

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ НОВИ САД

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију 14.11.2014. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Универзитета 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> <ul style="list-style-type: none"> • Др Јована Граховац, доцент, Биотехнологија, 1.10.2012. године, Технолошки факултет Нови Сад, председник • Др Сениша Додић, редовни професор, Биотехнологија, 17.1.2013. године, Технолошки факултет Нови Сад, ментор • Др Миодраг Лазић, редовни професор, Прехрамбена технологија и биотехнологија, 2006. година, Технолошки факултет у Лесковцу, члан
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Дамјан, Гојко, Вучуровић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 20.07.1986. године, Сента, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Технолошки факултет Нови Сад, Биохемијско инжењерство, дипломирани инжењер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2010. године, Биотехнологија</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Модел биопроцеса производње етанола из међу- у нуспроизвода прераде шећерне репе
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.
<p>Докторска дисертација садржи 111 страна, 59 слика, 14 табела, 21 једначину и 116 литературних навода. Дисертација садржи уобичајена поглавља и то:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод написан на 1 страни; 2. Циљеви истраживања написани на 1 страни; 3. Преглед литературе написан на 31 страни; 4. Материјал и методе написани на 8 страна; 5. Резултати и дискусија приказани су на 50 страна; 6. Закључак написан на 2 стране; 7. Литература написана на 5 страна; 8. Прилози написани на 5 страна.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод и циљеви истраживања дају кратак преглед потенцијала нашег поднебља за производњу биоенергената, нарочито из шећерне репе као сировине, могућности примене међу- и нуспроизвода технологије њене прераде за добијање етанола и неопходности оптимизације овог процеса, дефинисања његове кинетике и пројектовања модела датог биопроцеса. У том смислу, јасно су дефинисани циљеви истраживања.

Преглед литературе обухвата разматрања везана за преглед постојећих производних капацитета широм света. У наставку је дат преглед досадашњих сазнања из области технологије етанола са посебним освртом на производњу у зависности од врсте сировине, била она шећерна, скробна или целулозна, односно дати су основни кораци као и поједине потешкоће које се јављају у овим процесима. Посебан осврт на технолошки поступак прераде шећерне репе и преглед њених међу- и нуспроизвода указује на могућности производње етанола из поменутих сировина. У последњем делу начињен је осврт на улогу моделовања и симулације у процесу пројектовања, односно превођења процеса из лабораторијских у индустријске размере. На овај начин јасно су презентована објављена сазнања у испитиваној области коришћена приликом тумачења добијених резултата.

У поглављу **Материјал и методе рада** дат је детаљан опис примењених култура квасца и плесни, начина припреме инокулума и хранљивих подлога, као и услова ферментације истих. Затим су описане примењене методе анализе сировина и ферментационих течности, као и начини статистичке обраде података и прорачуна кинетичких параметара. На самом крају објашњен је начин генерисања модела биопроцеса производње етанола из међу- и нуспроизвода прераде шећерне репе и његове економске анализе.

Резултати и дискусија. Редослед приказаних резултата прати ток самог научног истраживања и прегледно и јасно тумачи добијене резултате.

- Најпре су приказани резултати испитивања састава сировина, односно излужених репиних резанаца, уз посебан осврт на особености екстракционог, ретког и густог сока који су међупроизводи и меласе која је нуспроизвод технологије прераде шећерне репе у домаћим шећеранама.
- У наставку истраживања испитан је утицај величине честица излужених репиних резанаца, концентрације киселине и времена предтретмана на ефикасност превођења сложених шећера у просте, односно крајњи садржај редукујућих (ферментабилних) шећера, као и принос етанола и накнадној ферментацији. Извршена је статистичка обрада ових резултата, а применом методе жељене функције у комбинацији са полиномским зависностима посматраних одзива дефинисане су оптималне вредности и услови предтретмана.
- Испитана је могућност производње целулолитичких ензима на различитим пољопривредним и комуналним отпадима као целулозним супстратима, и то у субмерзним условима култивације као и култивацијом плесни на чврстим хранљивим подлогама. Упоредијене су активности ензима, односно способности хидролизе целулозних матрикса, добијених у овим експериментима са комерцијално доступним препаратима. Показано је да излужени репини резанци имају највећи потенцијал за производњу поменутих ензима.
- Извршен је прорачун кинетичких параметара ферментације екстракционог, ретког и густог сока, меласе и хидролизата излужених репиних резанаца у биореактору радне запремине 10 L. Дефинисани су кинетички модели за опис раста биомасе, потрошње супстрата и настајање производа (етанола) током ферментације свих поменутих хранљивих подлога.
- На основу добијених кинетичких модела и литературних података генерисан је модел постројења за производњу етанола из међу- и нуспроизвода прераде шећерне репе применом симулационог програма. Испитана је економска исплативост датих модела биопроцеса кроз економску анализу под различитим условима. Увођењем промена (цена сировина и комуналних услуга и др.) у основне моделе одређени су нови капитални и оперативни трошкови. Крајњи модели искоришћени су за дефинисање материјалних и енергетских биланса, димензионисање опреме, прављење плана производње, анализу продуктивности и уклањање „уских грла“, анализу трошкова, економске исплативости и капацитета производње.

Закључак је изведен јасно и концизно и одговара постављеном циљу докторске дисертације.

Литература даје јасан и прецизан приказ коришћених литературних навода.

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 часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **Vučurović Damjan**, Dodić Siniša, Popov Stevan, Dodić Jelena, Grahovac Jovana: Process model and economic analysis of ethanol production from sugar beet raw juice as part of the cleaner production concept, *Bioresource Technology*, 2012, Vol. 104: 367-372. (SCI 2012, **Energy & Fuels**, 7/81, M-21)
2. Dodić Jelena, **Vučurović Damjan**, Dodić Siniša, Grahovac Jovana, Popov Stevan Nedeljković Nataša: Kinetic modelling of batch ethanol production from sugar beet raw juice, *Applied Energy*, 2012, Vol. 99: 192-197. (SCI 2012, **Chemical Engineering**, 6/133, M-21)
3. Grahovac Jovana, Dodić Jelena, Dodić Siniša, Popov Stevan, **Vučurović Damjan**, Jokić Aleksandar: Future trends of bioethanol co-production in Serbian sugar plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, Vol. 16: 3270-3274. (SCI 2012, **Energy & Fuels**, 5/81, M-21)
4. Grahovac (Ranković) J., Dodić J., Rončević Z., Dodić S., **Vučurović D.**: Distillate composition of fermented media based on by-products of sugar beet processing, *Romanian Biotechnological Letters*, 2013, in press. (SCI 2013, **Biotechnology & Applied Microbiology**, 151/165, M-23)
5. Dodić Siniša, **Vučurović Damjan**, Popov Stevan, Dodić Jelena, Grahovac Jovana: Cellulosic biomass as next-generation feedstock for bioethanol production, 1. Scientific and Specialist Conference "Renewable and Available Sources of Energy", Andrievlje: ITMA - International Technological-Management Academy, 9-11 Oktobar, 2012, pp. 183-190. (M-33)
6. **Vučurović Damjan**, Dodić Siniša, Popov Stevan, Dodić Jelena, Grahovac Jovana, Tadijan Ivana: Zero-emission process model of bioethanol production from sugar beet thick juice, In Proceedings of the 39th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, Slovakia, 2012, pp. 25-33. (M-33)
7. **Vučurović Damjan**, Dodić Siniša, Popov Stevan, Dodić Jelena, Grahovac Jovana: Kinetic analysis of biomass growth and product formation during sugar beet thick juice fermentation to bioethanol, In Proceedings of the 40th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, Slovakia, 2013, pp. 890-897. (M-33)
8. Popov Stevan, Grahovac Jovana, **Vučurović Damjan**, Dodić Siniša, Dodić Jelena, Rončević Zorana: Bioethanol as sustainable and renewable energy source in Serbia, In Proceedings of the 41st International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, Slovakia, 2014, pp. 954-960. (M-33)
9. Popov Stevan, Dodić Siniša, **Vučurović Damjan**, Dodić Jelena, Grahovac Jovana: The contribution of bioethanol to sustainable development in Serbia, *Proc. Nat. Sci., Matice Srpska; Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 2013, Vol. 124, pp. 397-404. (M-51)
10. Grahovac Jovana, Dodić Jelena, Popov Stevan, Dodić Siniša, **Vučurović Damjan**, Tadijan Ivana, Jokić Aleksandar: Bioethanol production technologies: current situation and perspectives in Vojvodina, *Traktori i pogonske mašine*, 2011, Vol. 16, No 3, pp. 121-128. (M-52)
11. **Vučurović Damjan**, Dodić Siniša, Popov Stevan, Dodić Jelena, Grahovac Jovana, Tadijan Ivana, Zavargo Zavargo: Bioethanol as transport fuel, *Traktori i pogonske mašine*, 2011, Vol. 16, No 3, pp. 129-136. (M-52)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Добијени резултати могу се резимирати у оквиру следећих закључака:

- Резултати анализе састава сировина указују да нуспроизвод технологије прераде шећерне репе, односно излужени репини резанци имају уобичајен састав угљених хидрата (целулозе, хемицелулозе и сахарозе), лигнина, пепела, укупног азота и екстракта. Наведен супстрат, на основу садржаја наведених компоненти, заједно са међупроизводима поменуте технологије (екстракционим, ретким и густим соком) и нуспроизводом (меласом) представљају погодну сировину за припрему хранљиве подлоге за производњу етанола.
- Испитивањем утицаја величине честица излужених репиних резанаца ($<180 \mu\text{m}$, $180\text{-}250 \mu\text{m}$ и $>850 \mu\text{m}$), концентрације сумпорне киселине (1-4 %) и времена предтретмана (30-120 min) на количину добијених редукујућих шећера и принос етанола накнадном ферментацијом, установљено је применом методе одзивне површине и жељене функције да се под дефинисаним условима (максимално могућа концентрација добијених ферментабилних шећера, максимални принос етанола, минималан утрошак киселине и минимално време предтретмана) најбољи резултати постижу при концентрацији сумпорне киселине од 1 % и временом предтретмана од 75 минута.
- Експериментално испитана производња ензима, култивацијом плесни *Trichoderma reesei* на различитим целулозним супстратима (слама, пиљевина тополе и букве, кукурузовина, плевица и излужени репини резанци) применом две различите технике (субмерзно и на чврстим хранљивим подлогама), потврдила је да је нуспроизвод прераде шећерне репе најбоља сировина за припрему хранљиве подлоге за производњу целулаза. Уједно, техника култивације на чврстим супстратима се показала као далеко боља опција када је у питању продукција ензима.
- Убацивањем експерименталних вредности за концентрацију ћелија квасца, редукујућих шећера и етанола у предложене кинетичке моделе за раст биомасе (логистичка једначина), потрошњу супстрата (Pirt-ова једначина) и настајање производа (модификована Gompertz--ова једначина), редоследом, добијени су кинетички параметри за процесе ферментације међу- и нуспроизвода прераде шећерне репе. Одличним поклапањем ($R^2 > 0,9$) моделом предвиђених кинетичких параметара са експериментално утврђеним вредностима потврђено је да су предложени модели адекватни за опис тока ферментације међу- и нуспроизвода за производњу етанола.
- На основу литературних података о производњи шећерне репе и шећера у Републици Србији у последњих десет година развијен је модел постројења за производњу 44 милиона литара 99,6 % етанола на годишњем нивоу из међу и/или нуспроизвода прераде шећерне репе уз минимално генерисање отпада. Модел је употребљен за прорачун капиталних трошкова улагања, трошкова производње по јединици производа и оперативних трошкова. У анализи несигурности испитан је утицај цене сировине (шећерне репе) и производног микроорганизма (квасца), као и утицај количине биомасе која се рециркулише на економске параметре процеса, трошкове производње етанола и исплативост постројења. Резултати су показали да цена шећерне репе има значајан утицај на трошкове производње етанола. Такође, испоставило се да је оптималан проценат рециркулисане биомасе у опсегу 50-70 %.
- Модел биопроцеса производње етанола из излужених репиних резанаца генерисан је на основу података добијених у овом раду (оптимизације предтретмана и кинетичких модела за раст биомасе, настајање етанола и потрошњу супстрата) и доступне литературе ферментацији лигноцелулозних сировина. Економском анализом је утврђено да је предложени модел економски исплатив и да постоји оправданост улагања у једно овакво постројење.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Резултати су, графички и табеларно, јасно и прегледно приказани. Приказ резултата је подељен у стручно конципиране, делове који, сваки за себе, представља целину из које произилазе одговарајући закључци. Резултати су дискутовани са технолошког и статистичког аспекта. Тумачење резултата је студиозно и детаљно уз поређења са сазнањима објављеним у области добијање етанола ферментацијом под сличним условима.

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
Докторска дисертација је у потпуности урађена и написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Дисертација садржи све битне елементе научног рада укључујући детаљан приказ владајућих ставова у области која је предмет изучавања у дисертацији, у оквиру теоријског дела, затим оригиналног приступа у изведеном експерименталном делу рада и коректно изведене закључке.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
Оригиналан допринос ове докторске дисертације се у развијеном моделу биопроцеса производње етанола из међу- и нуспроизвода прераде шећерне репе, који на основу прегледа стања тржишта (доступности сировина и могућности пласирања производа), анализе масених и енергетских биланса и економске анализе, пружа јасан увид у исплативост једног оваквог постројења. На основу датог модела добијени су подаци који олакшавају доношење одлуке о улагању, односно реализацији пројекта датог биопроцеса. Дефинисани су кинетички параметри ферментације подлога на бази међу- и нуспроизвода технологије прераде шећерне репе, као и њихових смеша што представља добру основу за оптимизацију са техно-економског аспекта као и за увећање размера процеса до индустријских.
Примењена је метода жељене функције за дефинисање оптималних вредности величине честица, концентрације киселине и дужине трајања хидролизе наведених сировина, а затим је експериментално потврђена валидност добијених резултата.
Доказана је могућност производње ензима, култивацијом плесни у субмерзним и на чврстим хранљивим подлогама на бази узлужених репиних резанаца.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Недостаци дисертације нису уочени.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Да се докторска дисертација Дамјана Вучуровића, дипл. инж. под називом:

„Модел биопроцеса производње етанола из међу- и нуспроизвода прераде шећерне репе“

прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Јована Граховац, доцент,
Технолошки факултет Нови Сад, председник

Др Сениша Додић, редовни професор,
Технолошки факултет Нови Сад, ментор

Др Миодраг Лазић, редовни професор,
Технолошки факултет у Лесковцу, 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.