

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

| I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ |
|---|
| <p>1. Датум и орган који је именовao комисију:</p> <p>19.04.2013. Наставно-научно веће Технолошког факултета у Новом Саду</p> |
| <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>Проф. др Миле Клашња, Редовни професор, Биотехнологија, 15.03.2006. Технолошки факултет, Нови Сад</p> <p>Проф. др Марина Шћибан, Ванредни професор, Биотехнологија, 20.07.2009., Технолошки факултет, Нови Сад</p> <p>Доц. др Александар Јокић, Доцент, Хемијско инжењерство, 26.05.2011., Технолошки факултет, Нови Сад</p> <p>Проф. др Зорица Кнежевић-Југовић, Ванредни професор, 22.05.2009. Биотехнологија, Технолошко металуршки факултет, Београд</p> |
| II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ |
| <p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Весна, Миодраг, Васић</p> |
| <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>17.04.1977., Нови Сад, Србија</p> |
| <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив:</p> <p>Технолошки факултет Нови Сад, Микробиолошки процеси, Дипломирани инжењер технологије</p> |
| <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:</p> <p>2008. године, студијски програм Биотехнологија</p> |

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Пречишћавање отпадне воде из процеса производње биоетанола микрофилтрацијом

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација је написана јасно и прегледно, и садржи све неопходне делове научно-истраживачког рада који су организовани у следећа поглавља:

- ❖ Увод и циљ рада (стр. 3-5)
- ❖ Преглед досадашњих истраживања (стр. 7-36)
- ❖ Експериментални део (стр. 37-45)
- ❖ Резултати и дискусија (стр. 47-82)
- ❖ Закључак (стр. 83-85)
- ❖ Литература (стр. 86-94)
- ❖ Прилог (стр. 95-104)

Рад има 104 стране А4 формата, 32 слике, 28 табела и 95 литературних навода. Поред тога рад садржи Кључну документацијску информацију са изводом на српском и енглеском језику.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом поглављу докторске дисертације, **Увод и циљ рада**, истиче се значај биоетанола као горива, затим се даје приказ сировина које се могу користити за производњу биоетанола као и отпадних токова који настају током поменутог производног процеса, са нагласком на цибру као отпадну воду. Као циљ рада наведена су истраживања која се односе на испитивање примене „cross-flow“ микрофилтрације за обраду цибре и утицај оперативних параметара (pH, трансмембрански притисак и проток) на флуks пермеата и ефикасност пречишћавања у систему са и без присуства статичког мешача, као и поређење процеса микрофилтрације са другим процесима сепарације. Циљеви истраживања су јасно формулисани и омогућавају доношење конкретних закључака.

Поглавље **Преглед досадашњих истраживања** садржи шест подпоглавља. Унутар прва два подпоглавља, *Карактеризација цибре и Примена цибре и њена обрада*, дат је хемијски састав цибри добијених из различитих сировина за производњу биоетанола, и описане су различите могућности употребе цибре и њене обраде. У делу, *Мембрански сепарациони процеси и Микрофилтрација*, наведене су врсте и карактеристике мембранских процеса као и основни феномени који се јављају током мембранске сепарације. Детаљно је објашњена примена микрофилтрације и могућности за побољшање флуksа пермеата током њеног извођења. Такође, детаљно је описан *Поступак одзивне површине*, који је примењен у оквиру рада за описивање процеса микрофилтрације цибре у систему са и без присуства статичког мешача као промотора турбуленције. На крају другог поглавља описана је *Примена мембрана за обраду цибре*, при чему су приказани досадашњи ставови који се односе на ову области, са нагласком на резултате добијене употребом различитих мембранских сепарационих процеса за пречишћавање цибре.

Треће поглавље, **Експериментални део**, подељено је на четири дела. У првом делу, *Материјал*, дефинисан је узорак цибре који је коришћен за експерименте и начин његовог чувања. Такође, наведене су врсте мембрана које су коришћене током поступака микрофилтрације и ултрафилтрације. У делу *Апаратура и експериментални поступак*, детаљно је описана примењена апаратура као и поступак процеса микрофилтрације, затим прање мембране и карактеристике употребљеног статичког мешача. Такође, у овом делу описана је апаратура и поступак процеса ултрафилтрације. Део *Експериментални план и обрада података* садржи опис експерименталног плана и статистичких метода примењених у оквиру дисертације. Примењене методе статистичке обраде података у потпуности су адекватне и примерене истраживачком задатку. У овом делу дефинисане су вредности радних параметара примењених у експериментима и услови испитивања утицаја статичког мешача на флуks пермеата током микрофилтрације скробне цибре. У последњем сегменту трећег поглавља описане су *Методe анализe отпадне воде, пермеата и ретената*, у коме су наведени параметри који су анализирани у оквиру експеримената. Коришћене методе анализе су адекватно одабране и одговарају постављеним циљевима.

Поглавље **Резултати и дискусија** је, због прегледности, подељено на пет сегмената. У сваком од сегмената јасно су приказани и објашњени резултати добијени након изведених експеримената. У првом делу, *Анализа цибре*, приказани су резултати анализе скробне цибре, као напојне суспензије за процес микрофилтрације. Затим је извршен *Избор мембране за микрофилтрацију* цибре, испитивањем три керамичке мембране за микрофилтрацију са различитим величинама пора (200 nm, 450 nm и 800 nm), при чему је мембрана са најмањим пречником пора изабрана за даље извођење филтрационог процеса. У следећа два сегмента су приказани и објашњени резултати анализе *Утицаја оперативних параметара на флуks пермеата* и *Ефикасност пречишћавања цибре*, док је у последњем делу овог поглавља извршено *Поређење ефикасности микрофилтрације и других процеса сепарације*, односно поређење ефикасности микрофилтрације, ултрафилтрације и центрифугирања. Сви добијени резултати јасно су приказани, објашњени и поткрепљени одговарајућим литературним наводима.

У поглављу **Закључак** резултати рада су јасно сумирани и систематизовани. Поглавље **Литература** садржи 95 литературних навода који су прегледно систематизовани. Цитирани литературни подаци су релевантни и значајно доприносе расветљавању проблематике којом се аутор бави.

У Прилогу су табеларно приказани резултати анализе пермеата и ретентата у системима са и без присуства статичког мешача, који нису приказани у поглављу Резултати и дискусија, као и коефицијенти регресионе једначине моделованих одзива у системима са и без присуства статичког мешача за потпуни модел.

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

Кандидаткиња је публиковала укупно 15 научних радова и саопштења. Од тога је 1 рад категорије M21 (који је прихваћен за штампу), 5 радова категорије M23, 2 рада категорије M51, 6 радова категорије M33 и 1 рад категорије M63. Следећих шест радова су директно проистекли из рада на докторској дисертацији:

Vesna M. Vasić, Jelena M. Prodanović, Dragana V. Kukić, Marina B. Šćiban, Mirjana G. Antov, Darjana Ž. Ivetić: Application of membrane and natural coagulants for stillage purification, *Desalination and Water Treatment*, 51 (2013), 437–441.

Jelena M. Prodanović, **Vesna M. Vasić**: Application of membrane processes for distillery wastewater purification-a review, *Desalination and Water Treatment*, 51 (2013), 3325-3334.

Vesna M. Vasić, Marina B. Šćiban, Aleksandar I. Jokić, Jelena M. Prodanović, Dragana V. Kukić, Microfiltration of distillery stillage: influence of membrane pore size. *Acta Periodica Technologica*, 43, (2012), 217-224.

Vesna M. Vasić, Marina B. Šćiban, Jelena M. Prodanović, The usage of membranes for distillery wastewater treatment. XV International Eco-conference, September 21st-24th 2011., Novi Sad, Serbia, Proceedings, 297-305.

Весна Васић, Марина Шћибан, Дарјана Иветић, Јелена Продановић, Драгана Кукић, Мирјана Антов: Нови приступи у обради и употреби отпадних вода из процеса производње биоетанола, III Међународни конгрес “Инжењерство, екологија и материјали у процесној индустрији” 04.-06. март 2013, Јахорина, Босна и Херцеговина, Зборник радова, 800-807.

Весна Васић, Марина Шћибан: Управљање отпадним водама из процеса производње биоетанола, Међународна конференција Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад. 10-12. април 2013., Суботица, Зборник радова, 35-39.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Испитивањем примене микрофилтрације за обраду скробне цибре и утицаја одабраних оперативних параметара на флуks пермеата и ефикасност пречишћавања у системима без и са присуством статичког мешача, изведени су следећи закључци:

Анализом скробне цибре утврђено је да она има ниску рН вредност, садржи велику количину суспендованих честица и има веома високе вредности ХПК и БПК. Садржај суве материје, као и укупног азота и фосфора, такође је висок. Поред тога, у анализираној цибри утврђено је присуство јона различитих тешких метала. Према томе, анализирана цибра представља веома загађену отпадну воду и не сме се испуштати у реципијент без претходне обраде.

Испитивањем микрофилтрације скробне цибре на керамичким мембранама са пречницима пора од 200 nm, 450 nm и 800 nm уочено је да са повећањем пречника пора флуks пермеата опада, што је објашњено прљањем унутрашњости пора већих пречника. Ефикасност

пречишћавања цибре била је слична за све посматране мембране. Време трајања филтрације, односно време потребно да се достигне одређени степен угушћења било је најкраће код мембране са средњим пречником пора од 200 nm. На основу овако добијених резултата, мембрана са средњим пречником пора од 200 nm изабрана је за даља испитивања микрофилтрације испитиване цибре.

На основу резултата статистичке анализе утврђено је да се применом поступка одзивне површине на адекватан начин може описати утицај одабраних оперативних параметара (проток напојне суспензије, трансмембрански притисак и рН напојне суспензије) на флукс пермеата током микрофилтрације цибре у системима без и са присуством статичког мешача. Значај свих чланова у полиному оцењен је статистички, израчунавањем F вредности при нивоу значајности од 95% ($p=0,05$). Чланови који нису значајни ($p>0,05$) били су елиминисани из модела један по један, а измењени полином је прерачунат и добијен је редуковани модел. Оба модела имала су високе вредности коефицијената детерминације, квадратни у опсегу 0,649 – 0,967 и редуковани у опсегу од 0,797 – 0,973. Међутим, редуковани модел је једноставнији па је изабран за праћење процеса микрофилтрације испитиване цибре.

Уметањем статичког мешача у канал керамичке мембране, остварен је пораст флукса пермеата до ког долази услед успостављања турбулентног протицања напојне суспензије дуж мембране и карактеристичног начина расподеле тока флуида уз истовремено радијално мешање. У посматраном опсегу одабраних оперативних параметара забележен је пораст флукса у односу на рад без статичког мешача који се кретао од 81,2% до 221,7%, у зависности од експерименталних услова. На основу резултата анализе утицаја оперативних параметара на пораст флукса утврђено је да постоји опсег примењених протока при којима је пораст флукса највећи. У овом случају то су протоци у опсегу од 100 – 120 l/h.

Примена статичког мешача оправдана је смањењем специфичне потрошње енергије у поређењу са системом без мешача. Резултати су показали да релативна специфична потрошња енергије расте са порастом протока напојне суспензије при свим вредностима трансмембранског притиска, с тим што је тај пораст мање изражен на нижим притисцима. Такође, утврђено је да са порастом рН релативна промена специфичне потрошње енергије опада при свим вредностима протока. На малим протоцима ове вредности су негативне, док се позитивне вредности могу запазити при протоцима напојне суспензије већим од 100 l/h, па је употреба статичког мешача при овим протоцима оправдана са економског аспекта. Супротно томе, употреба статичког мешача при нижим вредностима протока и трансмембранског притиска нема економску оправданост.

Оптимизација експерименталних услова урађена је применом модификованог Харингтоновог поступка жељене функције. Оптимални услови извођења процеса микрофилтрације скробне цибре указују на то да је процес потребно изводити при максималним вредностима протока и трансмембранског притиска, на ниским рН вредностима.

Резултати анализе пермеата добијених након микрофилтрације цибре у системима без и са присуством статичког мешача показали су да су суспендоване честице у потпуности уклоњене из цибре. Вредности ХПК, БПК, СМ, укупног азота и фосфора смањене су у односу на почетну вредност у цибри. У систему без статичког мешача постигнути су нешто бољи резултати у погледу ефикасности пречишћавања цибре, у односу на систем са мешачем. Ово се објашњава чињеницом да статички мешач смањује могућност накупљања наслага на површини мембране и тиме омогућава пролазак кроз мембрану већој количини материја

мањих молекулских маса, које би иначе у тим наслагама биле задржане.

Резултати анализе садржаја пепела у пермеатима добијеним након микрофилтрације цибре у системима без и са присуством статичког мешача показали су да је садржај пепела у свим анализираним узорцима повећан у односу на вредност у цибри, што је поготово изражено код цибри код којих је за подешавање рН вредности утрошена велика количина NaOH.

Да би се испитао утицај рН вредности на структуру и количину појединих компонената у цибри извршена је њена анализа на одабраним рН вредностима (3, 6 и 9). Резултати су показали да са повећањем рН вредности долази до промена у саставу и количини лако таложивих суспендованих честица. Мерењем зета потенцијала потврђено је да се додатком NaOH у цибру мења наелектрисање и структура компонената присутних у цибри.

Поређењем резултата добијених након „dead-end“ ултрафилтрације кроз мембрану од синтетског материјала и „cross-flow“ микрофилтрације цибре кроз керамичку мембрану, утврђено је да се ултрафилтрацијом постижу нешто бољи резултати у погледу пречишћавања цибре. Међутим, мембране за ултрафилтрацију се брже прљају и време трајања филтрације је дуже у односу на употребу микрофилтрације.

Поређењем ефикасности центрифугирања и микрофилтрације утврђено је да нема велике разлике у пречишћавању цибре између ове две технике. Квалитет пермеата је нешто бољи у односу на квалитет супернатанта, а како се за микрофилтрацију користе ниски притисци може се очекивати мањи утрошак енергије за постизање радног притиска код микрофилтрације у односу на енергију потребну за рад центрифуге.

С обзиром на величину пора мембрана за микрофилтрацију, загађење се овим поступком не може уклонити из цибре у потпуности. Микрофилтрацијом се ток цибре дели на избистрени део - пермеат и угушћени ретентат, чиме се отварају нове могућности за даљу обраду и употребу ове отпадне воде.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Докторска дисертација дипл. инж. Весне Васић, под насловом „Пречишћавање отпадне воде из процеса производње биоетанола микрофилтрацијом” произашла је из обимног лабораторијског истраживања. Резултати који су добијени у оквиру овог рада приказани су јасно и прегледно у табелама, на графиконима и сликама. Тумачењем добијених резултата и њиховим повезивањем са резултатима других аутора изведени су одговарајући закључци, који пружају корисне информације за будућа истраживања у области примене мембрана за обраду отпадних вода.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

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

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да. Дисертација садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

У докторској дисертацији испитана је могућност примене микрофилтрације за обраду цибре, и показано како оперативни параметри процеса утичу на ефикасност пречишћавања и флуks пермеата током процеса микрофилтрације у системима са и без присуства статичког мешача као промотора турбуленције. Такође, извршена је анализа пермеата и ретентата добијених након микрофилтрације и размотрене су могућности њихове даље употребе и обраде. Резултати добијени применом микрофилтрације су упоређени са резултатима који су добијени применом других сепарационих техника.

Примена мембрана за обраду отпадних вода је врло актуелна последњих година, али је прегледом најновије литературе установљено да је третман цибри овим техникама релативно мало испитиван, што даје посебан значај овом раду. Оригинални резултати из области коју обухвата ова дисертација објављени су у научним часописима и саопштени на међународним скуповима, чиме се потврђује да докторска дисертација представља оригиналан допринос науци.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостаци докторске дисертације нису уочени.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију дипл. инж. Весне Васић, под насловом: **„Пречишћавање отпадне воде из процеса производње биоетанола микрофилтрацијом”** и предлаже да се **Извештај о оцени докторске дисертације** прихвати, а кандидаткињи одобри јавна одбрана рада.

председник комисије

др Миле Клашња, редовни професор,
Технолошки факултет Нови Сад

ментор-члан

др Марина Шћибан, ванредни професор,
Технолошки факултет Нови Сад

ментор-члан

др Александар Јокић, доцент,
Технолошки факултет Нови Сад

члан

др Зорица Кнежевић-Југовић, ванредни професор,
Технолошко Металуршки факултет Београд