УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ **ОБРАЗАЦ – 6**
ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ НОВИ САД

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
Зорана Мутавски, маст. инж. технол.

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Датум и орган који је именовао комисију:

02.02.2026. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Нови Сад, Универитет у Новом Саду

2. Састав комисије у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду*:

1.	Др Ћетковић Гордана	редовни професор	Примењене и инжењерске хемије, 24.04.2009.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад		председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	Др Видовић Сенка	редовни професор	Фармацеутско инжењерство, 01.10.2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад		ментор, члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	Др Настић Наташа	научни сарадник	Технологија биљних производа, 26.11.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад		ментор, члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	Др Ћујић Николић Нада	виши научни сарадник	Биљна биотехнологија, 14.12.2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	Др Гаварић Александра	научни сарадник	Фармацеутско инжењерство, 30.05.2021.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:

Зорана, Зоран, Мутавски

2. Датум рођења, општина, држава:

25.11.1995. године, Вршац, Република Србија

3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:

Технолошки факултет Нови Сад, мастер академске студије, мастер инжењер технологије

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:

2019. година, Фармацеутско инжењерство

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Примена иновативних техника екстракције за искоришћење отпада из прераде плода црне зове

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидаткиње Зоране Мутавски изложена је у шест поглавља:

1. Увод (стр. 1-2),

2. Општи део (стр. 3-56),

3. Експериментални део (стр. 57-71),

4. Резултати и дискусија (стр. 72-121),

5. Закључци (стр. 122-124),

6. Литература (стр. 125-152).

Докторска дисертација је написана на 152 нумерисане странице А4 формата и садржи 31 слику, 19 табела и 320 литературних навода. Кључна документацијска информација је написана на српском и енглеском језику и приложена је на почетку докторске дисертације.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У **уводном делу** докторске дисертације истиче се да индустријска прерада воћа генерише значајне количине отпада који представља еколошки и економски проблем, али и истовремено потенцијалну сировину за даље искоришћење. Посебан акценат стављен је на погачу плода црне зове, чија се количина повећава као последица растуће потражње за производима на бази овог воћа, а која представља значајан извор биолошки активних једињења. Указано је на недовољну заступљеност истраживања њене прераде. Стога је циљ дисертације усмерен на примену и оптимизацију различитих екстракционих техника и поступака инкапсулације, ради добијања стабилних, високовредних прашкастих екстраката, уз допринос одрживом и економичном искоришћењу наведеног споредног производа.

Општи део докторске дисертације обухвата три потпоглавља. Прво потпоглавље се односи на

опис и распрострањеност црне зове, хемијски садржај плода, биолошке активности једињења плода црне зове, као и примену плода црне зове у индустрији и добијање споредног производа – погаче плода црне зове.
У наредној целини Општег дела дисертације су описане конвенционална чврсто-течна екстракција и савремене методе екстракције, као што су ултразвучна екстракција, микроталасна екстракција, екстракција субкритичном водом и екстракције суперкритичним флуидима. У оквиру ове целине објашњени су механизми екстракција, утицај процесних параметара, као и предности и недостаци сваке методе, што омогућава њихово упоредно сагледавање са аспекта ефикасности, селективности, еколошке прихватљивости и економске одрживости.
У трећем, завршном потпоглављу Општег дела описане су две технике добијања сувих екстраката – инкапсулата. Описани су принципи рада методе добијања честица из раствора засићених гасом (енг. *Particles from Gas-Saturated Solutions*, PGSS) и сушења распршивањем (енг. *Spray drying*). Поред тога, објашњени су фактори који утичу на ток процеса, као и носачи који се користе у циљу повећања ефикасности добијања праха и побољшања квалитета добијених прахова. Потпоглавље се завршава упоредним приказом наведених техника инкапсулације.

Поглавље **Експериментални део** обухвата опис материјала и уређаја који су коришћени у експерименталним испитивањима. Описани су поступци чврсто-течне екстракције, ултразвучне екстракције, микроталасне екстракције, екстракције субкритичном водом и екстракције суперкритичним угљеник(IV)-оксидом са и без додатка ко-растварача. Дати су детаљни услови хроматографских техника (HPLC-DAD i HPLC-MS/MS) за одређивање састава екстраката и инкапсулата добијених екстраката погаче плода црне зове. Описане су технике добијања сувих екстраката – инкапсулата, као и методе њихове карактеризације .

У поглављу **Резултати и дискусија** су приказани резултати до којих се дошло у оквиру ове докторске дисертације. Резултати су систематично представљени у табелама и на сликама, а образложени на методолошки јасан и прегледан начин. Приказ резултата прати задати циљ истраживања докторске дисертације. Први део приказаних резултата се односи на поређење савремених екстракција, ултразвучне и микроталасне, са конвенционалном чврсто-течном екстракцијом. Одређивана је ефикасност примењених техника екстракције, као и квалитативни и квантитативни састав добијених екстраката HPLC анализом. Поред тога, испитиване су антидијабетичка и антиоксидативна активност екстраката. Посебан део поглавља посвећен је анализи екстракције биоактивних једињења из погаче плода црне зове применом висикопритисних техника екстракције, као што су екстракција субкритичном водом, и екстракција суперкритичним угљеник(IV)-оксидом са и без додатка ко-растварача. Испитиван је утицај кључних процесних параметара, а добијени поларни, умерено поларни и неполарни екстракти су анализирани HPLC-DAD и GC-MS методом. Наредно, уједно и последње потпоглавље у секцији Резултати и дискусија се односи на инкапсулацију оптимизованих екстраката погаче плода црне зове. Одвојено су анализиране инкапсулација применом PGSS процеса и инкапсулација применом сушења распршивањем. Добијени прахови су детаљно окарактерисани, а ефикасност инкапсулације праћена је одређивањем концентрације инкасулираних биоактивних једињења применом HPLC-DAD технике.

Закључци у истоименом поглављу, јасно су и концизно изведени из резултата и дискусије.

У последњем поглављу **Литература**, наведено је 320 литературних навода по абецедном реду који си цитирани у докторској дисертацији. Избор литературе је изведен на основу актуелности и значаја за област истраживања којом се бави ова дисертација.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У

ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Радови проистекли из истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији:

M21 – Рад у врхунском међународном часопису

Mutavski, Z., Nastić, N., Živković, J., Šavikin, K., Veberič, R., Medič, A., Pastor, K., Vidović, S. (2022). Black elderberry press cake as a source of bioactive ingredients using green-based extraction approaches. *Biology*, 11(10), 1465.

Mutavski, Z., Vidović, S., Ambrus, R., Šavikin, K., Baixinho, J., Fernández, N., Nastić, N. (2024). CO_2-based encapsulation of rutin-rich extracts from black elderberry waste using advanced PGSS process. *Foods*, *13*(23), 3929.

Mutavski, Z., Nastić, N., Fernández, N., Živković, J., Šavikin, K., Vujisić, Lj., Veberič, R., Medič, A., Vidović, S. (2025). Valorization of elderberry pomace using emerging high-pressure technologies: Separation of compounds with different polarities using subcritical H_2O, supercritical CO_2, and CO_2/H_2O/EtOH mixture. *Food and Bioprocess Technology*, *18*(3), 2867-2881.

Mutavski, Z., Vidović, S., Lazarević, Z., Ambrus, R., Motzwickler-Németh, A., Aladić, K., Nastić, N. (2025). Stabilization and preservation of bioactive compounds in black elderberry by-product extracts using maltodextrin and gum Arabic via spray drying. *Foods*, *14*(5), 723.

M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини:

Nastić, N., Fernández, N., Živković, J., **Mutavski, Z.,** Milić, A., Šavikin, K., Vidović, S. Fractionated high-pressure extraction of polyphenols from elderberry by-product, 29th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, November 13–14th, 2023, p. 245-249.

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу:

Nastić, N., Vidović, S., Gavarić, A., **Mutavski, Z.,** Krivošija, S. Application of subcritical water as a green solvent for the extraction of biologically important molecules. 9th World Conference on Pharmaceutical Science and Drug Manufacturing, Dubai, UAE, December 1–2nd 2021, Book of abstracts, p. 74–75.

Mutavski, Z., Nastić, N., Krivošija, S., Sulejmanović, M., Vladić, J., Vidović, S. Subcritical water extraction for the valorization of black elderberry byproduct, 13th International Scientific and Professional Conference "With Food to Health", Osijek, Croatia, September 16–17th 2021, Book of abstracts, p. 78.

Mutavski, Z., Nastić, N., Vidović, S., Jokić, S., Gavarić, A. A comparison of efficiency between ultrasound and microwave-assisted extraction of black elderberry pomace, 4th Natural Resources, Green Technology and Sustainable Development, Zagreb, Croatia, September 14–16th, 2022, Book of abstracts, p. 118.

Mutavski, Z., Živković, J., Nastić, N., Šavikin, K., Vidović, S., Jokić, S. Green-based microwave-assisted extraction for isolation of anthocyanins from black elderberry pomace, The 4th International Congress on "Green Extraction of Natural Products" (GENP2022), Poreč, Croatia, October 27–28th, 2022, Book of abstracts, p. 70-71.

Mutavski, Z., Živković, J., Ćujić Nikolić, N., Kuzmanović Nedeljković, S., Radan, M., Mudrić, J., Krgović, N., Šavikin, K., Vidović, S., Jokić, S. Spray drying preservation: Enhancing stability of black elderberry pomace polyphenols-rich extracts, 5th International Congress "Food Technology, Quality and Safety – FoodTech 2024", Novi Sad, Serbia, October 16–18th, 2024, Book of abstracts, p. 61.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

У оквиру ове дисертације спроведена су истраживања примене савремених метода екстракције погаче плода црне зове (*Sambucus nigra* L.), као и испитивања физичко-хемијских својстава добијених екстраката и биолошке активности одабраних узорака. Одабрани екстракти су даље сушени методом сушења распршивањем и применом PGSS технике, након чега су испитане физичко-хемијске карактеристике добијених прашкастих производа. Добијени резултати могу се сумирати кроз следеће закључке:

- Приказана истраживања су показала да је могуће развити ефикасну зелену екстракциону методологију која омогућава очување биолошки активних једињења погаче плода црне зове уз минималне губитке у времену и енергији. Ултразвучна и микроталасна екстракција су се показале као погодне технике, при чему је умерена температура екстракције допринела већим приносима и вишем садржају укупних полифенола и флавоноида. Највећи садржај већине идентификованих једињења постигнут је микроталасном екстракцијом на 80 °C у трајању од 5 мин, што ову технику издваја као најефикаснију за добијање екстраката богатих полифенолима.
- У екстрактима погаче плода црне зове као доминантна једињења идентификовани су антоцијани цијанидин 3-O-галактозид, цијанидин 3-O-глукозид и цијанидин 3-O-самбубиозид, као и флавоноиди рутин и изокверцитрин. Поред тога, утврђено је присуство два деривата кемпферола и хлорогенске киселине, што потврђује сложен и богат фенолни профил овог споредног производа.
- Анализом корелације између хемијског састава и биолошких активности утврђено је да антоцијани показују најјачу позитивну повезаност са антидијабетичким својствима екстраката. Најизраженији антидијабетички ефекти постигнути су екстрактима добијеним микроталасном екстракцијом при нижим температурама. Са друге стране, изокверцитрин, хлорогенска киселина, рутин и дериват кемпферола 1 показали су најјачу позитивну корелацију са антиоксидативном активношћу, чиме је потврђен висок квалитет добијених екстраката.
- Екстракција субкритичном водом показала се као веома ефикасна техника за екстракцију термостабилних полифенолних једињења, као што су протокатехуинска киселина, хлорогенска киселина и њени деривати, као и *p*-кумаринска киселина. Међутим, услед интензивне термичке деградације антоцијана на температурама вишим од 120 °C, ова техника није метода првог избора за екстракцију ове групе једињења.
- Примена суперкритичне CO_2 екстракције са етанолом као ко-растварачем на сирову погачу плода црне зове показала се као оптимална за екстракцију термолабилних антоцијана. Комбинација суперкритичне CO_2 екстракције са и без ко-растварача, при притиску од 350 bar, омогућила је добијање две квалитетне фракције: неполарне фракције богате олеинском киселином, линолном киселином и *β*-ситостеролом и поларне фракције са високим садржајем антоцијана. Ови резултати потврђују да је погача плода црне зове богат извор једињења различите поларности, погодних за примену у функционалној храни и нутрацеутицима.
- Сви екстракти добијени различитим екстракционим методама успешно су инкапсулирани применом PGSS технологије, уз употребу глицерол монстеарата и *Gelucire*-а као носача. PGSS са глицерол монстеаратом показао је изузетно високу ефикасност инкапсулације, са максималном вредношћу од 92,47%, док су при употреби *Gelucire*-а постигнути нижи приноси, али знатно боља својства проточности. Највеће концентрације рутина утврђене су у узорцима PGSS 2 и PGSS 6, а као оптималан узорак издвојен је PGSS 2 због високог приноса и ефикасности процеса сушења од 84,69%.

- Испитивања везана за технику инкапсулације сушењем распршивањем показала су да су

малтодекстрин и арапска гума ефикасни носачи за инкапсулацију екстраката погаче плода црне зове, са ефикасношћу инкапсулације у опсегу од 75,36% до 83,84%. Формулација са 100% малтодекстрина показала је највећи принос и високу способност заштите антоцијана, док је формулација са већим уделом арапске гуме обезбедила боља својства проточности и компресибилности праха. Величина честица кретала се у опсегу од 1,73 до 2,20 μm, уз релативно уједначену расподелу.

- На основу укупне анализе резултата закључено је да погача плода црне зове представља изузетно вредан, а недовољно искоришћен секундарни биљни ресурс, богат антоцијанима, флавоноидима и фенолним киселинама са израженим антиоксидативним и антидијабетичким својствима. Оптимизацијом екстракционих и инкапсулационих поступака могуће је развити нове стабилне и функционалне производе са потенцијалом за примену у прехрамбеној, фармацеутској и козметичкој индустрији.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати истраживања докторске дисертације кандидаткиње Зоране Мутавски приказани су јасно, систематично и прегледно, како табеларно, тако и у виду графикона. Сваки табеларни и графички приказ резултата поткрепљен је детаљном дискусијом добијених налаза, уз адекватно поређење са релевантним подацима из литературе. Закључци су изведени коректно и у складу са добијеним резултатима и спроведеном дискусијом. Сходно томе, Комисија даје позитивну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање. Навести нумеричке податке о резултатима провере оригиналности рада и дати текстуално образложење.

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Докторска дисертација је написана у потпуности у складу са образложењем наведеним у пријави теме доктората.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Докторска дисертација садржи све битне елементе за разумевање обрађене теме и добијених резултата.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Докторска дисертација кандидаткиње Зоране Мутавски представља оригиналан и значајан допринос науци у области технологије екстракције и валоризације биљног отпада. Оригиналност истраживања огледа се у примени и систематској анализи савремених, еколошки прихватљивих метода екстракције на погачи плода црне зове (*Sambucus nigra* L.), која до сада није била довољно истражена као извор биолошки активних једињења. Посебан научни допринос ове дисертације представља свеобухватно испитивање физичко-хемијских и биолошких својстава добијених екстраката, као и њихова даља трансформација у стабилне прашкасте форме, применом савремених техника инкапсулације, сушењем распршивањем и PGSS технике. Повезивањем параметара екстракције, својстава екстраката и карактеристика добијених прахова, дисертација пружа нова сазнања од значаја за развој одрживих технологија и практичну примену биљних нуспроизвода у функционалној храни и сродним областима.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

Недостаци нису уочени у овој докторској дисертацији.
5. Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):
Провером докторске дисертације на плагијаризам помоћу програмског пакета iThenticate (https://www.ithenticate.com) утврђен је проценат преклапања од 9%, при чему се подударање односи на терминолошке и методолошке фразе, које се уобичајено користе у области истраживања којој тематика дисертације припада. Комисија констатује да је кандидаткиња адекватно цитирала коришћену литературу и да оригиналност добијених резултата и дискусије није упитна.
X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже:
а) **да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана**; б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум: Нови Сад, 06.02.2026. године

1. Др Гордана Ћетковић, редовни професор

_____, председник

2. Др Сенка Видовић, редовни професор

_____, члан - ментор

3. Др Наташа Настић, научни сарадник

_____, члан - ментор

4. Др Нада Ћујић Николић, виши научни сарадник

_____, члан

5. Др Александра Гаварић, научни сарадник

_____, члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.