

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2026 - 35/198

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

11. 6. 2026.

(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:

**Валоризација какао љуске применом ензимски потпомогнуте екстракције и евалуација
биолошког потенцијала добијених екстраката**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Сандра (Марко) Ракин

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

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Биохемијско инжењерство и биотехнологија, мастер инжењер технологије

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2023.

4. Година уписа на докторске студије: 2023.
-

5. Назив студијског програма докторских студија:

Биохемијско инжењерство и биотехнологија

6. Датум подношења пријаве теме докторске дисертације:

7. 5. 2026.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Сандра Ракин**

Име и презиме ментора: **др Дејан Безбрадица**

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

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Losada-Garcia, N., Simović, M., Ćorović, M., Milivojević, A., Nikačević, N., Mateo, C., **Bezbradica, D.**, Palomo, J.M. (2025) Developing and improving enzyme-driven technologies to synthesise emerging prebiotics. *Green Chemistry*, 27(29), pp. 8777-8803. DOI: 10.1039/d5gc01723h; ISSN: 1463-9262; IF (2024): 9,8.
2. Ćorović, M., Petrov Ivanković, A., Milivojević, A., Pfeffer, K., Homey, B., Jansen, P., Zeeuwen, P., van den Bogaard, E., **Bezbradica, D.** (2025) Investigating the Effect of Enzymatically-Derived Blackcurrant Extract on Skin Staphylococci Using an In Vitro Human Stratum Corneum Model. *Pharmaceutics*, 17(4), 487. DOI: 10.3390/pharmaceutics17040487; ISSN: 1999-4923; IF5 (2024)=5,8.
3. Simović, M., Banjanac, K., Veljković, M., Nikolić, V., López-Revenga, P., Montilla, A., Moreno, F.J., **Bezbradica, D.** (2024) Sunflower Meal Valorization through Enzyme-Aided Fractionation and the Production of Emerging Prebiotics. *Foods*, 13(16), 2506. DOI: 10.3390/foods13162506; ISSN: 2304-8158; IF(2022)=5,2;
4. Ćorović, M., Petrov Ivanković, A., Milivojević, A., Veljković, M., Simović, M., López-Revenga, P., Montilla, A., Moreno, F.J., **Bezbradica, D.** (2024) Valorisation of Blackcurrant Pomace by Extraction of Pectin-Rich Fractions: Structural Characterization and Evaluation as Multifunctional Cosmetic Ingredient, *Polymers*, 16(19), DOI: 10.3390/polym16192779 2779; ISSN:2073-4360; IF(2022)=5,0;
5. Katić, K., Banjanac, K., Veljković, M., Simović, M., Milošević, M., Nemec, S., Marinković, A., **Bezbradica, D.** (2025) Biotransformation of xylan isolated from sunflower meal into xylo-oligosaccharides using endo-xylanase immobilized on oxidized nanocellulose, *Molecular Catalysis*, 585(10), 115340. DOI: 10.1016/j.mcat.2025.115340; ISSN: 2468-8231; IF (2024)=4,9.

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

за кандидата **Сандра Ракин**

Име и презиме ментора: **др Александра Јовановић**

Звање: виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Jovanović, A.A.**, Krgović, N., Živković, J., & Šavikin K. (2026). Eco-friendly valorization of wild thyme processing residue: Ultrasound probe-assisted extraction using tailored natural deep eutectic solvents and evaluation of antioxidant activity. *Food and Bioproducts Processing*, 157, 610–628, Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2026.04.008>, ISSN: 0960-3085, IF (2024): 3,4.
2. Simões, S., **Jovanović, A.**, Ali, N., Ribeiro, A., Pereira-Leite, C., Aruci, E., Colley, H., & Lima, S. (2025). Nanoliposomes in skincare products. In C. W. Lai & P. Thomas (Eds.), *Nanotechnology in Cosmeceuticals*. Elsevier Science Publishing Co Inc, pp. 263–278. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-30184-1.00022-3>, ISBN: 978-0-443-30184-1.
3. **Jovanović, A.A.**, Petrović, P., Pirković, A., Mitić, N., Giampieri, F., Battino, M., & Dekanski, D. (2025). Ergosterol-enriched liposomes with post-processing modifications for Serpylli herba polyphenol delivery: Physicochemical, stability and antioxidant assessment. *Pharmaceutics*, 17(11), 1362, MDPI. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17111362>, ISSN: 1999-4923, IF (2024): 5,5.
4. Šavikin, K., Alimpić Aradski, A., **Jovanović, A.**, Pirković, A., Radan, M., Ćujić Nikolić, N., & Živković, J. (2025). From food waste to anti-aging solution: Harnessing the bioactive potential of pomegranate peel microparticles in skincare. *Bioorganic Chemistry*, 164, 108818, Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2025.108818>, ISSN: 0045-2068, IF (2024): 4,7.
5. Ashowen Ahmoda, R., Milošević, M., Marinković, A., & **Jovanović, A.A.** (2025). Nano-liposomal carrier as promising dermal delivery platform for *Fumaria officinalis* L. bioactives. *Pharmaceutics*, 17(6), 782, MDPI. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17060782>, ISSN: 1999-4923, IF (2024): 5,5.

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 11. 6. 2026. 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

ДП

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 11. 6. 2026. 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 **Сандре Ракин, број индекса 2023/4001, под називом: „Валоризација како љуске применом ензимски потпомогнуте екстракције и евалуација биолошког потенцијала добијених екстраката”.**

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

За менторе се одређују др Дејан Безбрадица, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Александра Јовановић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије – ИНЕП.

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 кандидаткиње Сандре Ракин, мастер инжењера технологије

Одлуком бр. 2026-35/164 од 7. маја 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње Сандре М. Ракин, мастер инжењера технологије, под радним насловом „Валоризација какао љуске применом ензимски потпомогнуте екстракције и евалуација биолошког потенцијала добијених екстраката“.

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

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Сандра Ракин, мастер инжењер технологије, рођена је 29. септембра 1999. године у Београду где је завршила основну и средњу школу (Четврта гимназија у Београду, природно-математички смер). Основне академске студије уписала је 2018/2019. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. Добитница је награде „Панта С. Тутунџић“ за постигнут успех на првој години студија. Била је стипендиста и практикант компаније Хемофарм и *STADA Group*, у оквиру програма „*You can do it*“, као један од десет изабраних студената у области технологије, медицине и фармације у Србији 2021/2022. године. Дипломирала је 2022. године на студијском програму Хемијско инжењерство, изборни модул Фармацеутско инжењерство, са просечном оценом 9,33 одбравивши завршни рад на тему „Термофизичка и термодинамичка карактеризација Na-алгината и поливинил алкохола и њихових смеша“ са оценом 10, под менторством проф. др Ивоне Радовић. Мастер академске студије уписала је 2022/2023. године, а почетком 2023. године похађала је стручну праксу на *Faculty of Biotechnology and Animal Husbandry, West Pomeranian University of Technology in Szczecin*, Пољска, на Одељењу за биотехнологију, у оквиру које је реализовала експериментални део мастер рада под менторством проф. др Radosława Drozda. Мастер академске студије завршила је у септембру 2023. године са просечном оценом 9,67, одбравивши завршни мастер рад на тему „Синтеза и карактеризација бактеријске целулозе добијене помоћу *Komagataeibacter xylinus*“ са оценом 10, под менторством проф. др Бранка Бугарског. Добитница је стипендије „Доситеја“ Фонда за младе таленте Републике Србије 2023. године.

Докторске академске студије уписала је школске 2023/2024. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Биохемијско инжењерство и биотехнологија. Положила је све испите предвиђене планом и програмом студијског програма са просечном оценом 9,80, укључујући и завршни испит. Обављала је тромесечну студентску праксу на Институту за примену нуклеарне енергије - ИНЕП, Универзитет у Београду, од октобра 2023. до јануара 2024. године. Запослена је од 1. марта 2024. у ИНЕП-у на Одељењу за развој дијагностичких тестова за примену у медицини, ветерини и области безбедности хране. У звање истраживач приправник изабрана је одлуком Научног већа ИНЕП-а 17. јануара 2024. У току 2024. године била је руководилац пројекта *SEED Research Grant* под називом „Примена *IGRA* теста за испитивање ћелијског имуног одговора на глутен“. Исте године била је члан тима на пројекту *SEED Research Grant* под називом „Ефикасност вакцинације против хуманог папилома вируса“. Поред области дијагностике на Институту на којем је

запослена, њено докторско истраживање на факултету усмерено је на валоризацију љуске какао зрна као агроиндустријског нуспроизвода, са посебним фокусом на добијање и карактеризацију полифенолних екстраката и олигосахарида добијених ензимском хидролизом.

1.2. Сечено научно-истраживачко искуство

Сандра Ракин је положила све испите предвиђене планом и програмом докторских академских студија, као и завршни испит на тему „Анализа потенцијала угљенохидратних и фенолних компоненти какао љуске за развој иновативних производа“. Списак положених испита, остварених ЕСПБ бодова и оцена приказани су у табели која следи:

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
Одабрана поглавља биохемије - витамини	10	6
Молекуларна дијагностика са биоинформатиком	9	5
Биохемијска кинетика	10	6
Хемијска кинетика	9	6
Одабрани микробиолошки процеси у заштити животне средине	10	5
Биоактивне материје у козметичким производима	10	5
Инжењерство ћелије	10	6
Физичко-хемијске основе фармацеутског инжењерства	10	5
Математичко програмирање	10	6
Завршни испит	10	30
	Просечна оцена: 9,80	Збир ЕСПБ поена: 80

У звање истраживач приправник изабрана је одлуком Научног већа ИНЕП-а 17. јануара 2024. У оквиру свог досадашњег рада на Институту учествовала је у истраживањима усмереним на развој и производњу дијагностичких тестова. Рад је био фокусиран на производњу рекомбинантних протеина, који је обухватао изолацију ДНК и РНК, дизајн прајмера, оптимизацију и спровођење PCR реакција, рестрикцију, лигацију, хемијску припрему компетентних ћелија, трансформацију бактерија топлотним шоком, изолацију плазмидне ДНК, као и производњу и пречишћавање протеина са *6xHis* тагом применом Ni- и Co-IMAC хроматографије. Такође је примењивала методе *SDS-PAGE*, *Western blot* и сродне технике за анализу и идентификацију добијених протеина. Учествовала је у развоју дијагностичког теста за детекцију специфичних IgY антитела против борнавируса код птица, као и у развоју универзалног брзог дијагностичког теста за детекцију антитела специфичних за *Trichinella spiralis* код људи и животиња. У јулу 2024. године завршила је додатну обуку за производњу рекомбинантних протеина применом *Escherichia coli* експресионог система на Хемијском факултету Универзитета у Београду. Током 2025. године завршила је обуку за рад на *HABITAT* биореакторском систему и обуку за рад са ћелијским културама и испитивање цитотоксичности применом *MTT* теста. Истраживања у оквиру докторске дисертације усмерила је ка валоризацији љуске какао зрна као значајног агроиндустријског нуспроизвода. Истраживање је фокусирано на примену конвенционалних и ензимски потпомогнутих метода екстракције у циљу добијања екстраката са биолошким потенцијалом, са посебним фокусом на екстракте богате полифенолима, као и на добијање олигосахарида ензимском хидролизом полисахаридне фракције љуске какао зрна. На основу досадашњих резултата свих горепоменутих истраживања коаутор је два рада у водећим националним

часописима (M24), четири саопштења на међународним скуповима штампана у изводу (M34) и једног битно побољшаног техничког решења на међународном нивоу (M83).

Списак објављених научних радова и саопштења:

Радови у водећим националним часописима (M24):

1. Bulatović, M., Zarić, D., **Rakin, S.**, Ostojin, V., Mijatović, J., Rakin, M. (2025). Antioxidant and techno-functional properties of wheat flour fortified with cocoa bean shells. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, Vol. 52, pp. 3-8. ISSN: 1857-8489.
2. Krstić, N., Gnjatović, M., Mladenović, L., **Rakin, S.**, Jovanović, A., Nišavić, J., Lupulović, D. (2026). Canine infectious respiratory disease complex (CIRDC) worldwide: A review of epidemiology and distribution. *Veterinarski glasnik*, pp. 1-22. ISSN: 0350-2457. <https://doi.org/10.2298/VETGL250718015K>

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34):

1. **Rakin, S.**, Jovanović, A., Jovanović Krivokuća, M., Bulatović, M., Zarić, D., Rakin, M. Chemical Characterization and Cytotoxic Profile of Cocoa Bean Shell (*Theobroma cacao* L.) extract as a Potential Cosmetic Ingredient. 23rd Young Researchers Conference - Materials Science and Engineering, December 3-5, 2025, Belgrade, Serbia, p. 50. ISBN: 978-86-80321-40-0.
2. Jovanović, A., **Rakin, S.**, Kartalović, B., Vukosavljev, M., Lupulović, D., Gnjatović, M. Protein Extraction from *Daucus carota* L. Root Peel: Optimization of Extraction Solvent and Procedure. II Conference FoodWaStop Sustainable management, quantification and valorisation. March 4-5, 2025. Cordoba, Spain, p. 87.
3. Plečić, A., **Rakin, S.**, Mladenović, L., Gnjatović, M., Jovanović, A. Antioxidant capacity of *Apium graveolens*, *Apium graveolens* var. *rapaceum*, and *Daucus carota* Extracts. 3rd International UNIFood Conference, June 28-29, 2024, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, p. 89. ISBN: 978-86-7834-438-1.
4. Plečić, A., **Rakin, S.**, Mladenović, L., Čutović, N., Petrović, P., Gnjatović, M., Jovanović, A. Ultrasound and natural deep eutectic solvent as tools for improving extraction yield and antioxidant potential of wild thyme extracts. 3rd International UNIFood Conference, June 28-29, 2024, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, p. 122. ISBN: 978-86-7834-438-1.

Битно побољшано техничко решење на међународном нивоу (M83):

1. Зарић, Д., Петровић, М., Ракин, М., Остојин, В., **Ракин, С.** (2026) Поступак производње пшеничне тортиље обогаћене протеинима биљног порекла. Корисник: Друштво са ограниченом одговорношћу "UNION FOODS" д.о.о., Господарска зона, Трмеђа VI бр. 7, 88260 Читлук, Босна и Херцеговина. Одговорно лице: др Даница Зарић. Прихваћено од стране Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 7.5.2026. године.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада, постигнутих резултата током основних, мастер и докторских академских студија, као и стеченог истраживачког искуства и квалитета објављених публикација, Комисија сматра да је Сандра Ракин, мастер инжењер технологије, показала склоност и изразиту способност за бављење научно-истраживачким радом, те оцењује да је кандидаткиња подобна за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Љуска какао зрна представља главни нуспроизвод индустрије прераде какао зрна и чини између 12 и 20% масе осушеног какао зрна [1]. Иако се најчешће посматра као отпад и користи за обогаћивање земљишта, она је богат извор бројних биоактивних и функционалних једињења пошто садржи

полифеноле, дијететска влакна, протеине и метилксантине (теобромин, кофеин), што јој пружа значајан потенцијал за употребу у прехранбеној, фармацеутској и козметичкој индустрији [2-3].

Индустрија чоколаде често не користи у потпуности какао љуску, јер се њен садржај у какао производима сматра непожељним. Наиме, присуство више од 5% љуске у какао производима негативно утиче на квалитет и сензорна својства финалног производа. Међутим, све већи број истраживања указује да валоризација овог нуспроизвода, која би укључивала сепарацију на фракције богате појединим биоактивним једињењима, може допринети развоју функционалне хране, биоматеријала и биоразградивих композита, чиме се смањује еколошко оптерећење и подстиче циркуларна економија [4]. Током сезоне 2024/25, у свету је произведено 4,73 милиона тона какао зрна, а имајући у виду да какао љуска у просеку чини око 15% масе осушеног какао зрна, процењује се да је настало приближно 0,7 милиона тона какао љуске [5].

Љуске какао зрна богата је дијететским влакнима, угљенохидратним компонентама које показују извесни степен отпорности према варењу и апсорпцији у танком цреву човека [6]. Дијететска влакна у какао љусци су по својој биолошкој функцији структурни угљени хидрати, који се називају још и нескробни полисахариди, и не разграђују се ензимима присутним у људском организму, сем оних које поседује цревна микробиота, те самим тим немају енергетску вредност [3]. Нерастворљива фракција влакана углавном се састоји од целулозе, хемицелулозе и лигнина, при чему однос нерастворљивих и растворљивих влакана варира од 2,2 до 4. У растворљивој фракцији доминантна компонента је пектин, што потврђује и висок садржај уронских киселина [7].

Фенолна једињења какао зрна налазе се претежно у котиледонима (унутрашњим деловима зрна), али током ферментације и других фаза обраде део ових једињења дифузијом прелази у љуску. Процењује се да љуска какао зрна након обраде садржи 12–20% укупних полифенола из свежег зрна [1]. Главну фракцију чине флаван-3-оли (једноставни флавоноиди познати и као флаваноли). У какао љусци су идентификовани мономерни флаван-3-оли епикатехин и катехин, као и њихови олигомери проантоцијанидини (кондензовани танини). Поред ових доминантних компоненти, у какао љусци је потврђено присуство низа осталих фенолних једињења у мањим количинама – фенолних киселина (попут протокатехуинске, галне, ферулне и др.) и различитих флавоноида из других флавоноидних подгрупа [3].

Досадашња истраживања показују да се из љуске какао зрна може издвојити фенолна фракција богата катехином, епикатехином, кверцетином и проантоцијанидинима, применом конвенционалних техника као што је екстракција смешом етанола и воде. Тиме се добија фенолна фракција у којој је епикатехин доминантно једињење, док је садржај олигомерних проантоцијанидина упоредив са екстрактом семенки грожђа, што указује на висок антиоксидативни и нутритивни потенцијал љуске какао зрна [8].

Данас све већи значај имају „зелене“ и неконвенционалне технике екстракције, укључујући екстракцију потпомогнуту ултразвуком, екстракцију потпомогнуту микроталасима, екстракцију суперкритичним CO₂ и екстракцију под притиском. Утврђено је да ултразвучна и микроталасна екстракција представљају ефикасну алтернативу конвенционалним методама екстракције љуске какао зрна и да омогућавају да вода буде довољно погодан екстрагенс за изоловање фенолне фракције. При томе је утврђено да се комбиновањем ове две методе на 90 °C обезбеђује висока антирадикалска активност екстракта, без потребе за претходним одмашћивањем љуске какао зрна [9, 10]. Утврђено је да се добијена полифенолна фракција може додатно стабилизovati инкапсулацијом у липозоме обложене хитозаном, чиме се повећава доступност фенолних једињења након *in vitro* дигестије и потврђује њихов потенцијал за примену у функционалним производима [11].

За разлику од фенолне фракције, полисахаридна фракција љуске какао зрна је до сада мање истражена и искоришћена, иако њен састав указује на значајан потенцијал за даљу биоконверзију у једињења значајне биолошке активности и погодних функционалних карактеристика. Љуска садржи висок удео структурних полисахарида, првенствено пектинских полисахарида, целулозе и хемицелулозе, при чему се алкалном екстракцијом могу добити фракције обogaћене рамногалактуронаном и арабиногалактаном. Ове фракције показале су пребиотски потенцијал упоредив или већи од инулина за одабране пробиотске сојеве, уз формирање кратколанчаних масних киселина током ферментације [12]. Прелиминарна истраживања ензимске хидролизе изолованих полисахарида љуске какао зрна до олигосахарида показала су да примена мултиензимских препарата, посебно Viscozyme® L, омогућава висок принос олигосахарида из полисахарида, при чему доминирају фракције нижег степена полимеризације, погодне за ферментацију од стране пробиотичких бактерија. Добијени олигосахариди показали су пребиотску активност сличну или вишу од инулина и рамногалактуронана у тестовима са *Lactobacillus rhamnosus*

GG и *Bifidobacterium longum* [13]. Пребиотски потенцијал показује и цела, нефракционисана љуска какао зрна. Позитивне вредности пребиотског индекса код нефракционисаног и алкализованог праха љуске какао зрна указују да функционални ефекат може бити последица заједничког доприноса дијететских влакана, пектинских полисахарида и присутних фенолних једињења [14].

Упркос уоченом потенцијалу, досадашња истраживања углавном су фенолну и угљенохидратну фракцију какао љуске проучавала одвојено, док је чврсти остатак након екстракције често остајао недовољно искоришћен. Такав приступ ограничава потпуну валоризацију ове сировине и није у потпуности усклађен са принципима циркуларне економије [9,15]. Због тога је предмет овог истраживања развој биотехнолошког процеса валоризације какао љуске, у оквиру којег ће бити примењено неколико различитих приступа и биће изабрани најпогоднији за потпуно искоришћење биолошког потенцијала ове сировине. Почетна фаза подразумева оптимизацију екстракције фенолних једињења избором оптималног растварача за екстракцију и екстракционе технике, затим искоришћење преосталог чврстог остатка за изоловање полисахаридне фракције и њену ензимску хидролизу до олигосахарида са потенцијалном пребиотском активношћу. Анализа хемијског састава, даље раздвајање фракција хроматографским сепарационим техникама и биолошка карактеризација фракција даће значајан научни допринос корелисању биолошке активности и структурних карактеристика активних супстанци. Детаљна инструментална анализа и поређење биолошког потенцијала нефракционисане матрице, полифенолног екстракта, изоловане полисахаридне фракције, олигосахаридног хидролизата и њихових међусобних комбинација омогућиће и да се испита да ли комбиновање ових фракција може довести до стварања мултифункционалних производа са унапређеним биолошким активностима. У наредној фази фокус истраживања ће бити на развоју биотехнолошких поступака заснованих на ензимски потпомогнутим екстракцијама применом целулаза, ксиланаза, арабинаназа и/или пектиназа, као и примени дубоких еутектичких растварача, као еколошки прихватљивих, „зелених“ растварача. И у овој фази биће примењени различити приступи – ензимски потпомогнута екстракција може да се примени на полазни материјал или на чврсти остатак након екстракције фенолних једињења. Ензимски потпомогнуте екстракције ће омогућити да добијени екстракти поред фенолних једињења садрже и повећану концентрацију олигосахарида те ће омогућити добијање мултикомпонентног биотехнолошког производа. Други приступ ће бити изведен каскадно, са додавањем различитих ензима по етапама да би се добиле фракције богате различитим типовима пребиотских олигосахарида (пектинских, целоолигосахарида или ксилоолигосахарида). Циљ истраживања је да се, након анализе различитих врста биолошке активности (антиоксидативне, пребиотске, антидијабетске и антиинфламаторне) фракција добијених различитим шемама фракционисања, изаберу најпогоднији биотехнолошки поступци прераде љуске какао зрна са аспекта приноса биоактивних једињења и потенцијала за добијање нових биоактивних компоненти хране или козметичких производа.

Значај овог истраживања огледа се на технолошком нивоу будући да предложени приступ омогућава рационалније искоришћење нуспроизвода кондиторске индустрије који се генерише у великом обиму, првенствено угљенохидратне компоненте која је тренутно недовољно искоришћена. Ова дисертација омогућава и значајан допринос општем развоју, примени и популаризацији биорафинеријских процеса јер се стратегије планиране у овој дисертацији могу применити и на другим нуспроизводима индустрије хране. Посебан значај истраживања је и у томе што може допринети развоју нових производа прехранбене и козметичке индустрије дизајнираних у складу са правилима циркуларне економије, пошто су засновани на природним компонентама једног агроиндустријског нуспроизвода. Такође, инструменталне анализе фракција ће дати значајан допринос у идентификацији једињења која су најодговорнија за биолошку активност добијених производа.

1. Okiyama, D. C. G., Navarro, S. L. B. Rodrigues, C. E. C. (2017) Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry, Trends in Food Science & Technology 63, 103e112.
2. Sanchez, P. D. C., Hashim, N., Muhammad, D. R. A. (2025) Properties, uses, and utilization methods of cacao (*Theobroma cacao*) bean shells (CBS), and applications of emerging green extraction techniques – A review, Journal of Food Composition and Analysis 145, 107823.
3. Poveda, O. R., Pereira, L. B., Zeppa, G., Stévigny, C. (2020) Cocoa Bean Shell—A By-Product with Nutritional Properties and Biofunctional Potential, Nutrients 12(4), 1123.
4. Balentić, J. P., Ačkar, Đ., Jokić, S., Jozinović, A., Babić, J. Miličević B., Šubarić, D., Pavlović, N. (2018) Cocoa Shell: A By-Product with Great Potential for Wide Application, Molecules 23, 1404.
5. <https://www.icco.org/february-2026-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>

6. Soares, T. F., Oliveira, M. P. P. (2022) Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects, *Molecules* 27(5), 1625.
7. Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., Viuda-Martos, M. (2012) Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products, *Food Research International* 49(1), 39-45.
8. Abril, D., Abril, A. J., Núñez, A. J., Ventura, M. (2025) Polyphenols and proanthocyanidins content of cocoa bean shell residues of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 109(1), 35–43.
9. Belwal, T., Cravotto, C., Ramola, S., Thakur, M., Chemat, F., Cravotto, G. (2022) Bioactive Compounds from Cocoa Husk: Extraction, Analysis and Applications in Food Production Chain, *Foods* 11, 798.
10. Disca, V., Travaglia, F., Carini, C., Coisson, J. D., Cravotto, G., Arlorio, M., Locatelli, M. (2024) Improving the Extraction of Polyphenols from Cocoa Bean Shells by Ultrasound and Microwaves: A Comparative Study. *Antioxidants* 13, 1097.
11. Altin, G., Gültekin-Özgüven, M., Özçelik, B. (2018) Chitosan coated liposome dispersions loaded with cacao hull waste extract: Effect of spray drying on physico-chemical stability and *in vitro* bioaccessibility. *Journal of Food Engineering* 223, 91-98.
12. Younes, A., Karboune, S., Liu, L., Andreani, E. S., Dahman, S. (2023). Extraction and Characterization of Cocoa Bean Shell Cell Wall Polysaccharides. *Polymers* 15, 745.
13. Younes, A., Karboune, S. (2023). Enzymatic generation of cocoa bean shells oligosaccharides and feruloylated oligo/polysaccharides. *Food Bioscience* 56, 103296.
14. Umali, A. B., Largado, A. A., Menia, J. J. C., Flandez, L. E. L., Felismino, R. M., Castillo-Israel, K. A. T., Duque, S. M. M. (2025). Comparative evaluation of the physicochemical properties and prebiotic potential of cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean shell and commercial cocoa powders with varying degrees of alkalization. *Discover Food* 5, 85.
15. Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management* 90, 72–83.

3. Полазне хипотезе

На основу прегледа литературе и до сада постигнутих резултата, полази се од следећих претпоставки:

- Применом хибридних екстракционих техника и „зелених“ растварача (дубоки еутектички растварачи) може се постићи ефикаснија екстракција фенолних једињења љуске какао зрна и добијање екстракта који имају високу антиоксидативну и антиинфламаторну активност;
- Третманом чврстог остатка преосталог након екстракције различитим ензимима (пектиназама, ксиланазама и целулазама) омогућава се добијање олигосахарида чиме се структурни угљени хидрати какао љуске трансформишу у функционална једињења високе биолошке вредности;
- Каскадни поступак фракционисања љуске какао зрна омогућава ефикасније коришћење биолошког потенцијала различитих компонената ове сировине;
- Одређивањем утицаја добијених екстракта фенолних једињења и олигосахаридних фракција на раст представника хумане микробиоте (црева и коже) у микробиолошким тестовима биће одређене пребиотске активности фракција и одабране најпогодније за примену у храни или производима за негу коже;
- Детаљна инструментална анализа састава добијених фракција даће значајан научни допринос расветљавању корелације између хемијске структуре активних супстанци и њихове биолошке активности;
- Применом ензимски потпомогнуте екстракције љуске какао зрна омогућава се смањење броја корака технолошког процеса прераде ове сировине и добија се мултикомпонентни функционални производ који садржи фенолна једињења и олигосахариде;
- Применом одговарајућих носача или инкапсулационих система најперспективније појединачне фракције или њихове комбинације могу се формулисати у стабилније системе (липозоме) погодне за практичну примену у козметичким производима.

4. Научне методе истраживања

Екстракција фенолних једињења љуске какао зрна биће изведена применом класичних и хибридни екстракционих техника (ултразвучне, микроталасне и ензимски потпомогнуте екстракције). Као растварачи биће примењени вода, смеше етанола и воде и дубоки еутектички растварачи. За ензимски потпомогнуту екстракцију биће анализирани комерцијални ензимски препарати (појединачно и комбинације више препарата) који имају пектинолитичку, целулолитичку, ксиланазну, арабиназну и галактозидазну активност. За формирање дубоких еутектичких растварача као акцептор водоничне везе биће коришћен бетаин или холин-хлорид, а као донор водоничне везе млечна киселина, пропилен гликол, лимунска киселина, глукоза, глицерол или сорбитол. Липозомални системи биће припремљени применом методе танког филма или пролипозомског поступка. Њихова физичко-хемијска карактеризација обухватиће одређивање величине честица, индекса полидисперзности, површинског наелектрисања, концентрације липидних везикула и хемијског профила. Поред тога, пратиће се ефикасност инкапсулације, стабилност током складиштења и *in vitro* ослобађање активних компоненти у условима који симулирају средину примене.

Састав фенолних једињења екстракта биће одређен применом реверзно фазне течне хроматографије високих перформанси (*RP-HPLC*) помоћу аналитичке C_{18} колоне при градијентном режиму рада, а као мобилне фазе биће коришћене смеше метанола и воде, или ацетонитрил и вода, а производи ће бити детектовани и квантификовани помоћу *UV-Vis* детектора. Ток ензимски потпомогнуте хидролизе биљног материјала биће праћен одређивањем садржаја укупних полифенола, као и концентрације антоцијана и флавоноида класичним спектрофотометријским методама. Производи ензимске хидролизе угљенохидратне компоненте љуске какао зрна биће окарактерисане применом гел-пермеационе хроматографије са аспекта расподеле молекулске масе добијених фракција, а детаљнија анализа састава и концентрације нижих олигосахарида и моносахарида биће изведена *HPLC* анализом помоћу колоне за раздвајање шећера и рефрактометријског детектора. Анализа моносахаридног састава сировине и добијених фракција биће изведена применом стандардне методе хидролизе полисахарида, хемијске дериватизације добијеног моносахарида и одређивањем њихове концентрације применом *RP-HPLC*. Карактеризација једињења која покажу физиолошку активност биће изведена помоћу течне хроматографије високих перформанси спрегнуте са тандем масеном спектроскопијом (*HPLC-MS/MS*). За планирање експеримента, статистичку анализу и интерпретацију добијених резултата биће коришћен софтверски пакет *Stat Ease Design Expert*, као и програмски пакет *MATLAB*. Функционална својства добијених екстракта и хидролизата биће процењена применом *in vitro* тестова. У циљу одређивања антиоксидативне активности екстракта, примењиваће се спектрофотометријске методе (*DPPH*, *FRAP*, *ABTS*). Пребиотска активност биће одређена микробиолошким тестовима заснованим на одређивању броја бактерија методом индиректног бројања колонија на чврстим хранљивим подлогама у чистим културама представника (пробиотских и патогених) хумане микробиоте (црева или коже) уз праћење концентрације микроорганизама и продукције краткочланчаних масних киселина као значајних показатеља ферментационог потенцијала. Поред тога, ради процене безбедности за даљу примену, цитотоксичност ће бити испитана на одабраним хуманим ћелијским линијама. Додатно, антиоксидативна активност ће бити испитана применом *in vitro* теста на ћелијским линијама. Карактеризација липозомалних система биће изведена применом инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом, фотонске корелационе спектроскопије и методом анализе праћења наночестица.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати до којих се дође у оквиру ове дисертације дати значајан научни допринос развоју технолошких поступака који ће омогућити потпуније искоришћење потенцијала љуске какао зрна и дефинисању хемијске структуре и биолошке активности компонената ове сировине и деривата добијених током прераде, са циљем дефинисања области примене. У оквиру истраживања може се очекивати неколико основних доприноса:

- Развој нове методологије каскадне валоризације љуске какао зрна, којом се из ове сировине секвенцијално добијају фракције богате фенолним једињењима и различитим врстама олигосахарида;
- Биолошком карактеризацијом добијених фракција одређивањем антиоксидативне, антидијабетичке и пребиотске активности биће евалуиране могућности примене различитих фракција љуске какао зрна у храни и козметичким производима;
- Инструменталном анализом биће одређена хемијска структура фенолних компонената љуске какао зрна, као и састав и расподела степена полимеризације добијених олигосахарида, те ће се сумарном анализом резултата хемијске и биолошке карактеризације дати значајан научни допринос расветљавању корелације између структуре и физиолошке активности ових једињења;
- Развој поступка ензимски потпомогнуте екстракције љуске какао зрна омогућиће добијање мултикомпонентног производа који садржи фенолна једињења и олигосахариде, а биолошком карактеризацијом биће анализирани евентуални синергијски ефекти ових компоненти и одређене области потенцијалне примене овог екстракта;
- Фракције које покажу потенцијал за примену у козметичким препаратима биће инкапсулиране у липозоме и избором најбољих формулација биће унапређена ефикасност и биорасположивост ових фракција, као и стабилност добијених производа;
- Технолошки поступци фракционисања који ће бити развијени у оквиру дисертације су примењиви и на друге сировине богате фенолним једињењима, целулозом, хемицелулозом и пектином те ће добијени резултати дати допринос развоју циркуларне биекономије евалуацијом примене овог концепта трансформације агроиндустријског отпада у више биолошки вредних функционалних производа.

6. План истраживања и структура рада

Предмет истраживања ове дисертације је развој оптималног технолошког поступка фракционисања љуске какао зрна са циљем максималне валоризације употребног потенцијала ове сировине. То ће бити постигнуто финим подешавањем технолошког поступка на основу података добијених праћењем хемијског профила и физиолошке активности издвојених фракција. Истраживање је конципирано кроз више међусобно повезаних фаза, са циљем развоја каскадног приступа валоризацији какао љуске, који постепено води од полазне сировине до добијања и евалуације више функционално вредних производа и њихових формулација.

У првој фази истраживања извршиће се избор, припрема и стандардизација полазне сировине, с обзиром на то да поступци као што су ферментација и сушење значајно утичу на својства какао љуске, па је формирање репрезентативног узорка полазне сировине кључно за интерпретацију и валидност добијених резултата. Биће спроведена физичко-хемијска карактеризација полазног материјала, која ће обухватити одређивање садржаја влаге, пепела, липида, протеина, укупних дијететских влакана и укупних фенола, као и анализу почетног полифенолног и угљенохидратног профила применом хроматографских техника.

У другој фази биће оптимизован екстракциони поступак ради селективног издвајања фракције богате фенолним једињењима. Ефикасност хибридних метода екстракције (ултразвучне и микроталасне) биће процењена поређењем са класичном шаржном вишестепеном екстракцијом, при чему ће као екстрагенси бити коришћене смеше етанола и воде различитог састава. Поред тога, оптимална екстракциона техника биће примењена и у екстракцији употребом дубоких еутектичких растварача. У оквиру ове фазе биће дефинисани оптимални услови екстракције на основу приноса, садржаја укупних полифенола, профила појединачних полифенола и антиоксидативне активности. Добијени екстракти биће детаљно хемијски окарактерисан применом реверзно-фазне течне хроматографије и масене спектрометрије.

Трећа фаза биће посвећена изоловању полисахаридних компоненти из чврстог остатка преосталог након екстракције полифенолне фракције, као и ензимској хидролизи ових компоненти до олигосахарида. Издвајање ће бити спроведено контролисаном киселом екстракцијом са циљем добијања фракција обогаћених пектинским полисахаридима, као и алкалном екстракцијом ради добијања фракције обогаћене арабиноксиланима. Ефикасност издвајања полисахарида пратиће се одређивањем приноса и чистоће производа, као и хроматографским одређивањем моносахаридног састава добијених фракција.

Након тога, добијене фракције биће подвргнуте контролисаној ензимској хидролизи применом пектиназа, ксиланаза и/или арабиназа, са циљем добијања одговарајућих олигосахарида. Добијени олигосахариди биће окарактерисани одређивањем моносахаридног састава и расподеле молекулских маса применом гел-пермеационе хроматографије.

У четвртој фази биће изведена биолошка карактеризација фракција добијених каскадним технолошким поступком прераде љуске какао зрна оптимизованим у другој и трећој фази. Екстракт богат фенолним једињењима добијен у другој фази биће окарактерисан анализом антиоксидативне и пребиотске активности (према микробиоти црева и коже). Биолошка карактеризација олигосахаридне фракције обухватиће одређивање пребиотске и антидијабетске активности. У оквиру ове фазе биће спроведена и додатна сепарација фракција применом хроматографских техника, као и анализа биолошке активности појединачних потфракција, са циљем идентификације једињења која највише доприносе укупној активности. Такође, биће испитана и биолошка активност меша добијених фракција ради идентификовања евентуалних синергистичких ефеката.

У петој фази биће развијен и оптимизован поступак ензимски потпомогнуте екстракције љуске какао зрна. Овај „зелени“ приступ омогућава добијање мултикомпонентног производа који садржи фенолна једињења и олигосахариде, а потенцијално омогућава и смањење броја корака технолошког поступка. Поступак ће бити оптимизован са аспекта избора ензима или комбинације ензима, као и услова екстракције (температура, рН, концентрација ензима и однос чврсте и течне фазе), са циљем постизања високог приноса олигосахарида и фенолних једињења. Чврсти остатак након екстракције биће подвргнут истом третману као у трећој фази. У овој фази биће анализирани исти типови биолошке активности као и код фракција добијених претходним поступком фракционисања. На основу резултата биолошке активности добијених у четвртој и петој фази, биће изабран оптималан технолошки поступак и одабрани најперспективнији системи за примену као компоненте хране или козметичких производа. Завршна фаза истраживања обухватиће формулацију одабраних фракција са потенцијалом примене у козметички у липозомалне носаче, као и њихову физичко-хемијску карактеризацију. Карактеризација ће обухватити одређивање величине честица, индекса полидисперзности, површинског наелектрисања, концентрације липидних сфера и хемијских својстава. Поред тога, пратиће се ефикасност инкапсулације, стабилност током складиштења и *in vitro* ослобађање активних компоненти у условима који симулирају средину примене.

Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити обрађена следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература*.

У поглављу *Увод* биће дефинисани основни циљеви и предмет истраживања, као и допринос дисертације.

Теоријски део докторске дисертације обухватиће преглед и анализу доступне литературе која се односи на:

- Опис технолошког поступка добијања какао зрна и примене љуске какао зрна у индустрији
- Опис екстракционих техника, са посебним освртом на примену дубоких еутектичких растварача и ензимски потпомогнуте екстракције
- Добијање и примену пектинских олигосахарида и ксилоолигосахарида
- Методе инкапсулације и формулације активних супстанци

У *Експерименталном делу* биће наведени примењени материјали и методе, конкретније:

- Хемикалије и материјали употребљени у раду
- Методе за одређивање ензимске активности
- Инструменталне методе за одређивање структуре фенолних једињења
- Инструменталне методе за одређивање састава и расподеле молекулских маса угљенохидратних компоненти
- Методе за одређивање биолошке активности
- Методе за карактеризацију липозома

У поглављу *Резултати и дискусија* биће представљени и дискутовани резултати истраживања које ће се одвијати према претходно описаним фазама истраживања.

У *Закључку* ће резултати добијени у току истраживања бити сумирани уз стављање акцента на њихове научне доприносе, иновативност и будућу примену.

Литература ће садржати наводе цитиране у дисертацији и публикације проистекле из истраживачког рада у оквиру ове дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидаткиња Сандра Ракин, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за рад на предложеној докторској дисертацији. Комисија сматра да је тема докторске дисертације под насловом „Валоризација какао љуске применом ензимски потпомогнуте екстракције и евалуација биолошког потенцијала добијених екстраката“ научно заснована и да ће представљати значајан допринос у ужој научној области Биохемијско инжењерство и биотехнологија, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи Сандри Ракин одобри израду ове докторске дисертације. За менторе докторске дисертације Комисија предлаже др Дејана Безбрадицу, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Александру Јовановић, вишег научног сарадника Института за примену нуклеарне енергије – ИНЕП Универзитета у Београду.

У Београду, 1. јун 2026.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

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

.....
Др Маја Вукашиновић-Секулић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Ана Миливојевић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Маја Петровић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Александра Јовановић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије - ИНЕП

ЕТИЧКА КОМИСИЈА ИНЕП-а

ЗАХТЕВ ЗА ДАВАЊЕ ОДОБРЕЊА ЗА КОРИШЋЕЊЕ МАТЕРИЈАЛА
ХУМАНОГ ПОРЕКЛА

Број захтева: 0566-07-013/002/2026
15.04.2026

Подносилац захтева: Сандра Ракин

Одељење: Одељење за развој дијагностичких тестова за примену у медицини,
ветерини и области безбедности хране (Одељење 29).

Контакт: sandra.rakin@inep.co.rs

Облик и назив активности као основ за подношење захтева:

Израда експерименталног дела докторске дисертације Сандре Ракин, који се односи
се на испитивање потенцијала угљенохидратних и полифенолних компоненти какао
љуске за развој иновативних производа за примену у козметици.

Извор финансирања:

Министарство науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије

Лице одговорно за реализацију активности:

Сандра Ракин

Врста узорка:

Комерцијално доступне хумане ћелијске линије - HaCaT и MRC-5. HaCaT је хумана
ћелијска линија кератиноцита, а MRC-5 хумана ћелијска линија фибробласта.

Место сакупљања узорка: није примењиво

Експерименталне методе за анализу узорка: Одговарајући *in vitro* тестови
цитотоксичности, вијабилности и метаболичке активности ћелија, укључујући MTT
тест, cell-based ELISA тестове, H2DCFDA тест и сличне, у складу са потребама
истраживања.

Период реализације: 4 године

Датум : 15.04.2026.

Потпис подносиоца:

Сандра Ракин

Сандра Ракин

Etičkoj komisiji INEP-a za davanje odobrenja za korišćenje materijala humanog porekla

ИНСТИТУТ ЗА ПРИМЕНУ НУКЛЕАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ
БЕОГРАД - ЗЕМУН
Банатска 31-Б-Тел. 2618-666, Факс. 2618-724

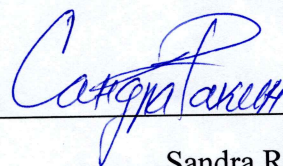
ПРИМЉЕНО: 15.04.2026			
Сл. јед.	Број	Прилог	Бројност
0566-07-013/001/2026			

MOLBA

Molim Etičku komisiju INEP-a da mi odobri korišćenje humanih ćelijskih linija HaCaT i MRC-5 za potrebe eksperimentalnog dela moje doktorske disertacije. Ћelijska linija HaCaT predstavlja humanu ćelijsku liniju keratinocita, dok je MRC-5 humana ćelijska linija fibroblasta. U istraživanje bi bili uključeni članovi Odeljenja 28 pod rukovodstvom dr Milice Jovanović Krivokuće, kao i dr Aleksandra Jovanović sa Odeljenja 29.

Navedene ćelijske linije koristiće se za izradu eksperimentalnog dela moje doktorske disertacije, koja je trenutno u fazi pripreme za prijavu. Upotreba pomenutih ćelija predviđena je za procenu vijabilnosti ćelija nakon tretmana ekstraktima kakao ljuste bogatim oligosaharidima i polifenolima, kao i bioloških efekata pomenutih ekstrakata, primenom odgovarajućih *in vitro* testova citotoksičnosti i metaboličke aktivnosti ćelija, uključujući MTT test, cell-based ELISA testove, H2DCFDA test, itd. Cilj je određivanje opsega koncentracija ekstrakata kakao ljuste bezbednih za dalju primenu, kao i ispitivanje njihovog biološkog potencijala.

U Beogradu 15.04.2026.



Sandra Rakin

istraživač pripravnik INEP-a