

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ			
1. Датум и орган који је именовео комисију: 11. 10. 2022. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Нови Сад			
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :			
1.	Др Радомир Малбаша	редовни професор	Технолошко-инжењерске хемије, 25. 2. 2015.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад		председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	Др Јасмина Витас	ванредни професор	Технолошко-инжењерске хемије, 1. 10. 2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад		ментор, члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	Др Александра Ранитовић	доцент	Биотехнологија, 13. 7. 2017.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	Др Биљана Цветковић	виши научни сарадник	Технологија биљних производа, 29. 11. 2021.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Научни институт за прехранбене технологије у Новом Саду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Стефан, Зоран, Вукмановић 2. Датум рођења, општина, држава: 9. јануар 1993, Нови Сад, Србија 3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад, мастер академске студије - Биотехнологија, мастер инжењер технологије 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2016. година, Биотехнологија
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Валоризација производа ферментације комбухе на отпадном току из производње вина
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.</p> <p>Докторска дисертација је написана на српском језику, латиничним писмом, на 139 страна А4 формата, са 40 слика, 32 табеле и 227 литературних навода.</p> <p>Садржај дисертације подељен је у шест поглавља на следећи начин:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод (стр. 2–4), 2. Општи део (стр. 6–29, 12 слика и 4 табеле), 3. Материјал и методе (стр. 31–40, 1 табела), 4. Резултати и дискусија (стр. 42–111, 28 слика и 27 табела), 5. Закључак (стр. 113–114) и 6. Литература (стр. 116–132). <p>Дисертацију чине и садржај, спискови слика, табела, ознака, симбола и скраћеница, кључна документацијска информација са сажетком на српском и енглеском језику, као и план третмана података.</p> <p>Напомена: на странама 1, 5, 30, 41, 112 и 115 се налазе ознаке, које редом најављују одговарајућа поглавља.</p>
V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>У поглављу <i>Увод</i> експлицитно је указано на значај и актуелност проблематике којом се докторска дисертација бави. Истакнут је значај функционалне хране и објашњено је место комбуха напитка у њој, као и основне карактеристике комбуха културе и законских захтева које напитање за хуману конзумацију мора да испуњава да би, према важећим прописима Републике Србије, био класификован као безалкохолни напитање. У кратким цртама описан је начин производње традиционалног комбуха напитка, као и његова физичка, хемијска, микробиолошка и антиоксидативна својства. Сагледавањем проблема настанка отпадних вода у производњи белог вина недвосмислено је показана еколошка и економска предност искоришћења ове сировине у производњи комбуха напитка. Објашњена је фаза производње вина из које потиче примењени отпадни ток и разлог његовог одабира за сировину за производњу комбуха напитка. Представљени су услови производње који су варирани, као и својства добијених производа која су анализирана.</p>

У поглављу *Општи део* дат је систематски преглед литературе подељен у две целине (*Комбуха и Грожђе и вино*), при чему је сваким дефинисаним потпоглављем обухваћена засебна тематика. У оквиру прве целине, под називом *Комбуха*, обрађено је порекло комбуха напитка, путања којом је стигао у Европу и пораст популарности напитка последњих година. Након тога, објашњен је начин производње традиционалног напитка, као и појам алтернативних супстрата који могу бити коришћени за добијање комбуха производа различитих сензорних и физичко-хемијских карактеристика. У наставку, детаљно је представљен микробиолошки састав комбуха културе, који обухвата бактерије и квасце идентификоване кроз већи број истраживања, као и објашњење основног метаболичког пута биосинтезе главних производа метаболизма комбуха културе. Посебно потпоглавље обрађује хемијски састав комбуха напитка, што подразумева присутне шећере, киселине, ензиме, етанол, витамине и микроелементе, уз позивање на адекватну литературу у којој је наведен садржај испитиваних конституената комбуха напитка. Састав, порекло и метаболички пут којим настаје целуозна навлака обрађени су у посебном потпоглављу уз детаљни осврт на биохемијски пут синтезе бактеријске целулозе. Систематично су представљене здравствене користи кроз историјски преглед научника који су први запазили дејство комбуха напитка на људско здравље, као и широку палету данас познатих ефеката конзумирања комбуха напитка. У наставку, објашњено је антимикробно дејство према различитим микробиолошким врстама, као и антиоксидативна активност комбуха напитка уз посебан осврт на групе једињења одређених у комбуха напитку који значајно доприносе његовом антиоксидативном потенцијалу, чему претходи преглед слободних радикалских врста и њихово деловање на људски организам. Потпоглавље *Токсичност комбуха напитка* даје преглед пријављених нуспојава конзумирања комбуха напитка, уз осврт на специфичне услове непоштовања добре праксе у сваком од тих случајева. У другој целини, обрађена је биљна сировина за производњу вина, грожђе сорте Ризлинг, коришћено у производњи, након чега је дат кратки преглед технолошког процеса производње вина уз објашњење из које фазе потиче примењени отпадни ток, праћено масеним и енергетским билансима производње. На крају, дат је преглед очекиваног састава отпадних токова винарије, као и законске норме које ефлуенти морају испуњавати у складу с важећом регулативом Републике Србије.

Треће поглавље, *Материјал и методе* подељено је у десет целина. Прва целина детаљно објашњава технолошко и географско порекло отпадног тока коришћеног у експериментима, као и третман који је примењена сировина прошла у склопу припрема за култивацију. У другој целини је обрађен начин припреме инокулума, опсег и начин оптимизације услова производње, као и обухват почетних испитивања примене новог супстрата. Треће потпоглавље описује класичне лабораторијске методе које се користе за брзо праћење одвијања биопроцеса, као потврде да је до ферментације дошло. У четвртој, петој и шестој целини таксативно су наведене и адекватно цитиране све стандардне методе, као и оне које се широко користе у научно-истраживачком раду. Поред тога, детаљно су описани поступци припреме узорка пре самог анализирања и евентуалне модификације метода рада. На основу начина извођења, методе су груписане као HPLC, спектрофотометријске и волуметријске методе. Седма целина објашњава којим узорцима је верификована успешност комбуха ферментације ефлуента винарије за различите аналитичке поступке. Преглед метода коришћених за одређивање микробиолошких карактеристика и антимикробне активности комбуха напитка дат је у осмом потпоглављу, док девето описује анализу примењену за оцену сензорних својстава новог типа напитка. У десетој целини представљен је начин на који је извршена статистичка обрада добијених вредности, као и моделовање одабраних резултата.

Резултати и дискусија су четврто, а уједно и најобимније поглавље у коме су приказани

резултати експерименталног рада, као и резултати статистичке обраде, али и математичког моделовања проистеклих из активности реализованих у складу с предложеним програмом истраживања који је изложен у пријави теме докторске дисертације. Први део истраживања односи се на проверу могућности комбуха културе да ферментише ефлуент винарије настао током флотације шире од грозђа сорте Ризлинг прикупљене током бербе 2016. године и да напитак чије би сензорне и физичко-хемијске карактеристике биле задовољавајуће, као и анализирање појединих физичких, хемијских и антиоксидативних својстава новог типа комбуха производа кроз десетодневну ферментацију на собној температури са уобичајених 70 g/L почетног садржаја шећера при чему је доказана могућност извођења процеса у описаним експерименталним условима. Друго потпоглавље обрађује промену параметара који служе за праћење успешности одвијања биопроцеса уз посебан осврт на изузетно увећану синтезу биомасе и објашњење различитих примена целулозне опне коју синтетише комбуха култура, доминантно бактерија *Komagateibacter xylinus*. Трећа целина објашњава микробиолошке особине комбуха производа на ефлуенту винарије што обухвата укупан број квасаца и бактерија сирћетног врења. Осим тога, испитивана је антимикуробна активност комбуха напитка након три дана ферментације према Грам позитивним, Грам негативним бактеријама и квасцу, у поређењу с низом контролних узорака, да би се утврдило хемијско порекло антимикуробне активности. Од четвртог до деветог потпоглавља приказани су резултати различитих хемијских анализа комбуха производа на ефлуенту винарије, уз моделовање појединих параметара, за напитке добијене након три дана ферментације, јер је сензорном анализом утврђено да су то узорци погодни за конзумирање. Десето потпоглавље обрађује различите типове антиоксидативне активности комбуха производа, као и моделовање методом одзивне површине антиоксидативних активности комбуха напитка након три дана ферментације.

У поглављу *Закључак* систематизовани су општи закључак и специфични закључци који су концизно и разложно изведени из добијених резултата и њихове дискусије.

Поглавље *Литература* садржи 227 литературних навода, који су прегледно систематизовани и правилно цитирани. Изабране референце су актуелне и примерене проучаваној тематици.

Поред наведених поглавља, дисертацију чине и *Садржај*, *Списак ознака, симбола и скраћеница*, *Списак табела*, и *Списак слика* који претходе основном тексту и посебно су пагинирани, као и *Кључна документацијска информација* са сажетком на српском и енглеском језику. На крају докторске дисертације налази се *План третмана података*.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

M21:

1. **Vukmanović, S.**, Vitas J., Ranitović A., Cvetković D., Tomić A., & Malbaša R. (2022) Certain production variables and antimicrobial activity of novel winery effluent based kombucha. *LWT*, 154, 112726
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112726>

M23:

1. **Vukmanović, S.**, Vitas, J., & Malbaša, R. (2020). Valorization of winery effluent using kombucha culture. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, 1–10.

<https://doi.org/10.1111/jfpp.14627>

M24:

1. Vitas, J. S., **Vukmanović, S. Z.**, Malbaša, R. V., & Tepić Horecki, A. N. (2019). Influence of process temperature on ethanol content in Kombucha products obtained by fermentation of floated must effluent. *Acta Periodica Technologica*, 50, 311–315.
<https://doi.org/10.2298/APT1950331V>

M34:

1. **Vukmanović, S.**, Vitas, J., & Malbaša, R. (2020). Influence of the temperature on the phenolic content of kombucha beverage produced using winery wastewater. Online Conference „Water Reuse for a Sustainable World“, Porto, Portugal. 76.
2. **Vukmanović S.**, Vitas J., & Malbaša R. (2021). Influence of fermentation temperature on antioxidative activity of winery effluent based kombucha. 6th International ISEKI-Food Conference, Vienna, Austria. 168
3. Malbaša R., Vitas J, & **Vukmanović, S.** (2022). Antioxidant activity of beverages obtained by kombucha fermentation on clarified must effluent. 3rd International Conference on Food Bioactives & Health, Parma 21–24 Jun 2022, Parma, Italy. 365
4. Vitas J., **Vukmanović S.**, & Malbaša R. (2022) Organic acids content of beverages obtained by kombucha fermentation on floated must effluent. 3rd International Conference on Food Bioactives & Health, Parma 21–24 Jun 2022, Parma, Italy. 368

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Циљ ове докторске дисертације било је испитивање могућности коришћења ефлуента винарије за производњу новог типа комбуха напитка, као и физичка, хемијска, антиоксидативна и микробиолошка карактеризација добијеног производа, уз тестирање његовог антимикуробног потенцијала.

Нови комбуха производ је могуће произвести на ефлуенту винарије, уз минималне трошкове око сировине. Потребна је само вода за разблаживање ефлуента у процесу припреме подлоге за култивацију, док додаток нутријената није нужан. Највећи енергетски улаз је енергија потребна за стерилизацију ефлуента, док се оваквом применом отпадни ток у потпуности искоришћава и користи за производњу комбуха напитка, без генерисања новог отпада. Овај закључак потврђују следеће чињенице:

- Садржај резидуалног шећера се, очекивано, смањивао с трајањем биопроцеса, с тим што је на 30 °C, у прва три дана, динамика усвајања шећера значајно виша када је његово почетни садржај мањи. Након три дана добијају се напици чији је садржај шећера, за све испитиване услове ферментације у распону од 0,84 до 12,22 g/200 mL.
- Вредност рН се код сви узорака кретала у веома уском опсегу, од 2,83 до 3,85, док је укупна киселост брзо расла и достигала преко 35 g/L након девет дана ферментације на 30 °C.
- Раст биомасе је, у поређењу с традиционалним комбуха напитком, значајно увећан, што отвара простор за примену овог супстрата за производњу бактеријске целулозе која има низ потенцијалних примена и предности у поређењу с целулозом биљног порекла. Овај феномен је био нарочито изражен када је биопроцес вођен на максималним вредностима температуре и почетног садржаја шећера (30 °C и 70 g/L почетни садржај шећера).
- Сирћетна киселина је, и у овом истраживању, потврђена као доминантна органска

киселина у комбуха производима. Производња сирћетне киселине је директно пропорционална температури ферментације, док је утицај почетног садржаја шећера значајно мањи. Након ње, најзаступљеније су биле оксална, која се уобичајено јавља у комбуха напитку и винска киселина, која није типични производ метаболизма комбуха културе; међутим, овде потиче од сировине коришћене за производњу и на њен садржај не утиче значајно температура ферментације, само почетно разблаживање ефлуента винарије. Млечна киселина је одређена на ефлуенту винарије и подлози за производњу, међутим није је било могуће одредити ни у једном производу добијеном ферментацијом на 30 и 25 °C, осим након три дана ферментације са 70 g/L почетног шећера, док је код производа ферментисаних на најнижој испитиваној температури била присутна у свим, осим код узорка с 30 g/L почетног шећера, након девет дана ферментације.

- Вредности антиоксидативне активности према DPPH и редукциона моћ, новог комбуха производа су изузетне, значајно више у поређењу с традиционалним напитком, нарочито антиоксидативна активност на DPPH, мада је и редукциона моћ била виша него код комбуха напитка на традиционалном супстрату, док је антиоксидативна активност на хидрокси радикал значајно нижа него што је то уобичајено за традиционални комбуха напиток.
- Витамин Це одређен је у свим узорцима комбуха нападака, мада је његов садржај био нижи него у ефлуенту винарије. Динамика промене садржаја витамина Це је таква да је он у свим узорцима смањиван на почетку култивације, да би, код већине узорака, растао између шестог и деветог дана. Разградња витамина Це била је битно мање изражена на нижој температури, тако је она пожељнија, уколико се жели добити комбуха напиток с већим садржајем витамина Це.
- Почетно високи садржај укупних фенола смањен је разблаживањем, али је примењена комбуха култура синтетисала фенолне материје, тако да су сви комбуха производи након девет дана ферментације имали виши садржај укупних фенола него на почетку ферментације. Динамика промене садржаја укупних фенола зависила је од конкретних процесних параметара, тако је на највишој температури пораст био континуиран, док је на најнижој температури прво уочен пад, а затим раст садржаја укупних фенола, а на средњој је тренд зависио и од почетног садржаја шећера у подлози.
- Од испитиваних фенолних киселина, једино је гална била присутна у свим узорцима, док синапинска није детектована ни у једном узорку, а ферулна једино у иницијалном супстрату. Све остале фенолне киселине су детектоване само у појединим узорцима.
- Сви узорци који су испитивани показали су значајну антимикуробну активност према представницима и Грам позитивних и Грам негативних бактерија, док према квасцу није уочена никаква антимикуробна активност. Укупан број бактерија био је, трећег дана, сличан као у комбуха напитку на црном чају, док је укупан број квасаца на 20 и 30 °C био сличан, а на 25 °C за око једну логаритамску јединицу већи.
- Посматрајући узорке који су сензорно одабрани као погодни за конзумацију, утврђено је да садржај етанола у њима одговара захтевима за безалкохолне напитке, осим за два: са највишим садржајем шећера на две више температуре.
- Математичко моделовање одабраних показатеља ферментације комбухе на ефлуенту винарије показало је веома добру корелацију с експерименталним вредностима добијеним у овом истраживању.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Приказ резултата докторске дисертације подељен је на адекватно конципиране сегменте,

<p>који сваки за себе представља целину, а у складу је с дефинисаним циљевима истраживања. Резултати истраживања проистекли су из оригинално осмишљених и постављених лабораторијских експеримената, систематизовани су у логичне целине, адекватно обрађени рачунски и статистички и приказани прегледно и јасно у виду табела и слика. На основу студиозне дискусије и тумачења добијених резултата, које је изведено уз повезивање са резултатима других аутора у области производње комбуха напитка, изведени су одговарајући закључци.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме? Докторска дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе? Докторска дисертација садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци? Докторска дисертација обрађује производњу новог типа комбуха напитка, уз искоришћење отпада прехранбене индустрије, што отвара простор за развој новог индустријског производа уз значајно смањење трошкова производње.</p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? Недостаци докторске дисертације нису уочени.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p>
<p>На основу наведеног, комисија предлаже:</p>
<p><input checked="" type="radio"/> а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана; <input type="radio"/> б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); <input type="radio"/> в) да се докторска дисертација одбије.</p>

Нови Сад. 12. 10. 2022.

1. др Радомир Малбаша, редовни професор, председник комисије

2. др Јасмина Витас, ванредни професор, ментор, члан комисије

3. др Александра Ранитовић, доцент, члан комисије

4. др Биљана Цветковић, виши научни сарадник, члан комисије