и интересовањима у науци.

#### 4. Научне методе истраживања

Да би се реализовали циљеви истраживања ове докторске дисертације и потврдиле постављене хипотезе користиће се следеће методе:

- Узорци цитрусног воћа и кафе биће прикупљени у малопродајним објектима у Републици Србији. За сваку врсту узорака биће обезбеђено репрезентативно узорковање у складу са важећим ЕУ смерницама. Сви узорци биће адекватно обележени, хлађени и транспортовани до лабораторије, где ће бити припремљени за даљу анализу.
- Екстракција пестицида биће извршена применом стандардизованог *QuEChERS* поступка, који подразумева хомогенизацију узорка, екстракцију ацетонитрилом, додавање соли ( $MgSO_4$ , NaCl, ди-натријум хидрогенцитрат сесквихидрат, три-натријум цитрат дихидрат) и чишћење екстракта сорбентима (PSA, C18, GCB) ради уклањања матричних сметњи. Ова метода омогућава брзу и ефикасну припрему великог броја узорака различитог састава.
- Квантификација резидуа пестицида биће извршена употребом течне хроматографије са тандем масеном спектрометријом (LC-MS/MS) за одређивање поларних и семиполарних једињења, као и гасне хроматографије са тандем масеном спектрометријом (GC-MS/MS) за одређивање неполарних и термостабилних пестицида. Валидација метода (линеарност, тачност, прецизност, LOQ/LOD, селективност, ефекат матрице) биће спроведена у складу са SANTE/11312/2021 смерницама.
- Применом метода мултиваријантне статистике (анализа главних компоненти – РСА, хијерархијска кластер анализа – СА, корелациона анализа) биће идентификоване групе пестицида са заједничким обрасцима појављивања, као и могући извори контаминације. Ове методе омогућавају визуелизацију комплексних зависности и издвајање доминантних фактора варијабилности у подацима.
- За сваки од детектованих пестицида биће израчунат резидуални ризик применом матричног *risk-ranking* приступа. Овај модел, заснован на токсиколошким параметрима ( $LD_{50}$ , ADI), учесталости

детекције и концентрационим категоријама, омогућава приоритизацију пестицида према нивоу потенцијалног ризика за потрошаче.

- Ризик од изложености пестицидима биће процењен комбинацијом детерминистичких модела (HQ и HI за акутну и хроничну изложеност) и пробабилистичких модела заснованих на Монте Карло симулацијама. Овим приступом омогућава се истовремено разматрање просечних сценарија изложености, варијабилности унутар популације и неизвесности у измереним параметрима, чиме се добија свеобухватна и поуздана процена ризика по здравље потрошача.

## 5. Очекивани научни допринос

Реализацијом постављених циљева очекује се значајан допринос у области анализе загађујућих материја у храни, процене ризика од изложености пестицидима и развоја мултиваријантних и интегрисаних приступа у области безбедности хране.

Очекивани научни допринос резултата ове докторске дисертације огледа се у следећем:

- Применом LC-MS/MS и GC-MS/MS биће утврђене концентрације, учесталост и расподела пестицида, уз поређење са максимално дозвољеним вредностима, што ће омогућити идентификацију најкритичнијих једињења и намирница.
- Коришћењем PCA, CA и корелационе анализе биће утврђене групе пестицида са заједничким пореклом, као и обрасци ко-детекције који указују на специфичне технолошке, агротехничке праксе и примену пестицида након бербе.
- Комбиновањем HQ/HI модела и Монте Карло симулација биће добијена поуздана процена акутног и хроничног ризика, уз анализу варијабилности и осетљивости параметара од значаја за здравље потрошача.
- Применом *risk-ranking* приступа биће идентификовани пестициди од највећег здравственог значаја, а интеграција хемијских анализа, хеометрије и процене ризика омогућиће формирање модела применљивог у мониторинг програмима и регулаторној пракси.
- Добијени резултати представљаће основу за унапређење националних програма мониторинга хране, формулисање препорука за смањење изложености пестицидима и дефинисање приоритетних група намирница и једињења која захтевају појачани надзор. Синтетизовани закључци могу послужити регулаторним телима, инспекцијским службама и лабораторијама као основа за унапређење постојеће праксе контроле хране.

## 6. План истраживања и структура рада

Предмет истраживања ове докторске дисертације јесте испитивање присуства и дистрибуције резидуа пестицида у одабраним прехранбеним матрицама (кафа и цитрусно воће), као и процена здравственог ризика за потрошаче применом мултиваријантних статистичких метода, метода рангирања ризика и комбинације детерминистичког и пробабилистичког приступа. На основу квантитативне анализе детектованих резидуа биће утврђена учесталост, обрасци ко-детекције, извори контаминације и приоритетни пестициди од значаја за здравље. Добијени подаци представљаће полазну основу за адекватну процену акутног и хроничног ризика, као и за утврђивање кључних фактора који доприносе укупној изложености.

План истраживања, који дефинише ток рада и начин реализације циљева дисертације, обухвата неколико међусобно повезаних сегмената.

У иницијалној фази биће извршено прикупљање и категоризација узорак различитих врста кафе и цитрусног воћа. Припрема узорак за анализу резидуа пестицида биће реализована применом стандардизованог *QuEChERS* протокола, који обезбеђује ефикасну екстракцију широког спектра пестицида различите поларности. Тачна и селективна квантитативна анализа биће омогућена применом комбинације гасне и течне хроматографије са тандем масеном спектрометријом (GC-MS/MS и LC-MS/MS), у складу са валидираним процедурама. Након инструменталних мерења, добијене концентрације пестицида биће упоређене са важећим MRL вредностима у европским и међународним регулативама. Биће извршена анализа учесталости детекције, идентификација најзаступљенијих

пестицида и процена степена мултирезидуалности, са посебним освртом на пестициде који припадају категоријама од високог токсиколошког значаја. У анализи података биће примењене методе мултиваријантне статистичке анализе, као што су корелациона анализа, РСА и кластерска анализа, ради утврђивања повезаности између појединачних пестицида, издвајања група са заједничким пореклом и идентификације образаца који указују на специфичне агротехничке или постбербене праксе. Паралелно са тим биће спроведено рангирање пестицида применом матрикс-скор метода, који узима у обзир токсичност, токсиколошки праг, учесталост примене, распрострањеност детекције и ниво резидуа у испитиваним намирницама. На овај начин биће дефинисан приоритет пестицида од највећег здравственог значаја. Процена ризика биће реализована применом интегрисаног детерминистичког и пробабилистичког приступа. Детерминистичком проценом биће израчунати акутни и хронични ризици (НҚа, НҚс) и одговарајући укупни ризици (НП), док ће примена Монте Карло симулација омогућити процену варијабилности и неизвесности параметара изложености, као и добијање реалистичнијег распона ризика за различите групе потрошача. Оваква интеграција приступа обезбедиће виши степен поузданости и транспарентности добијених резултата.

Докторска дисертација биће структурисана у следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература*.

У поглављу *Увод* биће дефинисани циљеви истраживања, предмет рада и очекивани научни допринос, уз кратак преглед актуелних истраживања у области анализе резидуа пестицида у храни и процене ризика по здравље.

У поглављу *Теоријски део* биће представљен свеобухватан преглед релевантне литературе, који обухвата класификацију и токсиколошка својства најчешће коришћених пестицида у производњи кафе и цитруса, механизме њиховог задржавања у овим матрицама и промене концентрација током технолошких процеса. Биће изложени основи регулаторног оквира и MRL вредности, као и принципи метода за мултирезидуалну анализу (QuEChERS, LC-MS/MS, GC-MS/MS). Посебно ће бити описани концепти и алгоритми детерминистичке и пробабилистичке процене ризика, као и улога мултиваријантне статистике (корелациона анализа, РСА, кластерска анализа) у тумачењу комплексних података о резидуима пестицида. Ово поглавље представиће теоријски оквир неопходан за правилно разумевање и тумачење експерименталних резултата.

У поглављу *Експериментални део* биће дати детаљни описи материјала, реагенаса и стандарда коришћених у анализи узорка кафе и цитрусног воћа, као и опис начина узорковања и припреме узорка применом QuEChERS протокола. Биће представљени услови хроматографског раздвајања и MS/MS детекције (GC-MS/MS и LC-MS/MS), као и поступци валидације метода у складу са SANTE смерницама. Поред тога, биће приказане статистичке методе коришћене за обраду добијених резултата, као и методе примењене за рангирање ризика и израчунавање детерминистичких и пробабилистичких параметара процене ризика.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и критички анализирани сви експериментални и статистички резултати добијени током истраживања, укључујући валидацију аналитичких метода, расподелу и учесталост пестицида у узорцима кафе и цитруса, као и поређење измерених концентрација са прописаним MRL вредностима. Биће представљени резултати мултиваријантне анализе (РСА, кластерска и корелациона анализа) ради идентификације образаца ко-детекције и могућих извора контаминације, као и исходи матричног рангирања ризика који омогућавају издвајање пестицида од највећег здравственог значаја. Такође, биће приказани резултати детерминистичке и пробабилистичке процене акутног и хроничног ризика за потрошаче, уз анализу осетљивости кључних параметара изложености. Поглавље ће завршити интегрисаном интерпретацијом резултата у контексту безбедности хране и поређењем са релевантним научним истраживањима.

У поглављу *Закључак* биће представљени најзначајнији резултати, научни доприноси дисертације и потенцијалне смернице за унапређење мониторинга безбедности хране.

Поглавље *Литература* садржаће све коришћене изворе, укључујући и публиковане радове настале током израде дисертације.

## 7. Закључак и предлог

На основу изложеног Комисија сматра да је тема докторске дисертације Јелене Радуловић, мастер инжењера технологије, под насловом „Рангирање ризика од GC-MS/MS и LC-MS/MS квантификованих остатака пестицида у кафи и citrusном воћу” научно заснована и добро утемељена и да Јелена Радуловић испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Комисија сматра да ће резултати истраживања дати значајан допринос научној области Хемијско инжењерство за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Јелени Радуловић одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе докторске дисертације Комисија предлаже др Антонија Оњиу, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Милицу Лучић, научног сарадника Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета.

У Београду, 20. новембар 2025. године

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Др Антоније Оњиа, редовни професор  
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....  
Др Милица Лучић, научни сарадник  
Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета

.....  
Др Татјана Ђуркић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет