

УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ ИЗВЕШТАЈА О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ  
– обавезна садржина –  
(Свака рубрика мора бити попуњена.)

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
1. Датум и орган који је именовao комисију  11.3.2011. Наставно-научно веће Технолошког факултета
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:  1. <b>Др Спасенија Милановић, председник комисије, редовни професор,</b> Хемијско инжењерство Датум избора у звање: 25.06.2004. Технолошки факултет, Нови Сад  2. <b>Др Миодраг Текић, ментор, редовни професор,</b> Хемијско инжењерство Датум избора у звање: 13.3.1988. године Технолошки факултет, Нови Сад  3. <b>Др Gyula Vatai, члан, редовни професор,</b> Технолошке операције у прехранбеној индустрији Датум избора у звање: 2000 године Универзитет Corvinus, Будимпешта, Мађарска
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
1. Име, име једног родитеља, презиме:  <b>Светлана, Сreto, Поповић</b>
2. Датум рођења, општина, република:  <b>29.5.1978., Зрењанин, Србија</b>
3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе:  31.10.2008., Технолошки факултет Нови Сад, Регенерација флуksа при мембранској филтрацији протеина сурутке
4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:  <b>Хемијско инжењерство</b>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<b>УТИЦАЈ ТИПА ПРОМОТОРА ТУРБУЛЕНЦИЈЕ НА УНАПРЕЂЕЊЕ МЕМБРАНСКЕ ФИЛТРАЦИЈЕ ПРОТЕИНА МЛЕКА</b>

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са назнаком броја страна поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација је написана јасно и прегледно, а садржи следећа поглавља:

- Увод (стр.1-2 )
- Преглед досадашњих истраживања (стр.3-29)
- Циљ рада (стр. 30-31)
- Експериментални поступак (стр. 32 - 44)
- Резултати и дискусија (стр. 45-89)
- Закључак (стр. 90-92)
- Листа ознака (стр. 93-94)
- Литература (стр. 95-100)
- Списак публикованих радова (стр. 101)
- Прилог (стр. 102-104)

Рад садржи 104 стране А4 формата, 40 слика, 16 табела и 86 литературних цитата. Поред тога уз тезу су дати Кључна документацијска информација са изводом на српском и енглеском језику у складу са важећом законском регулативом, као и Садржај и Списак слика и табела.

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У првом поглављу дисертације, *Увод*, истиче се значај испитивања и примене микрофилтрације у различитим гаранана индустрије, као и могућности унапређења мембранских сепарационих процеса генерално као и оних примењених у индустрији млека.

Поглавље рада под насловом, *Преглед досадашњих истраживања*, организовано је у пет поднаслова којима се описују: *Мембранска филтрација, Прљање мембрана, Методе регенерације флукса током филтрације, Типови и примена промотора турбуленције и Примена мембранских процеса у индустрији млека*. Унутар првог наслова, *Мембранска филтрација*, посебно се обрађују основни појмови везани за процесе мембранске филтрације, врсте и карактеристике мембранских сепарационих, мембрана и модула. У наслову *Прљање мембрана* описује се процес прљања мембрана као и механизми и феномени везани за појаву прљања и преноса масе. Посебан нагласак је стављен на феномене концентрационе поларизације и таложења честица на мембрани током прљања. Затим је у делу под насловом *Методе регенерације флукса током филтрације* дат преглед метода којима се може постићи смањење прљања и повећање флукса током самог процеса филтрације са нагласком на хидродинамичке методе, као што је примена промотора турбуленције, чиме је отворена могућност да се у наредном поглављу детаљније посвети пажња овој теми. У наслову *О промоторима турбуленције* приказани су разни типови и геометрије промотора турбуленције комерцијално доступни и они који су специјално примењивани само у мембранској филтрацији. На крају је у оквиру *Примене мембранских процеса у индустрији млека* дат преглед најраспрострањенијих процеса у индустрији млека и могућности њиховог побољшања.

На основу проучене и систематизоване литературе, докторант је био у могућности да правилно анализира и објасни добијене резултате и да их упореди са резултатима других аутора који су радили на сличној проблематици.

У поглављу, *Циљ рада*, је наведена сврха и истраживања која се односи на испитивање могућности примене различитих типова промотора турбуленције за унапређење флукса пермеата током микрофилтрације протеина млека. Указано је да се правилним избором геометрије промотора и радних услова може постићи повећање флукса уз ниску потрошњу енергије, односно ниже падове притиска.

Генерално посматрано циљ истраживања је јасно и концизно дефинисан и не одступа од формулација датих у пријави докторске дисертације.

Четврто поглавље под насловом *Експериментални поступак*, подељено је на три сегмента. У сегменту *Опис апаратуре и радни услови* описана је апаратура, мембране типови промотора и избор радних услова у раду без и са промотором. Други сегмент је *Материјал и методе*, у коме су детаљно описано: карактеристике обраног млека, одређивање флукса воде и отпора чисте мембране, хемијске анализе и методе чишћења мембране. Трећи сегмент носи

наслов *Једначине коришћене за обраду резултата*. У овом поглављу дефинисане су једначине коришћене за израчунавање ефикасности примене промотора турбуленције како унапређења флука тако и потрошње енергије. Даље су дате једначине за израчунавање отпора прљања и селективних карактеристика мембране неопходне за анализу смањења прљања и побољшање преноса масе.

Обимно поглавље *Резултати и дискусија* је због прегледности и јасног тумачења подељено на два дела који се односе на испитивања у условима рецикулације напојне смеше и условима њеног концентрисања. Пре тога је дат пад притиска у мембрани са промотором и образложен утицај геометрије промотора. У сваком од делова је посебно обрађен утицај типа геометрије промотора турбуленције на повећање флука пермеата током филтрације. Вредности су упоређене при истом радном протоку и губитку хидрауличке снаге. Затим је извршена анализа утицај типа геометрије и карактеристичне димензије на смањење прљања мембране и побољшање преноса масе. Такође је урађена анализа енергетске ефикасности мембране с обзиром да управо тип геометрије и димензије утичу посебно на потрошњу енергије. Коначно је извршено испитивање током концентрисања на бази одабира одређених промотора и услова који су се показали најповољнијим током испитивања рецикулације. След резултата је логичан, а заснива се на одабиру промотора који даје најбоље резултате како са аспекта повећања флука а нарочито са аспекта смањења потрошње енергије. Добијени резултати јасно су објашњени и поткрепљени теоријским знањима које је кандидат акумулирао током израде дисертације. У обављеној анализи кандидат је показао значајно теоретско знање користећи бројне податке из цитиране литературе, које је успешно применио при тумачењу резултата сопствених истраживања.

Шесто поглавље рада *Закључак* концизно и прецизно резимира резултате истраживања у оквиру рада на тези која је у потпуности успела да утврди да постоји простор за повећање ефикасности микрофилтрације млека у смислу повећања флука и смањења потрошње енергије правилним избором промотора турбуленције, као и да потврди да је у неким случајевима оправдано увођење помоћних техника попут промотора турбуленције. На овај начин резултати не само да имају научни већ и практичан значај.

Поглавље *Литература* садржи 86 литературних навода, међу којима се налази значајан број цитата новијег датума.

**VI** Списак научних и стручних радова који су објављени или прихваћени за објављивање на основу резултата истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији

**уз напомену:**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

**M21- Рад у врхунском међународном часопису**

S. Popović, M. Djurić, S. Milanović, M.N. Tekić, N. Lukić, Application of an ultrasound field in chemical cleaning of ceramic tubular membrane fouled with whey proteins, Journal of Food Engineering 101 (2010) 296-302.

S.S. Popović, S.D. Milanović, M. Iličić, M.S. Djurić, M.N. Tekić, Flux recovery of tubular ceramic membranes fouled with whey proteins, Desalination 249 (2009) 293-300.

S.S. Popović, M.N. Tekić, M.S. Djurić, Kinetic models for alkali and detergent cleaning of ceramic tubular membrane fouled with whey proteins, Journal of Food Engineering 94 (2009) 307-315.

**M23- Рад у међународном часопису**

S. Popović, D. Jovičević, M. Djurić, S. Milanović, M.N. Tekić, Uticaj promotora u obliku uvrnute trake na smanjenje prljanja membrane tokom mikrofiltracije mлека, Hemijska industrija (2011) DOI:10.2298/HEMIND110125012P

**VII ЗАКЉУЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Испитивањем могућности примене различитих типова промотора турбуленције и поређење са конвенционалним начином извођења процеса без употребе промотора турбуленције добијене су следећи резултати:

Истраживање утицаја типа промотора турбуленције на микрофилтрацију протеина млека показало је да се избором геометрије, карактеристичне димензије и радних услова могу постићи значајна и економски исплатива повећања флука пермеата.

Применом уврнуте траке као промотора тубуленције остварена су повећања флукса од 200 до 600% у зависности од карактеристичне димензије уврнуте траке и рад при два или три пута мањим протоцима у односу на рад без промотора. Највеће повећање флукса од око 600% остварено је применом најгушће уврнуте траке карактеристичне димензије 1,0 (УТ1,0). УТ1,0 као промотор турбуленције узрокује највеће убрзање флуида тј. ниво турбуленције и најдужу хеликоидну путању струјница што доприноси интензивном одношењу честица са површине мембране.

Испитивање примене Кеникс миксера као промотора турбуленције је показало да се значајна и исплатива повећања флукса постижу већ при веома малим протоцима. Кеникс миксер је такође хеликоидне геометрије као и уврнуте траке, али се разликује по томе што су хеликоидни елементи постављени под углом од  $90^\circ$  и орјентисани лево десно један у односу на други. Оваква орјентација елемената узрокује прераспodelу и промену смера стујница после сваког елемента због чега је пад притиска за Кеникс миксер и до четири пута већи у односу на уврнуту траку исте карактеристичне димензије. Управо додатна прераспodelа струјница и промена смера струјања после сваког елемента миксера обезбеђује веће флуксе при истом протоку у односу на уврнуту траку исте карактеристичне димензије, али уз већи губитак енергије.

Промотори геометрије у облику сечива (Кофло миксери) такође обезбеђују повећање флукса од 200 до 650%, и рад при нижем протоку у односу на рад без промотора. Веће повећање флукса од 500 до 600% постигнута су применом Кофло миксера мање карактеристичне димензије 1,3. Кофло миксери обезбеђују промену слике струјања у мембрани која се манифестује такође расподелом тока флуида и појавом хеликоидних струјница, али и сударањем и мешањем струја услед удара о сечива под одређеним углом. По сударању струја се овај тип миксера разликује у односу на уврнуте траке и Кеникс миксер. Пад притиска овог миксера је већи у односу на пад притиска уврнуте траке, а мањи у односу на пад притиска Кеникс миксера.

Испитивање смањења прљања мембране показало је да се применом промотора смањује отпор прљања мембране као и отпори услед повратног и неповратног прљања. Нарочито је запажено смањење отпора услед повратног прљања које се јавља на површини мембране. На овај начин потврђено је да сви типови миксера узрокују промену начина струјања напојне смеше која обезбеђује побољшање преноса масе у граничном слоју. У граничном слоју најинтензивније делује Кеникс миксер код ког сем прераспodelе стујања долази и до промене смера струјница након сваког елемента.

Извођење процеса применом промотора је енергетски исплативије у односу на конвенционалан начин рада и важи за све испитиване типове промотора без обзира на геометрију и карактеристичну димензију. За вредности флукса до  $60 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$  уврнуте траке све три карактеристичне димензије захтевају исту потрошњу енергије. Примена уврнуте траке УТ1,0 је најисплативија за флуксе веће од 60 до  $100 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$  иако узрокује већи пад притиска у односу на УТ1,5 и УТ2,5, али обезбеђује и пропорционално већи флукс при протоцима три пута мањим у односу на рад без промотора. Применом УТ1,0 могуће су уштеде енергије у распону од 50 до 75 % у односу на рад без промотора. Са друге стране потрошња енергије код примене Кеникс миксера је већа у односу на уврнуту траку исте карактеристичне димензије, а опсег радних протока и ТМП условљен великим падом притиска. Уштеде енергије у случају примене Кеникс миксера су од 30 до 65% у односу на рад без промотора. Међутим, применом УТ1,0 уместо Кеникс миксера исте димензије обезбеђују се од 10 до 35 % веће уштеде енергије при истом радном флуксу. Са аспекта потрошње енергије, Кофло миксери су најмање ефикасни. КФ1,3 миксер је мање ефикасан у односу на КФ2,5 због већег пада притиска и не пропорционално већег флукса. Применом ових промотора се постижу уштеде енергије од 20 до 70% у односу на конвенционалан начин рада, али је ипак њихова ефикасност мања у односу на уврнуту траку исте димензије због разлике у паду притиска

Правилним избором геометрије промотора може постићи повећање флукса уз ниску потрошњу енергије односно ниже падове притиска. Слика струјања која зависи од геометрије промотора највише утиче на повећање флукса при чему је најбитније да се поред повећања брзине обезбеди појава струјница хеликоидног облика у граничном слоју. Управо овакав начин струјања највише доприноси одношењу честица исталожених на површини мембране и повећању преноса масе. Појаве радијалног мешања или сударања струја могу се сматрати споредним појавама у односу на то колико доприносе повећању флукса међутим, њихово постојање доприноси повећању пада притиска и смањују енергетску ефикасност промотора.

Резултати истраживања су потврдили полазну претпоставку, дефинисану циљем истраживања, да хеликоидна путања струјања код уврнутих трака обезбеђује најинтензивније одношење исталоженог материјала са површине мембране уз најмањи пад притиска односно губитак енергије. Са друге стране, појава мешања које је било примарно код Кеникс и Кофло миксера изазива, поред одношења исталожених честица и додатно вртложење које за последицу има већи пад притиска и мању енергетску ефикасност.

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

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

Докторска дисертација мр Светлане Поповић дипл. инж. технологије, под насловом "**Утицај типа промотора турбуленције на унапређење мембранске филтрације протеина млека**" произашла је из обимног експерименталног истраживања. Резултати рада су актуелни, јасно приказани табеларно и графички, правилно обрађени и тумачени на основу литературних података и теоријских знања. Резултати мерења у оквиру експерименталног рада приказани су прецизно и извођени су уз понављање мерења најмање два пута. На овај начин добијени су подаци за које се може тврдити да су довољно тачни и поуздани. Што се тиче презентације резултата предност је дата дијаграмима у односу на табеле што доприноси бољој прегледности и лакшем праћењу међусобних зависности између приказаних величина.

Резултати су корисни са аспекта практичне примене у процесу микрофилтрације млека као и неких других система који се слично понашају.

#### IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**НАПОМЕНА:** 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

Теза је у потпуности у складу са образложењем у пријави.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Теза садржи све елементе битне за материју којом се бави.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

У тези је показано да се избором одговарајућег типа и модификацијом геометрије промотора могу добити значајна повећања флукса. Литература доступна о примени Кофло миксера је оскудна нарочито када је у питању истраживање мембранске филтрације. У тези је систематски извршено испитивање утицаја промотора различите геометрије који стога узрокују различите појаве током процеса које доприносе унапређењу мембранске филтрације млека и мембранске филтрације уопште. Примена промотора хеликоидне геометрије (уврунта трака и Кеникс миксер) је упоређена са применом промотора у облику сечива као што је Кофло миксер, што до сада није био случај. По томе ова теза представља оригиналан допринос науци.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостатак докторске дисертације нису уочени

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
<p>На основу укупне оцене урађене докторске дисертације под насловом</p> <p><b>Утицај типа промотора турбуленције на унапређење мембранске филтрације протеина млека</b></p> <p>комисија предлаже да се докторска дисертација прихвати, а да се кандидат</p> <p><b>мр Светлана Поповић, дипл. инж. технологије</b></p> <p>позове на јавну одбрану.</p>

Нови Сад, март 2011. год.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

редовни професор Универзитета Corvinus у Будимпешти

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.