

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ			
1. Датум и орган који је именовано комисију: 02.02.2024. године, 87. седница Наставно-научног већа Технолошког факултета Нови Сад, Универзитета у Новом Саду (одлука бр. 020-2/87-9)			
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :			
1.	1. Др Шћибан Марина	редовни професор	Биотехнологија, 24.07.2014. године
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду		председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	Др Пејин Јелена	редовни професор	Биотехнологија, 31.10.2019. године
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду		ментор/члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	Др Миљић Урош	ванредни професор	Биотехнологија, 01.10.2023. године
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	Др Недовић Виктор	редовни професор	Наука о врењу, 27.06.2012. године
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	Др Деспотовић Саша	ванредни професор	Наука о конзервисању и врењу, 17.01.2023. године
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Милана, Милан, Прибић</b>
2. Датум рођења, општина, држава: <b>20.02.1991. године, Бачка Топола, Република Србија</b>
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: <b>Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, Биотехнологија, Прехрамбена биотехнологија, мастер инжењер технологије</b>
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: <b>2015. година, Биотехнологија</b>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<b>„Утицај примене тритикалеа на технолошке параметре квалитета пива“</b>
<b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b> Навести кратак садржај са знаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.
Докторска дисертација написана је на српском језику, ћиричним писмом на 202 странице А4 формата, са 40 слика, 46 табела и 152 литературна навода. Кључна документацијска информација написана је на српском и енглеском језику и приложена је након насловне стране. Списак поглавља: 1. Увод (стр. 1-2) 2. Теоријски део (стр. 2-42) 3. Материјал и методе (стр. 43-50) 4. Резултати и дискусија (стр. 51-178) 5. Закључци (стр. 179-184) 6. Литература (стр. 185-195) 7. Прилози (стр. 196-197)

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У **уводу** докторске дисертације истакнута је актуелност и важност тематике која је предмет спроведног истраживања. Дат је кратак осврт на основне сировине које се користе у производњи пива, али и на потребе тржишта за алтернативним сировинама. Савремени трендови у индустрији пива усмерени су ка умањењу потребе за јечменим сладом, што доприноси смањењу трошкова производње. Поред оправдане употребе са економског аспекта, указано је и на утицај алтернативних сировина на својства крајњег производа. Како је фокус спроведеног истраживања житарица тритикале, у уводу су дати основни подаци, али и карактеристике одабране житарице које погодују за производњу пива. Јасно је наглашен циљ докторске дисертације који обухвата производњу сладовине, охмелене сладовине и младог пива. Такође, ово поглавље сумира и испитивање различитих утицаја попут удела нативног и слада тритикалеа у укупку, уз додаток комерцијалног ензима, у циљу производње сладовине одговарајућих технолошких параметара.

Подаци доступни у стручној литератури, из области истраживања, обрађени су у другом поглављу под називом **Теоријски део**. Ово поглавље подељено је у четири засебна потпоглавља. У првом потпоглављу – *Историја производње пива*, описани су почеци производње пива, као и корелација између развоја човечанства и развоја производње пива. Дат је увид и у историју примене различитих сировина у технологији пива. У другом потпоглављу – *Основне сировине у производњи пива*, детаљно су описане сировине – јечмени слад, хмель, квасац и вода, које чине основу производње пива. Наглашена је важност квалитета наведених сировина, као и њиховог утицаја на крајњи производ. У наредном потпоглављу – *Процес производње пива*, детаљно је објашњена сложеност процеса, као и подела на две основне гране: технологију слада и технологију пива. Овим потпоглављем обухваћени су сви кораци производње, како слада, тако и пива, али су и опширно описане несладоване сировине, где су детаљно наведене предности и недостаци њихове примене. У четвртном потпоглављу – *Тритикале*, детаљно се износи историја његовог настајања. Како је тритикалеа прва хибридна житарица, описани су и почеци истраживања, који су били основа за даља испитивања у области укрштања. С обзиром да успева и у условима који нису погодни за већину житарица, у наведеном потпоглављу детаљније су описани и услови узгајања. Сем тога, дат је опис физичких и хемијских особина зрна. Предности употребе, али и потенцијални проблеми које тритикале може да изазове у технологији слада и пива, такође су наведени у овом потпоглављу.

Поглавље – **Материјал и методе** подељено је у два потпоглавља. У првом потпоглављу – *Материјали*, наведене су основне хемикалије, као и прибор коришћен у експерименталном делу докторске дисертације. Поред тога, детаљно су наведене и сировине коришћене за производњу младог пива – тритикале, јечмени слад, хмель и квасац. Наредно потпоглавље – *Методе* подељено је у тринаест целина, у којима су описане експерименталне процедуре за анализу нативног тритикалеа, микросладовање, слада тритикалеа и јечма, сладовине, охмелене сладовине и младог пива (1 - 6). Даље, дата је детаљна процедура производње младог пива, којој претходи припрема инокулума (7 - 8). Одабране процедуре за анализу  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазе,  $\beta$ -глюкана, пентозана, као и садржаја аминокиселина адекватно су описане у целинама 9 - 12. У последњој целини (13.) представљен је начин на који је извршена статистичка обрада добијених резултата.

**Резултати и дискусија** представљају најобимније поглавље, у оквиру ког су сумирани резултати из појединачних фаза истраживања. Подељено је у шест потпоглавља у којима су резултати приказани у оквиру 45 табела и 32 слике. Дискусија резултата је садржајна и укључује објављене резултате других аутора. Сви технолошки параметри квалитета тритикалеа, јечменог слада, сладовине, охмелене сладовине, као и произведеног младог пива одређивани су стандардним европским пиварским методама по Analytica EBC (2008) и МЕВАК (2011). Прво потпоглавље, *Анализа нативног тритикалеа и слада тритикалеа – фаза 1*, обухватало је резултате анализе нативног тритикалеа, микросладовања и произведеног слада тритикалеа обе испитиване сорте. Механичке, физиолошке и хемијске анализе нативног тритикалеа вршене су у циљу процене квалитета почетне сировине. У даљим истраживањима, тритикале је сладован, при чему је узорковање вршено сваки дан, а резултати су приказани табеларно. Такође, урађене су механичке и хемијске анализе јечменог слада, са којим су поређени резултати добијени анализом

произведеног слада тритикалеа. У другом потпоглављу, *Анализа произведених сладовина – фаза 2*, фокус је био на анализи сладовина произведених из нативног тритикалеа, као и из слада тритикалеа, обе испитиване сорте, при различитим уделима у усипку (10 - 70%). Такође, праћени су утицаји додатка комерцијалног ензима, који је био одабран у циљу смањења вискозности произведених сировина. У овом потпоглављу испитани су и утицаји стандардног - конгресног режима комљења, али и модификованог - инфузионог режима комљења, на испитиване параметре квалитета произведених сладовина. Предмет истраживања трећег потпоглавља, *Анализа произведених охмелених сладовина – фаза 3*, био је одабир удела тритикалеа и количине ензима који су дали најбоље резултате у производњи сладовине. У оквиру овог потпоглавља дефинисани су и кључни параметри који највише одређују квалитет сладовина. Након дефинисања одабраних удела, као и количине ензима, приказани су резултати анализе произведених охмелених сладовина. Четвртим потпоглављем, *Анализа произведених младих пива – фаза 4*, обухваћена је производња младог пива, из нативног тритикалеа, као и слада тритикалеа обе испитиване сорте, у различитим уделима у усипку, одабраних у претходном потпоглављу, са или без додатка комерцијалног ензима. У оквиру овог потпоглавља, описана је и припрема инокулума, као и визуелне фазе кроз које је младо пиво пролазило током ферментације. Праћени параметри квалитета младог пива адекватно су поређени са контролним узорком – пивом произведеним из јечменог слада. Пето потпоглавље, *Аминокиселине у производњи пива*, даје увид у аминокиселински састав произведених сладовина, охмелених сладовина и младих пива, у оквиру ове докторске дисертације. Јасно су назначене аминокиселинске групе које квасац различито асимилује током ферментације. Приказани резултати недвосмислено указују на комбинацију режима комљења, као и на форму тритикалеа, којом је добијена сладовина са највећим садржајем аминокиселина. Примена вештачких неуронских мрежа, као и генетског алгорита у циљу производње сладовине најадекватнијег квалитета, приказана је у потпоглављу шест – *Примена вештачких неуронских мрежа и генетског алгорита у моделовању и оптимизацији производње сладовине*. У циљу моделовања и оптимизације производње сладовине из обе испитиване сорте тритикалеа, у нативном и у сладованом облику, применом два различита режима комљења, без и са додатком ензима, примењене су наведене методе.

У складу са дефинисаним циљевима докторске дисертације, у поглављу **Закључци** систематизована су закључна разматрања изведена из остварених резултата и њихове дискусије.

Поглавље **Литература** обухвата 152 литературна навода који су прегледно систематизовани и правилно цитирани. Изабрани наводи су из актуелних и пригодних тематика, у складу са сврхом истраживања.

У поглављу **Прилози** дати су додатни резултати истраживања, приказани у три слике.

Поред наведених поглавља, у оквиру докторске дисертације налазе се и **Садржај**, као и **Кључна документацијска информација**, које претходе основном тексту. Такође, у последњем делу 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:**

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.

M. Pribić, I. Kamenko, S. Despotović, M. Miroslavljević, J. Pejin (2024) Modeling and optimization of the triticale wort production using artificial neural network and genetic algorithm, Foods, 13(2), 343. <https://doi.org/10.3390/foods13020343>

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Из истраживања спроведених у оквиру ове докторске дисертације, проистекли су следећи закључци:

- У првој фази истраживања, анализе нативног тритикалеа, поступак микросладовања, као и анализа произведеног слада тритикалеа показале су да је удео I класе обе сорте тритикалеа био задовољавајући, тј. изнад 90%. Обе испитиване сорте тритикалеа имале су задовољавајућу енергију клијања, као и хидросензибилност. Испитивани узорци нативног тритикалеа имали су виши садржај протеина од прописаних вредности за пивски јечам, односно сорта Одисеј -  $12,88 \pm 0,12\%$  и сорта НС Паун -  $11,69 \pm 0,20\%$ . Ипак, добијени резултати били су у складу са подацима нађеним у другим истраживањима о нативном тритикалеу. Оба испитивана узорка тритикалеа имала су изузетно високу дијастатску снагу (НС Паун  $593 \pm 0,55^\circ\text{WK}$  и Одисеј  $547 \pm 0,92^\circ\text{WK}$ ), што указује на више него двоструко већу ензимску активност нативног тритикалеа у односу на јечмени слад. Испитивани нативни тритикале сорте НС Паун имао је већу активност  $\beta$ -амилазе ( $12,62 \pm 0,69 \text{ U/g}$ ), док је активност  $\alpha$ -амилазе била већа код сорте Одисеј ( $27,82 \pm 1,53 \text{ U/g}$ ). При анализи испитиваних сорти тритикалеа, добијени су врло слични резултати садржаја  $\beta$ -глюкана у нативном зрну: сорта НС Паун -  $0,81 \pm 0,61\%$  и сорта Одисеј -  $0,82 \pm 0,22\%$ . Нативни тритикале сорте НС Паун имао је незнатно виши садржај пентозана ( $2,22 \pm 0,51\%$ ) у односу на сорту Одисеј ( $2,11 \pm 0,32\%$ ). Анализом микросладовања закључено је да је мочење било равномерно, уз добро примање влаге. Укупни губици током микросладовања били су у прописаном распону. У испитиваним сортама тритикалеа садржај  $\beta$ -глюкана се током сладовања, значајно смањило, што указује на високу активност  $\beta$ -глюканазе. Повећање садржаја пентозана у узорку сорте НС Паун, током сладовања је било 30,6%, док је за сорту Одисеј повећање било 18,5%. Хектолитарска маса, као и просечна стакластост обе сорте слада тритикалеа, била је у прописаним границама за јечмени слад. Садржај протеина је, код испитиваног слада тритикалеа обе сорте, био повишен, али нижи од оног одређеног у нативном зрну.
- Екстракт фино млевеног слада, произведених сладовина, показао је да су испитивани узорци слада тритикалеа задовољили прописани критеријум, односно имали знатно више вредности и од јечменог слада: сорта НС Паун -  $88,03 \pm 0,10\%$  и сорта Одисеј -  $84,00 \pm 0,10\%$ . Растворљиви азот био је знатно виши од прописаног критеријума, што је потврда појачане протеолитичке активности тритикалеа. Сладовине произведене из обе сорте слада тритикалеа имале су повећану вискозност. Сорта Одисеј имала је већу вискозност у односу на сорту НС Паун и износила је  $1,995 \pm 0,20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ . С обзиром да су у анализи  $\beta$ -глюкана током микросладовања добијене врло ниске вредности, може се закључити да повећаној вискозности сладовина доприносе пентозани присутни у зрну тритикалеа. Вредности Kolbach-овог броја биле су значајно веће од прописаног критеријума за јечмени слад, односно износиле су  $61,54 \pm 0,45\%$  (сорта НС Паун) и  $63,35 \pm 0,12\%$  (сорта Одисеј), што је, такође, потврда повећане протеолитичке разградње. Као и у анализи дијастатске снаге нативног тритикалеа, наведени параметар био је значајно виши и у сладу обе испитиване сорте тритикалеа (у односу на прописани критеријум за јечмени слад) односно сорта НС Паун -  $810 \pm 0,15^\circ\text{WK}$  и сорта Одисеј -  $682 \pm 0,10^\circ\text{WK}$ .
- У другој фази истраживања, која је обухватала анализе произведених сладовина, примећено је да су применом конгресне методе, сви испитивани удели нативног тритикалеа сорти НС Паун и Одисеј имали нижи екстракт сладовине у односу на јечмени слад ( $8,57 \pm 0,01 \text{ g/100g}$ ). Са повећањем удела тритикалеа у усипку, смањивао се садржај екстракта. Све анализиране сладовине имале су вискозност већу од прописане. Такође, вискозност се повећавала са повећањем удела тритикалеа у усипку. Садржај слободног аминокиселинског азота био је задовољавајући само у уделима од 10% нативног тритикалеа у усипку, обе испитиване

сорте.

- Како би се смањила вискозност, на самом почетку експеримената додато је 50µl ензима по чаши за комљење, према препоруци произвођача. Међутим, наведена концентрација ензима значајно је смањила вискозност сладовина, која је, на овај начин, била нижа чак и од прописаних вредности за јечмени слад. Из тог разлога, у даљим експериментима оптимизирана је количина ензима, те је коначна била 5µl.
- У сладовинама произведеним из нативног тритикалеа обе сорте, са додатком ензима, примећено је смањење садржаја екстракта сладовине, у поређењу са сладовином без додатка ензима. Односно, приликом примене веће количине ензима, било је приметно веће смањење садржаја екстракта. Такође, сладовине произведене с додатком ензима имале су већи садржај слободног аминокиселинског азота у односу на сладовине произведене без додатка ензима. Интензивна протеолитичка разградња, односно производи те разградње, могу имати инхибиторан ефекат на амилолитичке ензиме, те услед тога може доћи до слабије разградње скроба, чиме се објашњава смањење садржаја екстракта у сладовинама с додатком ензима. Са додатком 5µl ензима, сладовине произведене из 10 - 50% удела у укупку, обе испитиване сорте, имале су вискозност која је била у прописаним границама.
- Примењена модификована метода комљења, чији температурни режим погодује већој разградњи пентозана, односно смањењу вискозности, утицала је негативно на садржај екстракта сладовина произведених из нативног тритикалеа обе сорте. У поређењу са сладовинама произведеним конгресном методом, сладовине произведене применом модификоване методе имале су сладовине са већим садржајем растворљивог азота, услед температурних пауза које су погодиле протеолитичкој разградњи. У свим испитиваним уделима нативног тритикалеа обе сорте, вискозност је била мања у случају примене модификованог режима комљења, у односу на сладовине произведене конгресном методом. Садржај слободног аминокиселинског азота био је задовољавајући само у уделима од 10 и 30% нативног тритикалеа у укупку, обе испитиване сорте, без или са додатком ензима.
- Највиши екстракт одређен је у сладовини произведеној из 70% удела тритикалеа слада сорте НС Паун (8,89±0,02 g/100g), применом конгресне методе. У свим уделима, виши садржај екстракта одређен је у сорти НС Паун, у односу на сорту Одисеј. Чак и најнижи садржај екстракта сладовине произведене из слада тритикалеа, био је већи од садржаја екстракта у сладовини произведеној из јечменог слада (8,57±0,01 g/100g). Са повећањем удела тритикалеа у укупку, повећавао се садржај екстракта. Као што је био случај код нативног тритикалеа, у свим испитиваним уделима сладовина произведених из слада тритикалеа са додатком ензима, одређен је нижи садржај екстракта у поређењу са сладовинама без додатка ензима. Вискозност сладовина произведених из слада обе сорте тритикалеа била је прихватљива само у уделима од 10 и 30% код сорте НС Паун и 10% код сорте Одисеј. Сладовине произведене из сорте Одисеј имале су већу вискозност од сладовина произведених из сорте НС Паун. Садржај слободног аминокиселинског азота био је задовољавајући у свим испитиваним уделима слада тритикалеа у укупку, обе испитиване сорте.
- Као што је то био случај у сладовинама произведеним из нативног тритикалеа, сладовине произведене из слада тритикалеа, модификованом методом, имале су мањи садржај екстракта у поређењу са сладовинама произведеним конгресном методом, али и већи садржај слободног аминокиселинског азота. Такође, у свим испитиваним уделима слада тритикалеа обе сорте, вискозност је била нижа у случају примене модификованог режима комљења у односу на сладовине произведене конгресном методом. Садржај полифенола био је већи са применом модификованог режима комљења у поређењу са конгресном методом, као и применом веће количине ензима. Са повећањем удела слада тритикалеа у укупку, повећавао се и садржај полифенола. Сладовине са додатком 5µl ензима уз примену модификованог режима комљења имале су мањи садржај екстракта у односу на сладовине без додатка ензима, применом истог режима. Испитиване сладовине удела од 30 до 70% слада сорте НС Паун и 10 и 30% слада сорте Одисеј додатком ензима од 5µl оствариле су вредности у прописаним границама.
- Трећа фаза истраживања обухватала је анализе охмелених сладовина, где су одабрани удели тритикалеа били 10, 30 и 50%, са додатком 5µl ензима. Екстракт охмелених

сладовина смањивао се са повећањем удела нативног тритикалеа обе испитиване сорте у усипку, како без, тако и са додатком ензима. Већи садржај екстракта одређен је у сорти НС Паун, као што је то био случај и у анализи сладовина. У поређењу са резултатима добијеним у испитивању охмелених сладовина произведених конгресном методом, приметан је нижи садржај екстракта применом модификоване методе комљења. Такође, остварена је мања вискозност сладовина након процеса хмелјења. Као што је то био случај и у сладовинама, сорта Одисеј остварила је веће вредности овог параметра, у свим уделима, у односу на сорту НС Паун. Примењен модификовани режим комљења допринео је мањој вискозности охмелених сладовина у поређењу са конгресном методом. Садржај полифенола у охмеленој сладовини мањи је од оног у сладовини, услед таложења са протеинима, и смањивао се са повећањем удела тритикалеа у усипку.

- Све испитиване охмелене сладовине произведене из слада тритикалеа обе сорте, имале су већи садржај екстракта у односу на охмелену сладовину произведену из јечменог слада. Додатак ензима, смањило је садржај екстракта у свим испитиваним уделима слада тритикалеа у усипку. У свим испитиваним охмеленим сладовинама, вискозност је била већа у односу на охмелену сладовину произведену из јечменог слада. Сорта слада тритикалеа Одисеј имала је веће вредности овог параметра у свим уделима у односу на сорту НС Паун. Са повећањем удела тритикалеа у усипку, садржај полифенола се, такође, повећавао. Додатак ензима утицао је на повећање садржаја полифенола.
- Четврта фаза истраживања обухватала је анализу произведеног младог пива, где је запажено да се током појединачних ферментација садржај етанола повећавао, услед ферментативне разградње шећера, док се садржај правог и привидног екстракта смањивао. Највећи садржај етанола у младом пиву произведеном из нативног тритикалеа, одређен је у уделу тритикалеа од 10%, сорте НС Паун, применом конгресне методе комљења ( $2,80 \pm 0,01\%$  v/v). Када је у питању слад тритикалеа, највећи садржај етанола одређен је у младом пиву произведеном из 50% удела тритикалеа сорте НС Паун ( $3,06 \pm 0,01\%$  v/v), што је у корелацији са резултатима испитиваних охмелених сладовина, из којих је приметан највећи садржај екстракта управо у уделима од 10% нативног и 50% слада тритикалеа сорте НС Паун у усипку. У свим испитиваним ферментацијама младог пива, боја се смањивала. У поређењу са младим пивима произведеним конгресном методом уз додатак ензима или применом искључиво модификованог режима, приметна је мања боја уз примену комбинације додатка ензима и модификованог режима комљења. Са повећањем удела слада тритикалеа у усипку, садржај слободног аминок азота се повећавао, док се код младих пива произведених из нативног тритикалеа, смањивао. Сва произведена млада пива из нативног тритикалеа, конгресном методом комљења, нису имала задовољавајући садржај слободног аминок азота, али је уз примену ензима, као и модификованог режима комљења, овај параметар био задовољавајући у уделима од 10 и 30% у усипку. Код младих пива произведених из слада тритикалеа конгресном методом, додатак ензима допринео је задовољавајућој вредности овог параметра у уделима од 50%, као и у уделима од 30 и 50% тритикалеа у усипку, код обе испитиване сорте, уз примену модификованог режима комбинованог са додатком ензима.
- Садржај полифенола повећавао се са повећањем удела слада тритикалеа у усипку. Како се током комљења на повишеним температурама екстрахује више полифенола у сладовину, у младим пивима произведеним уз примену модификованог режима комљења, у ком су примењене веће температуре у односу на конгресну методу, приметан је и већи садржај полифенола.
- Анализом садржаја аминокиселина, примећен је значајно већи удео групе „В“ у односу на групе „А“ „С“ и „Д“, како у сладовини произведеној из нативног, тако и у сладовини произведеној из слада тритикалеа. Применом модификованог режима комљења, добијен је већи садржај аминокиселина у свим испитиваним уделима, у поређењу са конгресном методом. Са повећањем удела нативног тритикалеа у усипку, приметно је смањење садржаја аминокиселина. Већи садржај аминокиселина нађен је у сладовинама произведеним из слада тритикалеа у поређењу са нативним тритикалеом. У свим испитиваним ферментацијама, потпуна асимилација аминокиселина догодила се у року од 72 сата, са изузетком групе „Д“. Сви испитивани узорци су након 24 сата ферментације имали нижи садржај аминокиселина у односу на охмелене сладовине. Највећи тренд

смањења имала је група „А“, до 48-ог сата. Садржај аминокиселина група „В“ и „С“ се тек након 72 сата трајања ферментације смањило. У свим испитиваним ферментацијама, садржај пролина је остао углавном непромењен. Није примећена веза између одређеног удела тритикалеа у усипку и садржаја пролина у испитиваним сладовинама одабраним за ферментацију.

- На основу оптимизације применом генетског алгорита, утврђено је да су оптимизоване улазне променљиве биле 23% (удео тритикалеа), 9% (количина ензима), 1 (режим комљења – конгресна метода) и 3 (сорта/форма тритикалеа – слад сорте НС Паун). Добијени резултати, који одговарају овим оптимизованим улазним променљивим, били су 8,65% за садржај екстракта сладовине, 1,52 mPa·s за вискозност сладовине и 148,32 mg/l за садржај слободног амино азота у сладовини. Добијена вредност функције циља од 0,023 и одговарајуће улазно-излазне вредности указивале су на успешно проналажење оптимизованог модела за процес комљења у производњи сладовине. Након добијања резултата оптимизације за улазне променљиве, спроведена је експериментална потврда на реалном лабораторијском процесу производње сладовине. Добијени резултати били су: 8,63% за садржај екстракта сладовине, 1,51 mPa·s за вискозност сладовине и 148,88 mg/l за садржај слободног амино азота у сладовини, те је закључено да су остварене приближно исте вредности оптимизацијом помоћу генетског алгорита и у стварном процесу комљења, што потврђује ефикасност примене вештачких неуронских мрежа и генетског алгорита у предвиђању и постизању жељеног квалитета сладовине.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

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

Успешно и у целости спроведена су истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави ове докторске дисертације. Забележени резултати добијени су из оригинално постављених експеримената, у складу са дефинисаним циљевима. Резултати истраживања представљени су ситематично и прегледно, у виду табела и слика. Дискусија добијених резултата заснована је на поређењу са резултатима објављеним у савременој литератури из ове научне области. Тумачењем добијених резултата донети су одговарајући закључци који дају адекватне одговоре на постављене задатке ове докторске дисертације. На основу свега наведеног, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачење 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:

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

**Да, докторска дисертација је у потпуности урађена и написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

**Да, докторска дисертација садржи све битне елементе.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Последњих година, стручна и научна јавност све више теже ка испитивању различитих сировина у сврху замене јечменог слада, како би производња пива била економски исплативија. Сходно томе, фокус ове докторске дисертације био је управо на испитивању једне од потенцијалних сировина у производњи пива – житарице тритикалеа. Подаци који се могу наћи у литератури, указивали су на значајне бенефите које ова житарица пружа, а истраживања ове докторске дисертације су иста и потврдила. Поред исцрпних анализа нативног тритикалеа, као и слада тритикалеа, урађене су и анализе сладовина при различитим уделима тритикалеа у усипку, уз примену различитих метода комљења, у циљу добијања што бољег екстракта, азотног профила сладовине, као и вискозности која неће негативно утицати на даљи процес производње пива. Како је закључено да примена различитих режима комљења није смањила вискозност до задовољавајућег нивоа, комерцијални ензим Shearzyme 500L одабран је у наведене сврхе. Додатно се истиче и то да у стручној литератури не постоје подаци о утицају наведеног



<p>комерцијалног ензима на основне параметре квалитета сладовине и пива, што је у овој докторској дисертацији испитано. Поред тога, азотне компоненте су значајан чинилац у производњи квалитетног пива. Из тог разлога, урађене су и анализе аминокиселинског састава сладовине, охмелене сладовине и пива произведеног из нативног и из слада тритикалеа, што, такође, није пронађено у доступној литератури. Оригиналан допринос науци се огледа и у моделовању и оптимизацији производње сладовине, применом вештачке интелигенције. У оквиру докторске дисертације, одабрани су параметри, који осликавају квалитет сладовине, те је на основу истих изведен закључак о најповољнијој комбинацији удела, сорте, форме тритикалеа, количини ензима и режиму комљења. Овакав приступ је врло применљив и иновативан, будући да знатно утиче на уштеду времена, а остварене вредности оптимизацијом помоћу генетског алгорита и у стварном процесу комљења биле су приближно исте, што потврђује ефикасност примене вештачких неуронски мрежа и генетског алгорита у предвиђању и постизању жељеног квалитета сладовине.</p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?  <b>Нису уочени недостаци у овој докторској дисертацији.</b></p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b></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>

Место и датум:

Нови Сад, 08.02.2024. године

1. др Марина Шћибан, редовни професор,  
председник

\_\_\_\_\_

2. др Јелена Пејин, редовни професор,  
ментор/члан

\_\_\_\_\_

3. др Урош Миљић, ванредни професор,  
члан

\_\_\_\_\_

4. др Виктор Недовић, редовни професор,  
члан

\_\_\_\_\_

5. др Саша Деспотовић, ванредни професор,  
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.