

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2025-35/497

(Број захтева)

25. 12. 2025.

(Датум)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

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:

КАНДИДАТ **Muna (Rajab) Elferjane**

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму: Биохемијско инжењерство и биотехнологија

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

из научне области: Технолошко инжењерство

Универзитет је дана 17. 2. 2025. својим актом под бр. 61206-2-24 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

Име и презиме ментора: др Александар Маринковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Име и презиме ментора 2: др Александра А. Јовановић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије - ИНЕП.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 30. 9. 2025.

одлуком факултета под бр. 2025-35/327, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Дејан Безбрадица	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Марко Стаменић	доцент	Хемијско инжењерство	ТМФ
3.	Др Виолета Милутиновић	научни сарадник	Биолошке науке	Фармацеутски факултет

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 7. 10. 2025.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 25. 12. 2025.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 25. 12. 2025.

одлуком факултета под бр. 2025-35/500, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Дејан Безбрадица	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Марко Стаменић	доцент	Хемијско инжењерство	ТМФ
3.	Др Виолета Милутиновић	научни сарадник	Биолошке науке	Фармацеутски факултет

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Студент је уписан на докторске студије школске 2024/2025. године.

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор

- Прилози:
1.

Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
2.

Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
3.

Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

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

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. 41. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 25. 12. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја о оци докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије у саставу: др Дејан Безбрадица, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марко Стаменић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Виолета Милутиновић, научни сарадник Универзитета у Београду, Фармацеутски факултет, о прегледу и оци урађене докторске дисертације под називом: **„Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација (*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation)“** коју је поднела **Muna Rajab Elferjane**, мастер аналитичар животне средине и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Muna Rajab Elferjane, под називом **„Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација (*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation)“** Одлуком број: 61206/2-24 од 17. 2. 2025. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Elferjane Muna Rajab**, Jovanović Aleksandra A., Milutinović Violeta, Čutović Natalija, Jovanović Krivokuća Milica, Marinković Aleksandar (2023) From *Aloe vera* Leaf Waste to the Extracts with Biological Potential: Optimization of the Extractions, Physicochemical Characterization, and Biological Activities. *Plants*, 12 (14), 2744. <https://doi.org/10.3390/plants12142744>, *Molecular Diversity Preservation International* (ISSN: 2223-7747, IF (2022)=4,5, IF (2022, petogodišnji)=4,8, *Plant Sciences* 43/238)
2. **Elferjane Muna Rajab**, Jovanović Krivokuća, Milica, Taherzadeh, Mohammad J, Pietrzak, Witold, Marinković, Aleksandar, Jovanović, Aleksandra (2024) *Vaccinium myrtillus* L. Leaf Waste as a Source of Biologically Potent Compounds: Optimization of Polyphenol Extractions, Chemical Profile, and Biological Properties of the Extracts. *Pharmaceutics*, 16 (6), 740. <https://doi.org/10.3390/plants12142744>, *Molecular Diversity Preservation International* (ISSN: 1999-4923, IF (2022)=5,4, IF(2022, petogodišnji)=6,0, *Pharmacology & Pharmacy* 39/274)

Категорија M24:

1. **Muna Elferjane**, Petar Batinić, Natalija Čutović, Milena Milošević, Vojislav Ćirić, Aleksandar Marinković, Aleksandra Jovanović (2023) Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from *Vaccinium myrtillus* leaves. *Lekovite sirovine*, 43, e135. <https://doi.org/10.61652/leksir2343e135E>

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, менторима, Служби за наставно-студентске послове и Архиви факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДV

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. 41. и 42. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 25. 12. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Muna Rajab Elferjane**, мастер аналитичар животне средине, са темом под називом „**Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација (*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation)**“, у саставу:

1. Др Дејан Безбрадица, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Марко Стаменић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Виолета Милутиновић, научни сарадник Универзитета у Београду, Фармацеутски факултет.

Одлуку доставити: Одлуку доставити: члановима Комисије, Универзитету у Београду, 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 урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане (Muna Rajab Elferjane)

Одлуком бр. 2025-35/327 од 30.09.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане (Muna Rajab Elferjane), број индекса 4011/2024, под насловом „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду, кандидаткиња Муна Рајаб Елферјане први пут је уписала 2020. године, а поново уписала 2024. године, студијски програм Биохемијско инжењерство и биотехнологија.

30. октобар 2024. – Кандидаткиња Муна Рајаб Елферјане предложила је тему докторске дисертације под називом: „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

7. новембар 2024. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 35/276 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидата Муне Рајаб Елферјане за израду докторске дисертације под називом: „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

26. децембар 2024. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 35/322 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме кандидаткиње и одобравању израде докторске дисертације Муне Рајаб Елферјане, под називом: „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација

екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“), док су за менторе поменуте докторске дисертације именовани проф. др Александар Маринковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Александра А. Јовановић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије ИНЕП

17. фебруар 2025. – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Муне Рајаб Елферјане, број одлуке 02 број: 61206/2-24, под називом: „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

30. септембар 2025. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета у Београду донета је Одлука бр. 2025-35/327 о именовању Комисије за оцену докторске дисертације Муне Рајаб Елферјане, под називом: „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“)

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство и ужој научној области Биохемијско инжењерство и биотехнологија, за које је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментори, проф. др Александар Маринковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Александра А. Јовановић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије ИНЕП су на основу дугогодишњег учешћа у наставно-научном процесу, као и на основу остварених научних и стручних публикација у потпуности били компетентни да руководе израдом докторске дисертације кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане, студенткиње докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, под називом: „Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“ (енгл. „*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Муна Рајаб Елферјане, студенткиња докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, рођена је 10. септембра 1988. године у Либији. Основне академске студије из области анестезије и интензивне неге на Мисурата Универзитету, Факултет за медицинске сестре, завршила је у новембру 2011. године, са оценом 80,66%. Мастер академске студије из области управљања ризицима у животној средини завршила је у јуну 2020. године на Метрополитан Универзитету у Београду, Факултет *Futura*. Докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду први пут је уписала 2020. године, а поново уписала 2024. године, студијски програм Биохемијско инжењерство и биотехнологија под менторством проф. др Александра Маринковића, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Александре А. Јовановић, вишег научног сарадника Универзитета у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије ИНЕП. Положила је све испите предвиђене планом и програмом, као и завршни испит на докторским академским студијама.

Асистент је на Мисурата Универзитету, Факултет за медицинске сестре. У периоду од 2011-2018. године била је клинички инструктор за студенте Факултета за медицинске сестре у операционој сали и јединици интензивне неге. Током 2014. и 2015. године предавала је следеће предмете на факултету: Хируршка нега, Медицинска нега и Анестезија.

Резултате свог досадашњег научноистраживачког рада објавила је у укупно 9 публикација, као радове у врхунским међународним часописима (M21, 2 публикације), рад у националном часопису међународног значаја (M24, 1 публикација), саопштења са међународних скупова штампаних у целини (M33, 5 публикација) и саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34, 1 публикација).

Своја научна истраживања и усавршавање наставиће у области хемијске и биохемијске технологије. Интересовања и истраживања Муне Рајаб Елферјане фокусирана су на екстракцију биолошки активних принципа из биљних извора и њихову инкапсулацију, испитивање биолошких активности и потенцијала екстракта и инкапсулата за будућу примену у козметичкој, фармацеутској и прехранбеној индустрији.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане, студенткиње докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, садржи 112 страна (од којих је 104 стране нумерисано), у оквиру којих се налази 7 поглавља, 12 слика, 12 табела и 252 литературна навода. Докторска дисертација садржи: Увод (*Introduction*), Циљеве истраживања (*Aims of Investigation*), Експериментални део (*Experimental Part*), Резултате и дискусију (*Results and Discussion*), Закључке (*Conclusions*), Литературу (*References*) и Допунски материјал (*Supplementary*). На почетку дисертације дати су изводи на енглеском и српском језику. По свом облику и садржају, поднети рад задовољава све стандарде за докторску дисертацију Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводу је прво дат општи преглед врста *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L. чији отпадни листови су коришћени у оквиру ове докторске дисертације, кроз приказивање њихових ботаничких карактеристика, као и традиционалне примене и фармаколошког значаја. Затим је описан биолошки потенцијал и потенцијална примена биљног отпада и полифенолних једињења, као најзначајних секундарних метаболита биљака, са посебним акцентом на њихову антиоксидативну, антимикуробну и регенеративну активност на нивоу коже. Потом су детаљно објашњени процеси екстракције (традиционалне и савремене методе) и инкапсулације биљних екстракта, уз осврт на факторе који утичу на поменуте процесе, као и материјале који се примењују са акцентом на липозоме као носаче. У оквиру Циљева истраживања наведени су сви циљеви докторске дисертације: оптимизација процеса екстракције из отпадног лишћа *A. vera* и *V. myrtillus*, хемијска и физичка карактеризација екстракта, дефинисање биолошког потенцијала екстракта укључујући антиоксидативни, антибактеријски, антифунгални и цитотоксични ефекат на кератиноцитима, као и анти-инфламаторни капацитет, инкапсулација екстракта у липозоме и њихова физичко-хемијска карактеризација и испитана стабилност.

Експериментални део је обухватио све материјале и методе коришћене у истраживачком раду: методе екстракције (мацерација, екстракција на повишеној температури, екстракција ултразвучном сондом и екстракција микроталасима), методу лиофилизације, методе одређивања садржаја укупних полифенола, флавоноида, танина и протеина, методе хемијске карактеризације екстракта – инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (FTIR) и анализа активних једињења течном хроматографијом (LC-MS), методе испитивања антиоксидативне активности (ABTS, DPPH, CUPRAC и FRAP тестови), антимикуробне активности на *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* spp., *Proteus* spp. и *Candida albicans* (диск дифузиони тест; дозвола Етичке комисије под бројем 0203-07-013/006/2025), испитивање цитотоксичности, антиоксидативног и анти-инфламаторног потенцијала на HaCaT ћелијама (дозвола Етичке комисије под бројем 0203-07-013/007/2025), методу инкапсулације (припрема липозома), методу ултравиолетног зрачења липозома, одређивање степена инкапсулације, методу одређивања величине честица, зета потенцијала и индекса полидисперзије липозома, методе одређивања

реолошких својстава екстраката и липозома (густина, површински напон и вискозитет) и статистичку анализу.

У поглављу Резултати и дискусија, прво су приказани резултати оптимизације процеса екстракције полифенола из отпадног лишћа обе коришћене биљне врсте. Процес екстракције је оптимизован применом различитих односа чврсте материје и растварача, медијума за екстракцију и времена екстракције коришћењем четири технике екстракције (мацерација, екстракција применом повишене температуре, ултразвука и микроталаса). Оптимални услови за постизање највеће концентрације полифенола зависили су од примењеног поступка екстракције. Највећи садржај полифенола измерен је у екстрактима отпадних листова алое и боровнице припремљеним у микроталасном реактору. LC-MS анализом детектовано је и квантификовано 13 антрахинона и хромонских једињења у одабраним *A. vera* екстрактима, док је у одабраним *V. myrtillus* екстрактима детектовано 29 фенолних једињења, а 23 су квантификована. Укупни садржај флавоноида, танина и протеина зависио је од техника екстракције које су се користиле у оба типа екстракта. Варијације у FTIR спектрима екстраката *A. vera* и *V. myrtillus* припремљених различитим поступцима екстракције нису примећене и спектри су показали присуство функционалних група биоактивних једињења. Антиоксидативни потенцијал *A. vera* и *V. myrtillus* екстраката потврђен је у четири теста (ABTS, DPPH, FRAP и CUPRAC методе) као и у ћелијској линији кератиноцита, док је антимикробна активност показана у случају две Грампозитивне бактерије, *E. faecalis* и *S. aureus*. У *in vitro* тесту, екстракти су такође показали стимулативни ефекат на виабилност кератиноцита. Екстракти листова боровнице показали су анти-инфламаторну активност у инфламацији изазваној липополисахаридом у ћелијској линији NaCaT. Што се тиче приноса екстракције, постојала је значајна разлика између екстраката припремљених различитим техникама екстракције. Вредности проводљивости и зета потенцијала екстраката су биле значајно ниске, док су густина, површински напон и вискозитет варирали у уском опсегу. Ефикасност енкапсулације полифенола из екстраката у липозомским везикулама била је висока (>85%). УВ зрачење није утицало на величину везикула липозома са алое екстрактом, али је резултирало повећањем PDI вредности, смањењем проводљивости и инверзијом зета потенцијала и покретљивости липозома. УВ зрачење није утицало на величину честица и PDI вредност липозома са екстрактом листа боровнице, док су зета потенцијал, проводљивост и покретљивост значајно смањени након УВ зрачења. УВ зрачење је значајно повећало густину и површински напон и смањило вискозитет свих липозомалних узорака. Липозоми са *A. vera* и *V. myrtillus* екстрактом били су физички стабилни током 60 дана складиштења на 4°C, односно није дошло до агрегације или значајних промена у униформности липозома.

У поглављу Закључци таксативно су наведени најважнији закључци изведени из испитивања изложених у претходним поглављима.

Након тога, у поглављу Литература наведене су све референце коришћене током израде и писања докторске дисертације.

У поглављу Допунски материјал приказане су слике хроматограма испитаних екстраката, као и структурне формуле идентификованих једињења.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане као предмет истраживања има савремену тему која се односи на оптимизацију процеса екстракције биоактивних принципа из отпадног лишћа *A. vera* и *V. myrtillus*, хемијску карактеризацију и биолошке активности екстраката, као и њихову инкапсулацију у липозоме. Биљке имају способност да синтетишу и складиште велики број различитих биолошки активних једињења, као што су протеини, шећери, витамини, влакана, етарска уља и полифенолна једињења који данас налазе широку примену у прехранбеној, козметичкој и фармацеутској индустрији, због чега се биљке називају „хемијским златним рудницама“. Будући да је већину поменутих метаболита биљака веома скупо или чак немогуће синтетисати у лабораторији, најбоља опција за њихово издвајање и концентрисање јесте екстракција из природних извора.

Оптимизација процеса екстракције представља први корак у добијању максималног приноса активних компоненти из биљних извора, као безбедне и природне алтернативе за синтетске компоненте. Фактори који значајно утичу на принос екстрахованих биолошки активних компоненти јесу карактеристике биљног материјала (попут степена уситњености биљног материјала), количина биљног материјала и екстракционог медијума, врста растварача, време екстракције, температура, притисак, а уз то и сама метода екстракције. Будући да се биоактивне компоненте разликују по својој структури, није могуће установити стандардизовану методу која ће допринети екстракцији свих биоактивних принципа из сваког биљног извора. Зато оптимизација процеса екстракције представља изузетно важан корак у изоловању биоактивних једињења, због њихове структурне и физичко-хемијске разноврсности. У овој докторској дисертацији коришћене су традиционалне (мацерација и екстракција на повишеној температури) и савремене методе екстракције биоактивних принципа из отпадног лишћа алое и боровнице (екстракција ултразвучним таласима и микроталасима у реактору). Додатно, коришћен је биљни отпад као полазна сировина у екстракцији, као савремен приступ циркуларној економији и принципу *zero waste*. С обзиром да су отпадни биљни материјали који настају након производног процеса и прераде богати биоактивним принципима и поседују биљне честице малог дијаметра, омогућен је висок степен приноса екстракције жељених једињења. Поменути отпадни материјал листова алое и боровнице није досада коришћен за изоловање и даље испитивање њихових биолошки активних једињења. Такође, варијације су екстракциони фактори од интереса како би се испитао њихов утицај на принос жељених једињења у екстрактима (врста растварача, однос биљног материјала и екстракционог растварача, као и време екстракције и техника екстракције). Полифеноли, који представљају велику групу секундарних метаболита биљака, између осталог поседују антиоксидативну, анти-инфламаторну, цитотоксичну, антибактеријску и антифунгалну активност. Стога је у овој докторској дисертацији испитан антиоксидативни, анти-инфламаторни и антимикуробни потенцијал екстракта отпадног лишћа алое и боровнице, као и цитотоксичност екстракта на *HaCaT* ћелијској линији. С обзиром на чињеницу да полифенолна једињења могу да утичу на слободне радикале и медијаторе инфламације, али и на раст и метаболизам одређених микроорганизама, у зависности од структуре и концентрације, применом *LC-MS* методе урађена је хемијска карактеризација (квалитативна и квантитативна анализа) добијених екстракта отпадног лишћа алое и боровнице. Нестабилност биљних биоактивних принципа у току процеса производње, дистрибуције и чувања производа у које су инкорпорирани, као и услед дејства спољних услова (температура, влажност ваздуха, кисеоник, светлост, слободни радикали, промена *pH*, итд.), ограничава њихову активност, биорасположивост и потенцијалне корисне ефекте на здравље људи. Инкапсулацијом биоактивних принципа у одговарајуће носаче превазилазе се поменути недостаци и долази до побољшања њихове биорасположивости и контролисаног отпуштања. Наиме, савремене технике инкапсулације биљних активних принципа подразумевају спреј сушење, инкапсулацију у липозоме, наноинкапсулацију, лиофилизацију, инкапсулацију изливањем из раствора, емулзификацију, коацервацију, ко-кристализацију, инклузионо комплексирање, екструзију, као и многе друге методе. Пролипозомна метода представља једноставну и модерну технику припреме липозома код којих је унутрашња, водена, фаза одвојена од спољашње двослојном мембраном, структурно сличној ћелијској. Због припреме липозома на собној температури, обезбеђује се очување термолабилних једињења присутних у почетној сировини. Фосфолипиди, захваљујући својој доброј природи и могућности мешања са липофилним, хидрофилним и амфибилним компонентама биљних екстракта, као и физичко-хемијским и функционалним карактеристикама представљају добар избор материјала приликом инкапсулације биоактивних принципа из екстракта применом пролипозомне методе. Поред тога, водена фаза присутна у липозомима интерагује са полифенолним компонентама преко водоничних веза и хидрофобних интеракција. Коришћена пролипозомна метода у поређењу са другим техникама инкапсулације у липозоме поседује боље перформансе везане за ефикасну инкапсулацију жељене компоненте, захваљујући високом нивоу емулзификације, високој стабилности и тенденцији стварања формулације са задовољавајућим физичко-хемијским карактеристикама. Из тих разлога, у овој докторској дисертацији су екстракти отпадног лишћа алое и боровнице инкапсулирани у липозоме пролипозомном методом уз последиичну карактеризацију добијених инкапсулата, као и испитивање утицаја УВ зрачења (као широко коришћене методе стерилизације) на карактеристике развијених липозома. Резултати докторске дисертације дају увид научној јавности и индустријском сектору о биолошком потенцијалу екстракта отпадног лишћа алое и боровнице као антиоксидативних и антимикуробних продуката, као и анти-инфламаторних агенаса (важи за екстракте листа боровнице), који не показују цитотоксични потенцијал на ћелијској линији кератиноцита, са

идејом шире примене добијених екстраката и њихових липозомалних инкапсулата, који могу да допринесу квалитету и унапређеној вредности већ постојећих производа, уз замену синтетских агенаса од којих се многи сматрају токсичним и канцерогеним. На основу опсежног прегледа литературе, може се закључити да се истраживања у оквиру ове докторске дисертације уклапају у светске трендове и указују на значај и актуелност проучавање и испитане проблематике.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане, студенткиње докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, наведене су 252 библиографске јединице које су релевантне у области истраживања и указују на значај испитиване проблематике. У оквиру литературних навода налазе се, углавном, референце новијег датума. Такође, може се уочити и присуство референци старијег датума у којима се налазе основе поставке из теорије на којима се истраживање заснива. Сходно овоме, може се извести закључак да су истраживања која су приказана у наведеним референцама била од користи приликом постављања методологије експерименталног рада, анализе и дискусије добијених резултата.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Резултати који су приказани у оквиру ове докторске дисертације су добијени одговарајућим експериментима, применом савремених препаративних и аналитичких инструменталних метода, према оригиналним или модификованим процедурама из литературе. Екстракти из отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus* добијени су применом четири техника екстракције: мацерација, екстракција на повишеној температури, ултразвучном сондом и микроталасима. Садржај полифенола, флавоноида, танина и протеина у добијеним екстрактима одређен је индиректним спектрофотометријским методама. Хемијска карактеризација одабраних екстраката урађена је применом LC-MS и FTIR метода, док је антиоксидативна активност испитана у ABTS, DPPH, FRAP и CUPRAC тестовима и тесту продукције слободних радикала на ћелијској линији кератиноцита. Антимикробна активност на шест бактеријских и једном гљивичном соју испитана је применом диск дифузионог теста (дозвола Етичке комисије под бројем 0203-07-013/006/2025), а анти-инфламаторна активност на инфламацији изазваној бактеријским липополисахаридом на НаСаТ ћелијској линији (дозвола Етичке комисије под бројем 0203-07-013/007/2025). Цитотоксични потенцијал екстраката је испитан применим МТТ теста на НаСаТ ћелијској линији. Инкапсулација екстраката у липозомалне честице извршена је применом пролипозомне методе. Карактеризација добијених липозомалних инкапсулата екстраката и њихових УВ озрачених паралела извршена је кроз одређивање степена инкапсулације, затим применом следећих метода: FTIR (хемијске карактеристике), дифракције ласерске светлости (величина честица, расподела величина честица и зета потенцијал) и одређивање реолошких својстава. Статистичка обрада свих података урађена је применом статистичког софтвера STATISTICA 7.0.

3.4. Применљивост остварених резултата

Оптимизацијом процеса екстракције из отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus* добијене су комбинације варијанси које у различитим техникама екстракције дају екстракте са највећим садржајем биоактивних принципа. Приказане процедуре се могу применити у индустријским условима за добијање већих количина екстраката богатих биолошки активним компонентама. Испитивањем биолошких ефеката екстраката утврђена је антиоксидативна и антибактеријска активност, као и одсуство цитотоксичности на ћелијској линији кератиноцита, што отвара пут развијеним екстрактима да буду примењени у фармацеутској и козметичкој индустрији, у циљу замене синтетских агенаса у производима за примену на кожи. Инкапсулацијом екстраката у липозоме, остварена је боља стабилност биоактивних компонената, те инкапсулати биоактивних принципа екстраката отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus* који су описани у овој докторској дисертацији имају велики потенцијал за примену у фармацеутским и козметичким производима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Спровodeћи иновативна истраживања приликом израде докторске дисертације, кандидаткиња Муна Рајаб Елферјане, студенткиња докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета

Универзитета у Београду, показала је изузетну самосталност у реализацији експеримената кроз модификацију примењених процедура и метода, као и кроз анализу и начин представљања добијених резултата. Током својих истраживања, која је спровела са високим нивоом одговорности и самосталности, показала је систематичност, креативност, али и критичност према свом раду. Током докторских студија, Муна Рајаб Елферјане се истицала способношћу да на прави начин сагледа, представи и у потпуности растумачи бројне резултате добијене током експерименталног рада. На основу бројних постигнутих резултата, како оних везаних за докторску дисертацију, тако и оних истраживања ван докторске дисертације, али и изузетног залагања, те доприноса развоју науке, Комисија је мишљења да кандидаткиња Муна Рајаб Елферјане поседује све неопходне квалитете за самостални научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси резултата истраживања остварених у оквиру ове докторске дисертације се огледају у:

- разумевању механизма различитих процеса екстракције: мацерација, екстракција на повишеној температури, ултразвучном сондом и микроталасима;
- дефинисању најпогоднијег растварача, односа биљног материјала и екстракционог медијума и времена у различитим методама екстракције, којима се добијају екстракти са највећим садржајем биоактивних принципа;
- хемијској карактеризацији добијених екстраката из отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus*;
- добијању информација о биолошким активностима добијених екстраката, са становишта антиоксидативног, антимикубног и анти-инфламаторног потенцијала екстраката лишћа *A. vere* и *V. myrtillus*, праћене анализом њихове цитотоксичности на ћелијама коже;
- указивању на ефикасности пролипозомне методе за припрему липозома коришћењем природних, биоразградивих, нетоксичних, економски прихватљивих и комерцијално доступних фосфолипида;
- добијању прецизних података везаних за величину честица липозома, индекс полидисперзије и површинско наелектрисање и стабилност у току времена складиштења од шездесет дана;
- добијању информација везаних за хемијска својства и потенцијалне интеракције између носача (фосфолипида) и активних супстанци екстраката из отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus*;
- добијању информација везаних за реолошке карактеристике развијених липозомалних система са екстрактима из отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus*;
- одређивању утицаја УВ зрачења на физичко-хемијске карактеристике и стабилност липозома са инкапсулираним екстрактима из отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus*;
- доприносу у формулисању и физичко-хемијској карактеризацији комплексног система липозом-екстракт, који је као такав погодан за примену у фармацеутској и козметичкој индустрији, а који може обезбедити ефекат контролисаног и продуженог отпуштања и повећане биорасположивости биоактивних принципа из екстраката отпадног лишћа *A. vere* и *V. myrtillus*.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања везана за оптимизацију процеса екстракције биоактивних принципа из отпадног лишћа алое и боровнице, у оквиру ове докторске дисертације, показала су да је највећи принос полифенола у екстрактима, тј. оптимални услови за постизање највеће концентрације полифенола зависили од примењеног поступка екстракције. Највећи садржај полифенола измерен је у екстрактима отпадних листова алое и боровнице припремљеним у микроталасном реактору. Ова докторска дисертација представља свеобухватну студију о утицају различитих фактора екстракције и метода екстракције на принос полифенолних једињења отпадног лишћа алое и боровнице, са циљем да се постигне најефикаснији процес екстракције и последично повећање садржаја полифенола у екстрактима. Хемијска карактеризација екстраката показала је присуство 13 антрахинона и хромонских једињења у

одабраним алое екстрактима (која су и квантификована), док је у одабраним екстрактима листа боровнице детектовано 29 фенолних једињења, а 23 су квантификована. Укупни садржај флавоноида, танина и протеина зависио је од техника екстракције које су се користиле у оба типа екстракта. Варијације у FTIR спектрима екстраката из отпадног лишћа алое и боровнице припремљених различитим поступцима екстракције нису примећене и спектри су показали присуство функционалних група биоактивних једињења која поседују значајан антибактеријски, антифунгални, антиоксидативни и анти-инфламаторни потенцијал. Применом пет различитих антиоксидативних тестова (ABTS, DPPH, FRAP и CUPRAC методе и тест продукције слободних радикала у ћелијској линији кератиноцита) и диск дифузионог метода на шест бактеријских и једном гљивичном соју, показан је антиоксидативни и антибактеријски потенцијал према *E. faecalis* и *S. aureus*. Испитивањем цитотоксичности екстракта на HaCaT ћелије потврђено је одсуство утицаја на инхибицију виабилности кератиноцита. Екстракти листова боровнице показали су анти-инфламаторну активност у инфламацији изазваној липополисахаридом у ћелијској линији HaCaT. Што се тиче приноса екстракције, постојала је значајна разлика између екстраката припремљених различитим техникама екстракције. Вредности проводљивости и зета потенцијала су биле значајно ниске, док су густина, површински напон и вискозитет варирали у уском опсегу.

Ефикасност енкапсулације полифенола из екстраката листа алое и боровнице у липозомима била је висока. УВ зрачење није утицало на величину везикула липозома са алое екстрактом, али је резултирало повећањем вредности индекса полидисперзије, смањењем проводљивости и инверзијом зета потенцијала и покретљивости липозома. УВ зрачење није утицало на величину честица и вредност индекса полидисперзије липозома са екстрактом листа боровнице, док су зета потенцијал, проводљивост и покретљивост значајно смањени након УВ зрачења. УВ зрачење је значајно повећало густину и површински напон и смањило вискозитет свих липозомалних узорака. Липозоми са алое и боровница екстрактом били су физички стабилни током 60 дана складиштења на 4°C, односно није дошло до агрегације или значајних промена у униформности липозома. FTIR спектри липозомалних инкапсулата екстраката показали су готово искључиво траке које потичу од фосфолипидних смеша, што указује на ефикасну инкапсулацију активних компонената екстраката и самим тим њихову бољу заштиту. Досадашња истраживања и добијени резултати отворили су врата новим експериментима, попут испитивања утицаја развијених екстраката отпадног лишћа алое и боровнице и њихових липозомалних инкапсулата на активност ензима и туморске ћелије, као и испитивање кинетике отпуштања из поменутих система и њихову потенцијалну имплементацију у фармацеутске и козметичке производе за примену на кожи.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња Муна Рајаб Елферјане, студенткиња докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду резултате свог истраживања током израде ове дисертације потврдила је објављивањем радова у часописима међународног и националног значаја, као и представљањем радова на међународним скуповима. Резултате свог досадашњег научноистраживачког рада у оквиру докторске дисертације објавила је у укупно 8 публикација, од тога два (2) рада у часописима међународног значаја од којих су оба (2) рада публикована у врхунским међународним часописима (M21); један (1) рад у национални часопису међународног значаја (M24); четири (4) саопштења са међународних скупова штампана целисти (M33) и једно (1) саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34).

Списак научних радова и саопштења који су произашли као резултат рада кандидаткиње на докторској дисертацији:

Радови објављени у врхунском међународном часопису – M21:

1. **Elferjane Muna Rajab**, Jovanović Aleksandra A., Milutinović Violeta, Čutović Natalija, Jovanović Krivokuća Milica, Marinković Aleksandar (2023) From *Aloe vera* Leaf Waste to the Extracts with Biological Potential: Optimization of the Extractions, Physicochemical Characterization, and Biological Activities. *Plants*, 12 (14), 2744. <https://doi.org/10.3390/plants12142744>, Molecular Diversity Preservation International (ISSN: 2223-7747, IF (2022)=4,5, IF (2022, petogodišnji)=4,8, Plant Sciences 43/238)
2. **Elferjane Muna Rajab**, Jovanović Krivokuća, Milica, Taherzadeh, Mohammad J, Pietrzak, Witold, Marinković, Aleksandar, Jovanović, Aleksandra (2024) *Vaccinium myrtillus* L. Leaf Waste as a Source of

Biologically Potent Compounds: Optimization of Polyphenol Extractions, Chemical Profile, and Biological Properties of the Extracts. *Pharmaceutics*, 16 (6), 740. <https://doi.org/10.3390/plants12142744>, *Molecular Diversity Preservation International* (ISSN: 1999-4923, IF (2022)=5,4, IF(2022, petogodišnji)=6,0, *Pharmacology & Pharmacy* 39/274)

Рад објављен у националном часопису међународног значаја – M24:

1. **Muna Elferjane**, Petar Batinić, Natalija Čutović, Milena Milošević, Vojislav Ćirić, Aleksandar Marinković, Aleksandra Jovanović (2023) Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from *Vaccinium myrtillus* leaves. *Lekovite sirovine*, 43, e135. <https://doi.org/10.61652/leksir2343e135E>

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204 од 22. јуна 2018. године), коришћењем програма iThenticate (11. априла 2025. године) извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидаткиње Муне Елферјане (Muna Elferjane) под називом „Ekstrakti otpadnih listova *Aloe vera* L. i *Vaccinium myrtillus* L.: optimizacija ekstrakcija, fizičko-hemijska karakterizacija, biološke aktivnosti i inkapsulacija“ ("*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation").

Утврђени проценат подударности је 21%. Овај проценат је последица општих места, односно употребе стручних термина и података који се тичу обрађене теме, назива коришћених метода и њихових скраћеница, личних имена, инструмената, цитиране литературе и изјава кандидата. Део подударности се односи на претходно публиковане резултате докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације.

На основу свега изложеног Комисија сматра да је докторска дисертација кандидаткиње Муне Елферјане оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу података и резултата који су претходно представљени, Комисија закључује да докторска теза кандидаткиње Муне Рајаб Елферјане представља значајан допринос у научној области којој припада, што је подржано радовима објављеним у реномираним међународним часописима. Предмет и циљеви који су дефинисани у извештају за оцену научне заснованости теме су остварени. Стога, Комисија је мишљења да предметна докторска дисертација задовољава све неопходне критеријуме, као и да је кандидаткиња током научноистраживачког рада показала висок степен самосталности, креативности и одговорности. Имајући у виду обим, сложеност и научни допринос постигнутих резултата области Биотехнологија и биотехнолошко инжењерство, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и да га заједно са поднетом докторском дисертацијом кандидаткиње **Муне Рајаб Елферјане** под насловом: **„Екстракти отпадних листова *Aloe vera* L. и *Vaccinium myrtillus* L.: оптимизација екстракција, физичко-хемијска карактеризација, биолошке активности и инкапсулација“** (енгл. **„*Aloe vera* L. and *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste extracts: optimization of the extractions, physicochemical characterization, biological activities, and encapsulation“**) изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка процедуре позове кандидаткињу на усмену одбрану докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 06. октобар 2025. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Дејан Безбрадица, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Марко Стаменић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Виолета Милутиновић, научни сарадник
Универзитет у Београду, Фармацеутски факултет